T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ

SERVO MOTOR KONTROLLÜ MAG KAYNAK MAKİNASI

Can İsmail AYDOĞDU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TASARIM VE İMALAT MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI

GEBZE
2007

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ

SERVO MOTOR KONTROLLÜ MAG KAYNAK MAKİNASI

Can İsmail AYDOĞDU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TASARIM VE İMALAT MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. Fehmi ERZİNCANLI

GEBZE
2007

G. Y. T. E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim kurulu'nun ……2007 tarih ve 2007/…….. sayılı kararıyla oluşturulan juri tarafından …./…./2007 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Can İsmail AYDOĞDU'nun tez çalışması Tasarım ve İmalat Mühendisliği Ana bilim dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JURİ

ÜYE : Doç. Dr. Fehmi ERZİNCANLI
(Tez Danışmanı)

ÜYE : ……

ÜYE : ……

ONAY

G. Y. T. E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun …… tarih ve …….. sayılı kararı.

İMZA / MÜHÜR

ÖZET

TEZİN BAŞLIĞI: Servo Motor Kontrollü MAG Kaynak Makinası

YAZAR ADI: Can İsmail AYDOĞDU

Bu yüksek lisans tezinde otomotiv yan sanayinde amortisör imalatında kullanılan mekanik aksamlı MAG kaynak makinelerinde yaşanan sorunlar tespit edilmiş ve sorunların çözümü için hangi tip teknolojiden nasıl yararlanılması gerektiği izah edilmiştir.

Çalışmalar esnasında ortaya çıkan kaynak tipinin iş parçasına uzaklığının, kaynak prosesinde aşırı önem arz ettiği, 1 mm'lik bir farkın kaynak parametrelerinde değişimlere ne denli etki ettiği tespit edilmiştir. Problemlerin giderilmesi noktasında maliyet açısından en uygun teknoloji olarak Servo motor kontrollü, reçete sistemiyle çalışan, kartezyen sistemle tahrik edilen bir makine yapılması kararına varılmış ve bu yönde çalışmalar yapılmıştır.

Netice itibariyle yeni yapılan MAG Kaynak kabini, ZF Sachs Süs. Sistemleri A.Ş. fabrikası bünyesinde Kasım-2006 tarihi itibariyle kullanıma alınmış, tez yazımı esnasında bahsi geçen ve bu makinenin yapılması için sebep oluşturan tüm sorunlar giderilmiştir. Böylelikle akademik bir çalışmanın, yararlı sonuçlarıyla birlikte endüstride de kullanımı sağlanmıştır.

SUMMARY

THESIS TITLE: The MAG Welding Machine with Servo Control

WRITER NAME: Can İsmail AYDOĞDU

In this master science thesis, the problems that are observed for mechanical structure MAG welding machines used in automotive industry to produce absorber have been identified and what kind of technology should be applied to solve the problems has been explained.

As the results of all these studies, the importance of the distance between the work piece and the contact tip for welding process has been identified even though 1 mm over distance between work piece and contact tip effects the welding process so hardly. By the view of solving this problem, the manufacture of the servo controlled MAG welding machine forced by Cartesian coordinate system and Recipe system has been decided by the sense of most suitable technology as well as suited to financial aspects.

As the consequently, the new MAG welding machine has been started to be operated in ZF Sachs Süs. Sistemleri A.Ş Plant since November-2006, the problems that are issued in the thesis and are the reasons for manufacturing of the new MAG welding machine have been eliminated.

Thus, the application of the academic study with its beneficial results for industry has been obtained.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada konu belirlenmesinde, yapılma aşamasında yön tayininde ve tamamlanmasında şahsıma destek olan ve her aşamasında anlayış gösteren Sayın hocam Doç. Dr. Fehmi Erzincanlı'ya teşekkür ederim.

İlave olarak, bu çalışmanın gerçekleşmesine hem maddi hem de manevi katkısı olan tüm PROCON firması çalışanlarına, özellikle Sayın Ercan Keyvan beye teşekkür ederim.

Can İsmail AYDOĞDU

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET iv

SUMMARY v

TEŞEKKÜR vi

İÇİNDEKİLER DİZİNİ vii-ix

ŞEKİLLER DİZİNİ x-xi

ÇİZELGELER DİZİNİ xii

1. GİRİŞ 1

2. KAYNAK 2

2.1. Kaynak Yöntemlerinin Temel Kategorileri 2

2.2. Kaynak Hataları 2

2.3. Kaynak Metalurjusi 4

2.4. Isıl Gerilmelerin Etkileri 4

2.5. Artık Gerilmelerin ve Distorsiyonların Etkileri 5

2.6. Kaynak Uygulama Metotları 6

2.7. Genel Kaynak Metotları 6

3. KORUYUCU GAZ KAYNAĞI 8

3.1. Volframlı Koruyucu Gaz Kaynağı 9

3.1.1. Wolfram-Atıl (İnert)-Gaz Kaynağı 9

3.1.1.1. Alternatif Akım Kaynağı 10

3.1.1.2. Uygulama Tekniği 10

3.1.2. Plazma Kaynağı (WP) 11

4. METAL KORUYUCU GAZ KAYNAĞI 12

4.1.Yöntemin prensibi 13

4.2. Kaynak Donanım Ve Ekipmanları 14

4.2.1. Kaynak Torçları 14

4.2.2. Anod Memesi 15

4.2.3. Gaz Nozulu 15

4.2.4. Elektrod Kılavuz Hortumu 16

4.2.5. Basınç Düşürme Manometresi ve Debimetre 17

4.2.6. Tel Sürme Mekanizması 18
4.2.7. Kaynak Kontrol Ünitesi 20
4.2.8. MIG/MAG Kaynak Güç Üniteleri 20
4.2.8.1. Doğru Akım Generatörü 20
4.2.8.2. Basit Redresör Tipi Akım Üreteçleri 21
4.2.8.3. Sinerjik Darbeli Akım Üreteçleri 23
4.2.8.4. İnverter Türü Kaynak Akım Üreteçleri 21
4.3. Ark Boyunun Ayarı 23
4.3.1. MIG/MAG Kaynak Makinasının Kontrol ve Ayarı 23
4.3.2. ΔU (Gerilim Ayarlı) Kontrol Metodu 24
4.3.3. ΔI (Akım Ayarlı) Kontrol Metodu 26
4.4. Kaynak Parametreleri 26
4.4.1. Kaynakta Gerilim Düşümü ve Gerekli Enerji 27
4.4.2. Ark Akımı ve Gerilimi 29
4.4.3. Kaynak Hızı 30
4.4.4. Ark Boyu 31
4.4.5. Elektrodun Bağlandığı Kutup (Kutuplama) 32
4.5.Koruyucu Gazlar 34
4.5.1. Koruyucu Gazların Temel Özellikleri 35
4.5.1.1.İyonizasyon Enerjisi 35
4.5.1.2.Isıl iletkenlik 36
4.5.1.3.Disosasyon ve Rekombinasyon 37
4.5.1.4. Reaktiflik / Oksidasyon Potansiyeli 37
4.5.1.5. Yüzey Gerilimi 37
4.5.1.6. Gaz Saflığı 38
4.5.1.7. Gaz Yoğunluğu 38
4.5.1.8. Koruyucu Gaz Debisi 39
4.5.2. MIG/MAG Kaynağı'nda Kullanılan Koruyucu Gaz ve Gaz Karışımları 39
4.5.2.1. Argon 39
4.5.2.2. Karbondioksit 40
4.5.2.3. Helyum 40
4.5.2.4. Argon-Oksijen 41

4.5.2.5. Argon-Karbondioksit 41
4.5.2.6. Argon-Helyum 42
4.5.2.7. Argon-Oksijen-Karbondioksit 43
4.5.2.8. Argon-Helyum-Karbondioksit 43
4.5.2.9. Argon-Karbondioksit-Hidrojen 43
5. GAZ ALTI KAYNAK ELEKTROTLARI 45
5.1. İçi Dolu (Masif) Tel Elektrot 45
5.2. Özlü Elektrodlar 47
5.3. Elektrot Seçimi 53
6. MEKANİK AKSAMLI MAG KAYNAK KABİNİ 55
7. OTOMATİK KAYNAK MAKİNASI 60
7.1. Tahrik Mekanizmaları 60
7.2. Mekanize ve Otomatik Kaynak Makineleri Arasındaki Farklar 63
7.3. Servo Motor Kontrollü Mag Kaynak Kabin Bileşenleri 64
7.4. Kaynak Parametre Denemeleri 67
8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 71
KAYNAKLAR 72
ÖZGEÇMİŞ 74

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
2.1. Kaynak Hataları	3
2.2. Soğuk yapışma ve distorsiyon kaynak hataları	3
2.3. A ve B levhalarının, C altlığı ve D elektrodu ile kaynak yapılmasının şematik görünüşü	4
2.4. Distorsiyon Çeşitleri	5
2.5. Genel Kaynak Metotları	7
3.1. Koruyucu Gaz Kaynak Metotlarının Gruplandırılması	8
3.2. WIG Kaynak Metodunun tipik gösterimi	9
4.1. Yarı otomatik gaz soğutmalı MIG/MAG kaynak torçu	16
4.2. Basınç düşürme manometresi	17
4.3. Bilyeli debimetre takılı manometre	18
4.4. Tel elektrotun ilerleme şeması	19
4.5. İki veya dört makaralı tel sürme mekanizması	19
4.6. MIG/MAG kaynak yöntemi için doğru akım generatorü	21
4.7. MIG/MAG kaynağında darbeli akımın zamana bağlı değişimi	22
4.8. Sinercik darbeli akım üreteci ile elde edilen bir damla	23
4.9. Düşey karakteristikli bir kaynak makinasının çalışma prensibi ve U-I diyagramı	24
4.10. Yatay karakteristikli bir kaynak makinasının çalışma prensibi ve U-I diyagramı	25
4.11. MIG/MAG'da ark bölgesi	28
4.12. Ark statik karakteristiği (Argon koruyucu gaz ortamında)	29
4.13. Değişik atmosferler altında ark gerilimi ile ark boyu arasındaki ilişki	30
4.14. Değişik atmosferler altında ark gerilimi ve akımı arasındaki ilişki	30
4.15. Ark geriliminin ark boyuna göre değişimi	31
4.16. MIG/MAG'da kutuplama ve ısı	33
4.17. Çelikler için kaynak akımına göre ergime hızının değişimi	33
4.18. Çeşitli koruyucu gazların ısıl iletkenliği	36

4.19. Doğru Akım Elektrod Pozitif kutupta kullanılarak yapılan kaynaklarda kaynak profili üzerine koruyucu gaz karışımlarının etkileri 42
5.1. Masif tel eletktrodların AWS'ye göre gösterilişi 47
5.2. Özlü tel imalatının akış şeması 48
5.3. AWS A.5.20.'ye göre özlü elektrodların gösterilişi 49
5.4. Uygulamada özlü tel elektrod kesitleri 49
5.5. Özlü tel elektrod ile kaynakta ark bölgesi 50
6.1. Döner tablalı MAG kaynak kabininde birleştirilen parçalar 55
6.2. Mekanik ayarlamalı, Döner tablalı MAG kaynak kabini 56
6.3. Yay tablası kaynak ayar noktaları 57
6.4. Alt kapak kaynak ayar noktaları 57
6.5. Braket grubu kaynak ayar noktaları 57
6.6. Ön amortisör rezerve grubu MAG kaynağı sonrası nufuziyet görünümü. 58
6.7. Ön amortisör rezerve grubu alt kapak MAG kaynağı resimsel görünümü 60
7.1. Servo kontrollü MAG kaynak kabininin üstten görünümü 62
7.2. Servo kontrollü MAG kaynak kabininin önden görünümü 62
7.3. Servo kontrollü MAG kaynak kabininin 3 boyutlu demontaj görünümü 64
7.4. Servo kontrollü MAG kaynak kabininin demontaj önden görünümü 65
7.5. Servo Motorlu Kaynak Kabin Kontrol Ünitesi 65
7.6. Pnömatik tahrikli rezerve grubu kaynak fikstürü 66
7.7. Servo Motorlu Kaynak Kabininde Kaynak Eksenleri (3+1) 67
7.8. Kaynak Tip Uzaklığı 69
7.9. Servo Motorlu Kaynak Kabinin 3 boyutlu Montaj Görünümü 70
7.10. Servo Motorlu MAG Kaynak Kabini 70

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge **Sayfa**

3.1. Kaynak endüstrisinde kullanılan tipik koruyucu gazlar ve kullanıldıkları malzemeler 8
4.1. MIG/MAG kaynağında kullanılan koruyucu gazların özellikleri 35

1. GİRİŞ

Koruyucu gaz altı kaynak yöntemi son 20 yıl içerisinde hızla gelişen ve dünyadaki kullanımı da bu gelişmeye paralel olarak hızlı bir artış gösteren ve endüstrinin vazgeçemeyeceği bir konuma gelen bir kaynak yöntemidir. Zira yöntem gerek uygulanması ve gerekse de ekonomiklik açısından örtülü elektrod ile ark kaynağına nazaran bir seri üstünlüğe sahiptir.

Bu çalışmada, ZF Sachs A.Ş. bünyesinde var olan rezerve grubu kaynak makinesi ele alınmıştır. Bu makine de yöntem olarak gaz altı kaynak uygulanmaktadır. Konu ediliş amacı olarak verimsiz bir teknolojiye sahip olduğundan ötürü, üretim esnasında sürekli olarak problemlere sebebiyet vermekte, kullanımı neticesinde elde edilen sonuçlar istikrarlı olmamakta, sürekli olarak farklı neticeler elde edilmekteydi. Bunu önlemek sadece var olan teknolojiyle, insan tecrübesine dayalı olarak çalışılmakla mümkündü. Ayrıca bu sorundan ötürü kaynak makinelerinde yer alan Akım, Voltaj ve tel sürme değerlerini kontrol etme mekanizması çalıştırılamamaktaydı.

Fakat otomotiv sektöründe yan sanayi olarak hizmet veren uluslar arası bir firmada, A sınıfı kategorisinde yer alan kaynak işlemi sadece tecrübeye dayalı olarak yürütülemezdi. Bu sebepten ötürü farklı günlerde yapılan aynı işlemden aynı sonucu almak proses yeterliliği açısından aşırı önem arz etmekteydi. Bu sebeple önce hangi teknolojinin kullanılması gerekliliği birim maliyet açısından değerlendirildi. İnsana bağlı olmaksızın değişik zamanlarda aynı üretimi yapabilmek için ön koşul hafıza yeteneği olan bir makine yapmaktı. Bunun için piyasa araştırılması yapıldı. İlaveten teknoloji olarak hangi tip sistemlerin kullanılması gerekliliği ve bunun kararı da önem arz etmekteydi. Sonuç itibariyle servo motorlu, kartezyen tipi makine yapılması kararı alındı.

Sonuç itibariyle, reçete (hafızaya alabilme, hafızadan çağırabilme) sistemi kullanılarak proses yeterliliği arttırılmış olmakla beraber, her tip değişiminde kaybedilen zaman minimize edilmiş olacaktır. Böylelikle üretim verimliliği yükseltilmiş, kaynak kalitesinde ciddi iyileştirmeler sağlanmış olacaktır.

2. KAYNAK

Kaynak, çoğu kez metal olan iki malzemenin, sıcaklık, basınç ve metalürjik koşulların uygun bir bileşimi sayesinde kalıcı şekilde birleştirilmesidir. Bu değişkenler, basınç olmadan sadece yüksek sıcaklık, sıcaklık olmadan sadece basınç arasında değerler alabilir.

Yüksek kaliteli bir kaynaklı birleşim oluşturmak için:

• Yeterli ısı ve/veya basınç membaı
• Metalin korunma veya temizlenmesi için bir ortam ve
• Zararlı metalürjik etkilerden kaçınmak gerekir.

2.1. Kaynak Yöntemlerinin Temel Kategorileri

Kaynak yöntemleri temel olarak 2 ana başlık altında irdelenir.

• **Eritme kaynağı** – birleştirme, birleştirilecek iki parçanın, bazen bağlantıya ilave metal ekleyerek eritilmesiyle gerçekleştirilir. Örnek verilmesi durumunda, ark kaynağı, direnç nokta kaynağı, oksi-yanıcı gaz kaynağı sayılabilir.

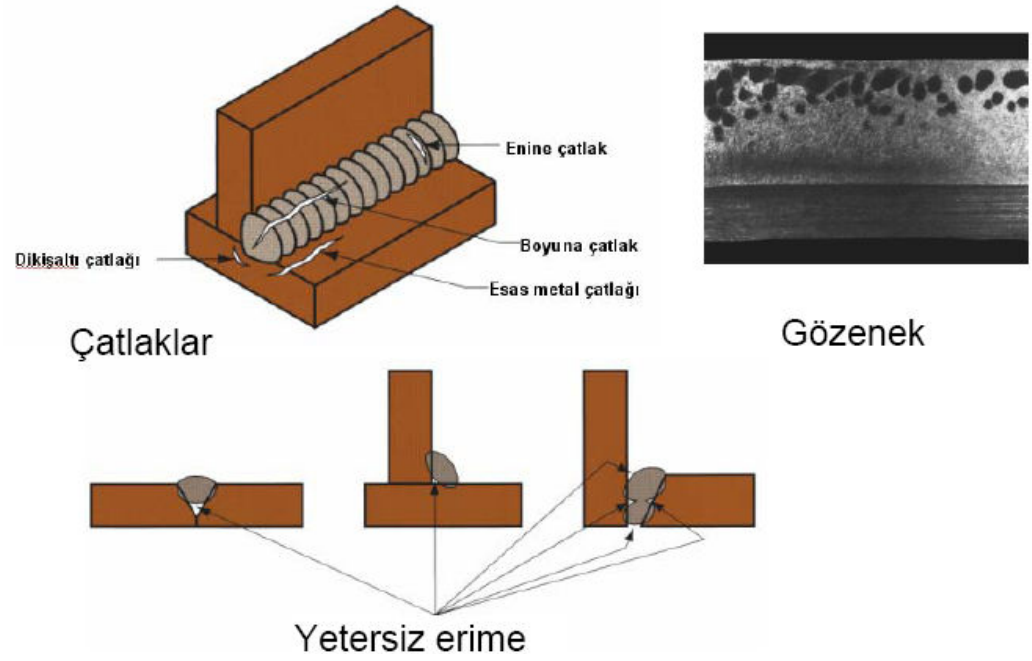
• **Katı hal kaynağı** – birleştirmeyi oluşturmak için ısı ve/veya basınç kullanılır; ancak esas metallerde erime olmaz ve ilave metal kullanılmaz. Katı hal kaynağına da örnek olarak, dövme (demirci) kaynağı, difüzyon kaynağı, sürtünme kaynağı verilebilir.

2.2. Kaynak Hataları

Kaynak hatalarından kaçınmak için:
• Yapının uygun tasarımı
• Kaynak yönteminin seçimi
• Isıtma, eritme ve soğuma sırasında ilave ve esas metaldeki olaylar göz önünde bulundurulmalıdır.

Örneğin, kaynak girdileri olarak akım ve gerilim dengelenmesi ve de soğuma bozuklukları yaşandığında kaynak bölgesinde çatlaklar meydana gelmektedir. Eğer yetersiz koruyucu gaz kullanılırsa, kaynak bünyesinde gözenekler oluşur. Yine

yetersiz dolgu malzemesi kullanıldığında yetersiz erime meydana gelmesi doğal bir sonuçtur. Şekil 2.1.'de tipik kaynak hataları resimsel anlamda örneklendirilmiştir.



Şekil 2.1: Kaynak Hataları

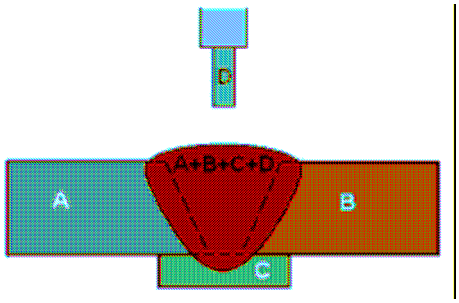
Eğer gerilim akım dengelenmesi gerilim yönünde bozulursa, kaynak bölgesinde yanma, eksik dolgu ve aşırı ısıdan dolayı çarpılmalar (distorsiyonlar) meydana gelir. Bu denge bozukluğu akım yönünde oluştuğunda ise, soğuk yapışma denilen kaynak hatası gözlemlenir. (Şekil 2.2.)

Şekil 2.2: Soğuk yapışma ve distorsiyon kaynak hataları

2.3. Kaynak Metalürjusi

Kaynak işleminde ortaya çıkan aşırı ısıdan dolayı birleştirilecek malzemelerde metalürjik değişimlerin oluşması kaçınılmazdır. Bunlar aşağıda yer alan şekillerde cereyan edebilir,

- Eritme kaynağında ilave metalle birlikte esas metalin de eriyip katılaşması, değişik metalürjik olaylara neden olur
- Esas metal ile ilave metalin özelliklerinin farklı oluşu, kaynak metalinin özelliklerini de etkiler
- Eritme kaynağı, metal kalıba döküm olarak düşünülür



Şekil 2.3: A ve B levhalarının, C altlığı ve D elektrotu ile kaynak yapılmasının şematik görünüşü.

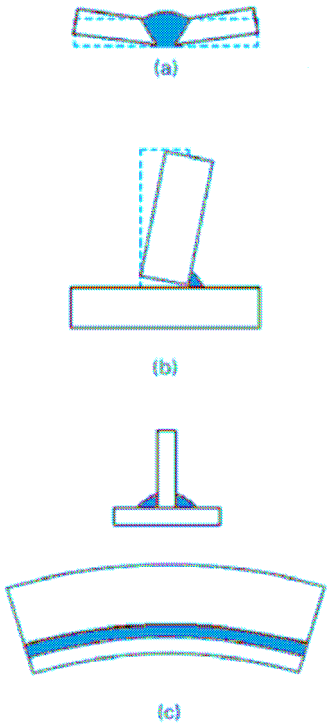
2.4. Isıl Gerilmelerin Etkileri

Kaynak esnasında birleştirilecek malzemelerde dengeli bir ısı yayılması sağlanmadığında, ısıl gerilimlerinden ötürü malzemelerde çarpılmalar meydana gelir. Bu çarpılmalar, kapak bölgesi kök bölgesine göre daha çok büzülen V-küt alın dikişi (Şekil 2.4.a) olarak, tek taraflı iç köşe dikişi olarak (Şekil 2.4.b.) ya da bir dikey parçanın yatay bir parçayla çift taraflı iç köşe dikişleri olarak (Şekil 2.4.c) görülebilir.

• Bu çarpılmaların (distorsiyon) en düşük seviyede tutulması için ise:

– Kaynak işlemi en az ısıyla yapılmalıdır
– Kaynaklar, birleşimi oluşturacak en az miktarda olmalıdır
– Kaynak sırasında paso sayısı düşük tutulmalıdır
– Kaynak işlemi, sınırlanmış bölgelerden serbest bölgelere doğru yapılmalıdır
– Ters distorsiyon uygulanmalıdır
– Kaynaktan hemen sonra çekiçleme uygulanmalıdır
– Kaynak dikişleri simetrik düzenlenmelidir

(Murat VURAL, 2003)



Şekil 2.4: Distorsiyon Çeşitleri

2.5. Artık Gerilmelerin ve Distorsiyonların Etkileri

Kaynak esnasında oluşan ısıdan dolayı meydana gelen çarpılmalar aşağıda yer alan etkileri doğurmaktadır:

• Artık gerilmeler ve çarpılmalar, kaynaklı parçanın performansını olumsuz etkiler. Özellikle çentikli bölgelerde kırılmalar.

• Gözenek ve aşırı yüzey girintileri gibi kaynak hatalarında çentik etkisine sebebiyet verir.

2.6. Kaynak Uygulama Metotları

Endüstride değişik uygulama amaçlı, kaynağında bir tür gelişim sürecine ışık tutan kaynak çeşitlerine rastlanılabilir. Temel olarak bunlar aşağıda yer alan çeşitlerden oluşmaktadır.

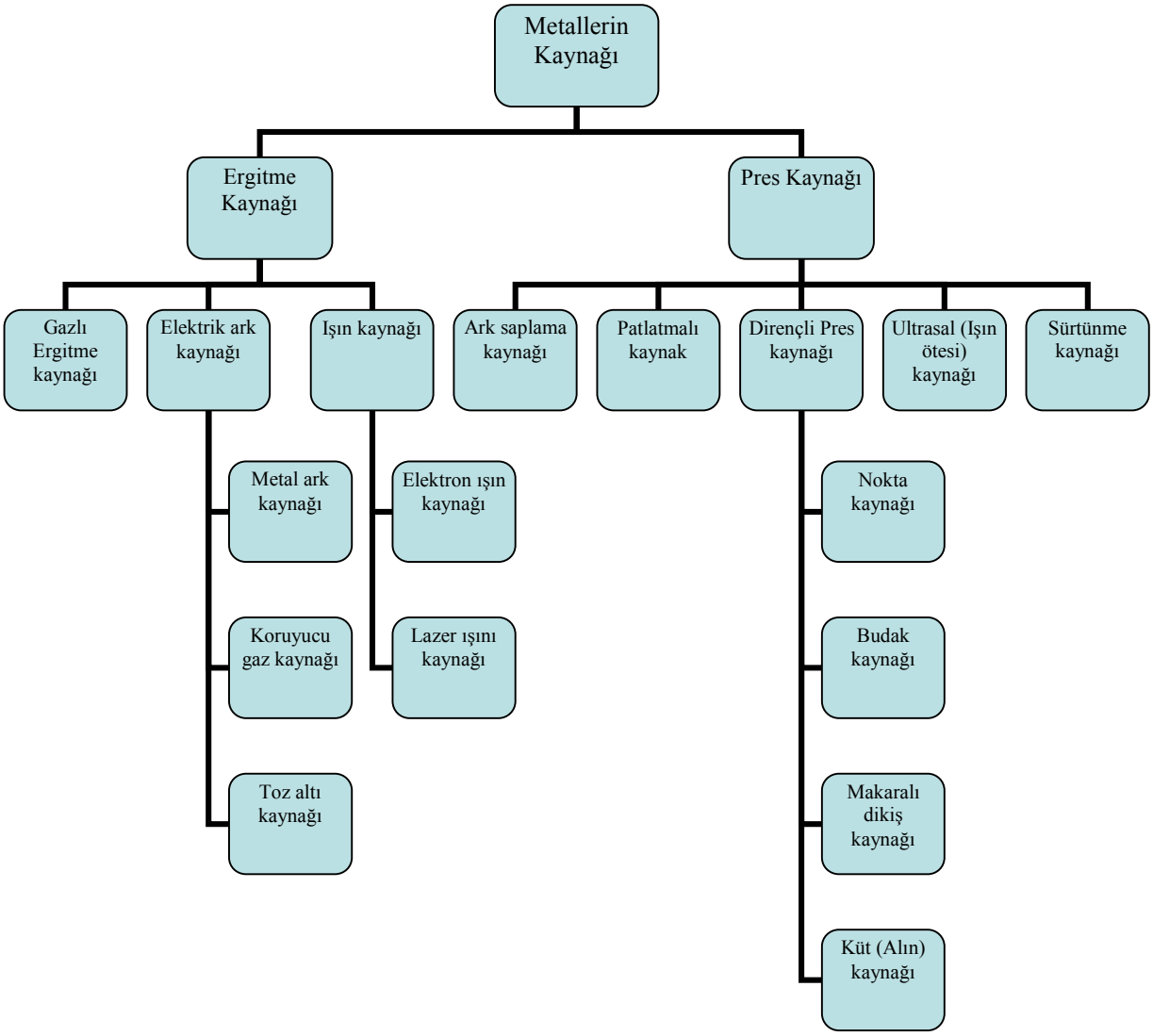
- El ile kaynak (Torç, elektrot tutucu ve manuel kontrolü)
- Yarı otomatik Kaynak (Manuel kaynağın bir ekipman ile kontrolü)
- Mekanik kaynak (Manuel kaynakta ayarın görülebilir bir şekilde dışarıdan yapılabilir hali)
- Otomatik kaynak (Kaynağın manuel ayar gereksinimi olmaksızın yapılabilir hali)
- Robot kaynakları (Robotik ekipmanlarla işlemlerin yapılması ve kontrolü)
- Adaptasyon kontrollü kaynak (Online olarak kaynağın durumun analiz edilmesi ve gerekli hallerde ayarlamaların otomatik yapılması)

2.7. Genel Kaynak Metotları

Kaynak metotları Şekil 2.5'de de görüleceği üzere çeşitli temel başlıklar altında toplanabilir. Bunlar;

Temel maddeye (Metal ve Plastik Kaynak)

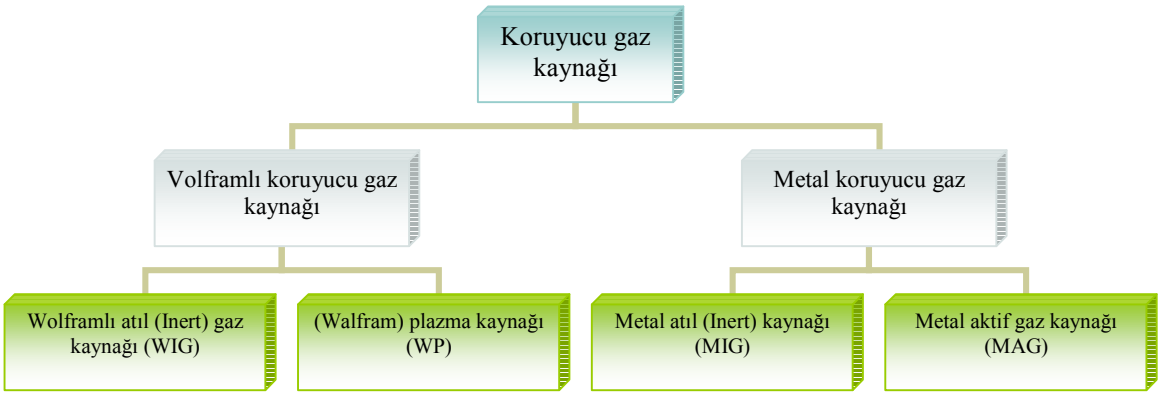
- Kaynağın amacına (Birleştirme ve kaplama kaynağı)
- Kaynağın türüne (Pres ve ergiyik kaynağı)
- Üretim tarzına (El kaynağı-Makine kaynağı) göre adlandırılır.



Şekil 2.5: Genel Kaynak Metotları (Fischer, 1992)

3. KORUYUCU GAZ KAYNAĞI

Koruyucu gaz kaynağı (KGK), ergimeyen elektrotlu bir wolfram (tungsten) elektrodu olan koruyucu gaz kaynağı (WGK) ve ergiyen bir tel elektrodu olan metal koruyucu gaz kaynağı (MGK) olarak 2 gruba ayrılır. (Şekil 3.1)



Şekil 3.1: Koruyucu Gaz Kaynak Metotlarının Gruplandırılması

Her iki metotta ark köprüsü ve ergiyik banyosu bir koruyucu gaz vasıtasıyla atmosfere karşı perdelenir. Koruyucu gazın seçimi, malzemeye ve kaynak metoduna bağlıdır. Koruyucu gaz kaynağı metodu, mekanize hale getirilmiş kaynaklar için elverişlidir.

Çizelge 3.1. Kaynak endüstrisinde kullanılan tipik koruyucu gazlar ve kullanıldıkları malzemeler

Koruyucu Gazın Uygulanması			
Koruyucu gaz	Grup	Metot	Malzeme
Argon **(Ar)** Helyum **(He)**	**1**		Bütün metaller
			Bütün demir olmayan metaller
Ar + O_2 | **Ar + CO_2**	**M1**		Yüksek alaşımlı çelikler
Ar + CO_2	**M2**		Alaşımsız veya düşük alaşımlı çelikler
Ar + CO_2 + O_2	**M3**		
CO_2	**G**		
Ar + He	**I**	Kübik koruyucu	Örneğin titarı
Şekilli Gaz **N_2 + H_2**	**F**		Diğer Metaller

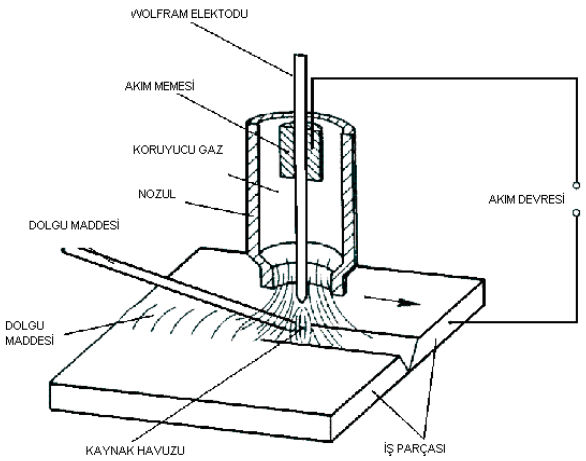
3.1. Volframlı Koruyucu Gaz Kaynağı

Volframlı koruyucu gaz kaynağı temel olarak 2 kısma ayrılır. Bunlar Volfram-Atıl (İnert)- Gaz kaynağı ve Plazma kaynağı olarak adlandırılan kaynak çeşitleridir.

3.1.1. Wolfram-Atıl (İnert)-Gaz Kaynağı

WIG (Wolfram İnert Gaz kaynağı)-kaynak tesisi, genel durumlarda doğru akım veya alternatif akım konumuna devre dönüşümü yapabilen, bir hortum paketi ile bağlanmış olan bir kaynak pensinden (Torç) meydana gelir. Hortum paketinin içinde kaynak akım kablosu, koruyucu sevk hattı, kumanda kablosu ve büyük pens için soğutucu suyun giriş ve çıkış hattı bulunur (Şekil 3.2.). Yüksek frekanslı ateşleme cihazı ark boyunun temas olmadan ateşlenmesini mümkün kılar.

Negatif kutuplu wolfram elektrodu olan doğru akım kaynağı tercihen alaşımlı çeliklerin, demir olmayan metallerin ve onların alaşımlarının kaynak edilmesinde kullanılır. Elektronların elektrodtan iş parçasına akması suretiyle iş parçasında daha yüksek ve wolfram elektrodun, ark köprüsü ek yerinde daha düşük sıcaklıklar meydana gelir. Wolfram elektrodu bundan dolayı sivri olarak taşlanabilir, bu suretle ark köprüsü stabil (dengeli) olarak yanar ve kaynak esnasında daha iyi sevk edilebilir. İçini yakma olarak ta isimlendirilen ergiyik bölgesi, dar ve derin olur. (Kaynak Teknolojisi El Kitabı"(1983))



Şekil 3.2: WIG Kaynak Metodunun tipik gösterimi

3.1.1.1. Alternatif Akım Kaynağı

Genel olarak hafif metalleri kaynatmak için kullanılır. Alternatif akımın pozitif yarı dalgası içinde, elektronlar iş parçasında wolfram elektroda doğru akar ve hafif metalin yüksek mertebede ergiyen oksit tabakasını yırtarlar. Negatif yarı dalgası içinde elektronlar iş parçasına ve ısı üretirler. Wolfram elektrodunun yüksek mertebe termik (ısı) zorlanması nedeniyle, elektrodun ucunda yarım küre şeklinde bir wolfram damlası meydana gelir. Ark boyu, ince kaynak için elverişli olmayacak bir şekilde dengesiz yanar ve yakma geniş ve sığ olur.

Koruyucu gaz olarak atıl (inert) gazlar argon, helyum ve her ikisinin karışımı kullanılır. Bu atıl gazlar, ark köprüsünün yüksek sıcaklıklarında sıvı kaynak maddesi olan kimyasal bileşiklere nüfuz etmezler.

3.1.1.2. Uygulama Tekniği

WIG-kaynağında sağdan sola doğru kaynak yapılır. Pens kaynak yönüne doğru yaklaşık 15° eğimde ve iş parçasından 2 ile 3 mm.lik bir ara mesafede (ark boyu) yönlendirilir. İlave katkı mesafesi (kaynak çubuğu) yan taraftan el ile nişan alıcı hareketlerle uygulanır. Kaynak dikişinin sonunda kaynak akımının düşürülmesi suretiyle uç kraterlerinden ve muhtemel çatlaklardan kaçınılmış olur. Kaynak akım şalterinin kapatılmasından sonra, pens memesi kaynak yeri üzerine, sonradan akan koruyucu gaz altında ergiyik banyosu katılaşana kadar, tutulmalıdır.

WIG-kaynağının daha da gelişmiş olanı ritmik (impuls) akımlı kaynaktır. Burada, kaynak akımı, çeşitli yüksek akım değerleri ile ayar edilebilen frekanslar arasında ritmik değişimler (salınımlar) yapar.

Hassas olarak ayarı yapılabilen ısının uygulanması iyi bir kaynağı, iyi bir ark ve zorunlu durumlarda kaynağın iyi olmasını mümkün kılar. Kaynak dikişinin başındaki ve sonundaki, kaynak hatalarından sakınılır (örneğin boru kaynaklarında).

WIG –Kaynak metodu, örneğin hava ve uzay araçları için ve ayrıca nükleer teknolojisindeki yapı elemanları için olduğu gibi yüksek kalitedeki kaynaklı birleştirmeler için de kullanılır.

3.1.2. Plazma Kaynağı

Kaynak işlemini uygulamak için ısı ünitesi olarak bir plazma ışını görev yapar. Ark köprüsü, plazma gazı ve su ile soğutulan bir bakır meme vasıtasıyla daraltılır. Bu, ark köprüsünün yüksek derecede ısıtılan elektriği alarak iletilen gaz kolunu, plazma ışını olarak yüksek enerji ile kaynak yerine aktarılır. İlave olarak koruyucu bir gaz perdesi plazma ark köprüsünü stabilize eder (dengeler) ve ergiyik banyosu etrafındaki (ortamdaki) havaya karşı korur. Plazma ark köprüsünün enerji konsantrasyonu sayesinde dikiş boşluğu olmayan kalın saçlar, ilave katkı malzemeli veya katkı malzemesiz olarak kaynak edilebilir.

Çok az akım şiddeti halinde bile stabil olarak yanan plazma ark köprüsü sayesinde ve ark köprüsünün boyunun değişmesine karşı duyarsız oluşu nedeniyle bu metot mikro kaynak teknolojisinde de kullanılır. Mikro plazma-kaynak metodu ile 0,01 mm kalınlığında saçlar kaynak edilebilir. (Tülbentçi, 1995)

4. METAL KORUYUCU GAZ KAYNAĞI

Günümüz endüstrisinde kaynaklı imalat çok önemli bir yere sahiptir. Kaynak teknolojisi hızla gelişip daha karmaşık olmaktadır. Ark kaynağı yöntemleri arasında ise yarı otomatik gaz altı kaynak yöntemleri daha fazla kullanılmaya başlanmıştır.

Kaynak sektöründe kaynak maliyetinin azaltılması ve kaynak kalitesinin yükseltilmesi çok önemlidir. Bu amaçlara hizmet etmek maksadıyla geliştirilmiş olan gaz altı kaynak yöntemleri ülkemizde son yıllarda çok yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Ayrıca gaz altı kaynak yönteminde elde edilen kaynak dikişlerinin mukavemetlerinin yüksek olması (bazik örtülü elektrot değerlerine yakın) da bu yöntemin yaygınlaşmasında önemli bir etkendir.

Gaz altı kaynak yönteminde kaynak için gerekli ısı enerjisi iş parçası ve bir metal elektrot arasında bir ark oluşturulmasıyla sağlanır. Bu yöntemde metal elektrot bir tel sürme mekanizması yardımıyla kaynak yerine sürülmektedir yani tel beslemesi süreklidir. Tel elektrotlar gerek anot memesinden geçerken temas kolaylığı sağlamak ve gerekse de korozyondan korumak amacıyla ince bir bakır tabakası ile kaplanırlar.

Günümüzde eriyen elektrotlu gaz altı kaynak yöntemi, CO_2 ve gaz karışımları ile geniş bir malzeme alanına uygulanabilmekte ve sabit değerli doğru akım yanında darbeli doğru akım ile de gerçekleştirilebilmektedir. Bu nedenle yöntem "Gaz Metal Ark Kaynağı" olarak da adlandırılmaktadır.

Eriyen elektrotlu gaz altı kaynağı geniş bir endüstri sektöründe yaygın olarak kullanılır, bunun en önemli nedeni yaklaşık olarak tüm kaynak metali dolgusundan örtülü elektrot kaynağına göre %50 ye yakın bir kazanç sağlamasıdır. Ayrıca örtülü elektrot kaynağına göre mekanizasyona uygunluğu ve yüksek dolgu hızları nedeniyle gaz altı kaynağı daha avantajlıdır. Bununla birlikte manüel gaz altı kaynağı yönteminde kaynakçıda yüksek derecede el maharetine (ustalığa) sahip olmalıdır.

Yöntemde kaynakçının kaynağa etkisini azaltmak ve işlem sürelerini kısaltmak maksadıyla sanayide yarı otomatik veya otomatik olarak kullanılmaktadır.

Son yıllarda ülkemizde gaz altı kaynak metodunda kullanılmaya başlanan özlü tellerin, yüksek ergime hızları, her pozisyonda kayak edilebilme gibi bazı avantajları nedeniyle birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır.

4.1. Yöntemin Prensibi

MIG/MAG yöntemi, ergiyen sonsuz tel elektrot ile iş parçası arasında yanan bir ark ile elektrotun ergitilerek metallerin birleştirildiği bir elektrik ark kaynağı yöntemidir. Ergimiş kaynak banyosunun ve arkın korunması kullanılan koruyucu bir gaz veya gaz karışımı tarafından yapılmaktadır.

MIG kaynağında kısa ark ve darbeli akım tekniği kullanılarak, uygulama alanı, özellikle hafif metaller ve yüksek alaşımlı, malzemelerde TIG kaynağı uygulama alanı içine kadar genişler. Tüm çelik çeşitleri ve demir dışı malzemelerin (Al, Al- alaşımları; Cu, Cu alaşımları; Ni, Ni-alaşımları gibi) her kalınlığının, yarı mekanik, mekanik ve otomatik olarak kaynağı, dolgu ve kaplaması yapılabilir.

MAG kaynağında tüm koruyucu gaz ve gaz karışımları kullanılarak yapı çelikleri ve az alaşımlı çeliklerin kaynağı yapılabilmektedir. Ayrıca Ni, Ni-alaşımlarının kaynağı da mümkündür. Yüksek alaşımlı çeliklerin kaynağı ise ancak yüksek argon yüzdesindeki (%85 ile 92) koruyucu gaz karışımlarıyla mümkündür (Karadeniz, 2000).

MIG/MAG yöntemi kalınlığı 22,34 mm (bir inç) üzerinde olan malzemeler için de kullanılabilir, fakat genellikle kalınlığı daha düşük malzemeler için kullanılmaktadır. MIG/MAG yönteminde genellikle negatif kutup iş parçasına, elektrod ise pozitif kutba bağlanmaktadır. Çapı 0,6 ile 2,4 mm arasında değişen tel elektrodların kaynak sırasında hızları sabittir.

Yöntemde sabit gerilimli karakteristiğe sahip doğru akım makinaları kullanılır ve ark boyunun ayarı iç ayar (ΔI ayarı) ile yapılır. MIG/MAG kaynağının avantajlarından biri geniş ergitme gücü aralığına sahip oluşudur. Kısa ark ve darbeli akım tekniği kullanılarak uygulama alanı genişletilmiştir (hafif metaller ve yüksek alaşımlı malzemeler bu yöntem sınırları içine dahil edilmiştir). Yöntemde kaynak

sırasında enerji yoğunluğu yüksek olduğundan, malzemede gerilim bırakmadan kaynak yapmak mümkün olur. Kısa ark boyu alanı dışında ark boyunun uzunluğu nedeniyle kısa devresiz bir kaynak mümkündür.

4.2. Kaynak Donanım ve Ekipmanları

MIG/MAG kaynağı yönteminde kullanılan ekipmanlar: kaynak torçu, torç bağlantı paketi (içinde tel elektrot ve klavuzunu, akım ve şalter kablolarını, gaz hortumunu, varsa soğutucu su giriş çıkış hortumlarını bir arada tutan metal spiral takviyeli hortum bulunur), kumanda ve kontrol tertibatı, güç üreteci, koruyucu gaz sağlama sistemi, tel sürme mekanizması, kullanılıyorsa sulu soğutma sistemi, mekanize ve otomatik kaynak yapmak için kullanılabilecek yardımcı donanımlar.

4.2.1. Kaynak Torçları

MIG/MAG kaynağında kullanılan torçlar, tel elektroda akım yüklenmesini, kaynak bölgesine elektrodun iletimini ve kaynak bölgesine koruyucu gazın gönderilmesini sağlamaktadır. Bu kaynak torçları üzerindeki bir elektrik anahtarı ile kaynak akımı, elektrot besleme sistemi ve koruyucu gaz akışı üçü birlikte kontrol edilebilmektedir.

Manuel torçlar bir tabanca biçiminde şekle sahiptirler. Su ile soğutmanın kullanıldığı torçlarda su, akım kablosu içerisinden doğrudan geçerek gaz nozulu ve anod memesini birlikte soğutur. Küçük çaplı tel elektrodların kullanıldığı gaz soğutmalı torçlar, esnekliği ve manevra kabiliyetini arttırmak maksadıyla dar ve ulaşmanın zor olduğu bölgelerin kaynağında kullanılır.

Su soğutmalı torçlarda, su soğutması torçun çok yüksek sıcaklıklarda bile yüksek kapasitede sürekli olarak çalışmasına izin vermektedir. Bu torçlar 200 ile 750 A arasındaki uygulamalarda kullanılır. Su giriş ve çıkış hatlarındaki ağırlık artışı nedeniyle kaynakta torçun manevra kabiliyeti düşmektedir.

Su soğutmalı veya gaz soğutmalı torçların seçiminde koruyucu gazın tipi, kaynak akım aralığı, malzemeler, kaynak dolgu içeriği ve dizaynı göz önünde tutulması gereken temel sebeplerdir. Büyük güçler gerektiren kaynak işlemlerinde özellikle su soğutmalı torçlar seçilmektedir. Aynı akım kapasitesi için gaz soğutmalı torçlarla su soğutmalı torçlara göre çok daha yavaş kaynak yapılır. Ancak gaz soğutmalı torçlar kaynak pozisyonuna ve kaynak yapabilmek için gereken alana göre kullanımı daha kolaydır, yani kaynak yapabilme kabiliyetleri daha iyidir.

4.2.2. Anot Memesi

Bakır veya bakır alaşımlarından yapılmaktadır. Torç içerisindeki temel görevi elektrik akımını elektroda iletmek ve elektrodu iş parçasına doğru yönlendirmektir.

Anod memesinin iç cidarı önemlidir. Çünkü elektrod meme içinde kolaylıkla hareket edebilmeli ve çok iyi bir elektriksel temas sağlamalıdır. Bu nedenle anod memesinin delik çapı kullanılan elektrod çapından genellikle 0,13 ile 0,25 mm daha büyüktür. Anod memesinin gaz nozulunun ucuna göre pozisyonu kullanılan metal taşınım tipine göre değişektedir. Kısa devre iletimi için anod memesinin ucu gaz memesinin ucundan dışarıya doğru çıkıktır. Sprey iletiminde ise gaz memesi ucundan yaklaşık 3 mm içeridedir (Eryürek, 1998).

4.2.3. Gaz Nozulu

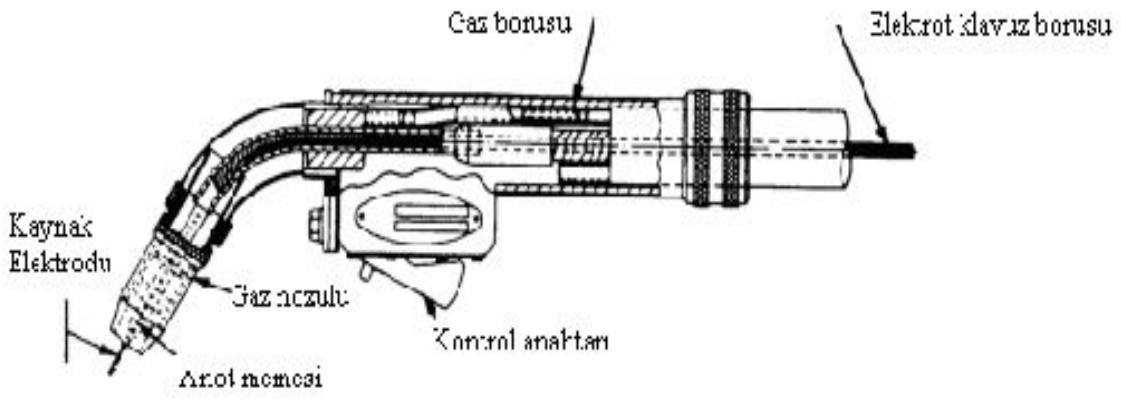
Kaynak için gerekli miktarda koruyucu gazı sağlamak için, çeşitli iç çaplara sahip metal gaz nozulları mevcuttur. Genellikle kaynak işlemindeki ihtiyaçlara göre nozulların iç çapları yaklaşık olarak 10 mm ile 22 mm arasında değişmektedir. Nozullar genellikle herhangi bir durumda kolayca değiştirilebilmesi için kılavuzlu bir şekilde imal edilirler. Anod memesi gaz nozulunu merkezlemelidir. Böylece nozul düzgün bir koruyucu gaz sütununun kaynak bölgesine gönderilmesini sağlar (Komaç,1995).

Korunması gereken alanı arttırdığından yüksek akımların kullanıldığı uygulamalarda büyük gaz nozulu, düşük akımla çalışıldığında ve kısa devre iletimi ile kaynak yapıldığında küçük gaz nozulu kullanılır.

4.2.4. Elektrot Kılavuz Hortumu

Elektrodu koruyarak besleme makaralarından torca ve anod memesine doğru yönlendirir ve korur. Stabil bir kaynak sağlanabilmesi elektrodun beslemesinin sürekli olarak sağlanması gerekmektedir. Bu nedenle elektrodun dolaşması ve bükülmesi engellenmektedir.

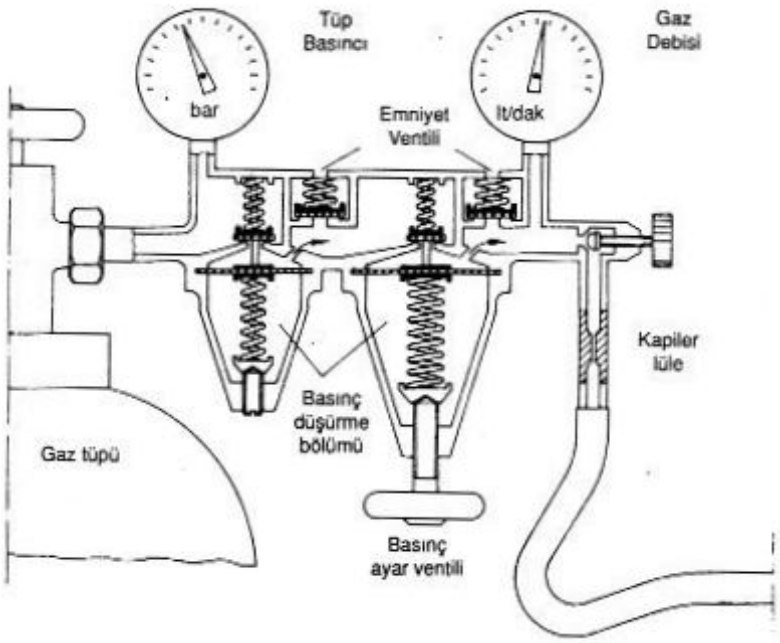
Kılavuz boru tel klavuzun bir parçası olabildiği gibi ayrı da olabilir. Her iki durumda da klavuz boru çelik ve bakır gibi sert elektrod malzemeleri için çelik, alüminyum ve magnezyum gibi yumuşak elektrod malzemeleri için naylon klavuz boru kullanılmalıdır. Torç içindeki diğer aksesuarlar ise torça; koruyucu gazı ileten gaz hortumu, su iletimi yapan su hortumu ve elektrik akımını ileten elektrik kablolarıdır. Bunlar doğrudan doğruya güç ünitesine veya kontrol ünitesine bağlanırlar.



Şekil 4.1: Yarı otomatik gaz soğutmalı MIG/MAG kaynak torçu

4.2.5. Basınç Düşürme Manometresi ve Debimetre

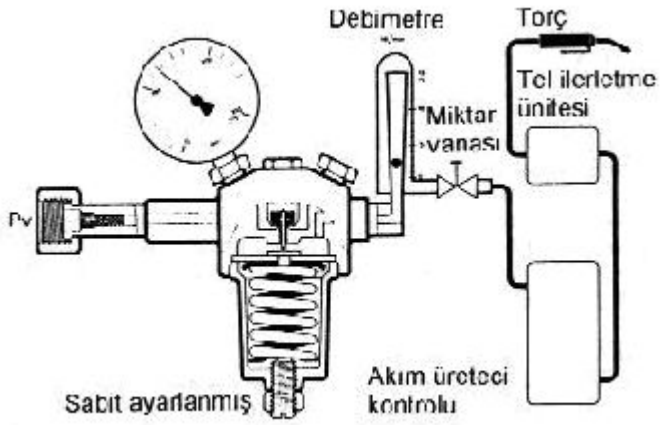
Tüpten veya dağıtım hattından gelen koruyucu gazı kullanabilmek için basıncının kullanma basıncına düşürülmesi ve ardından da debisinin ayarlanması gerkir. Burada tüpe yakın olan manometre tüp basıncını diğeri ise gaz debisini ölçmektedir.



Şekil 4.2: Basınç düşürme manometresi

Koruyucu gaz olarak CO_2 kullanılması halinde, tüp içindeki gaz sıvı halden gaz haline geçerken ortamdan enerji çeker ve dolayısı ile tüpte ortaya çıkan sıcaklık düşmesi sonucu kuru buz diye adlandırılan CO_2 karı oluşur, bu da ventili tıkar. Bu nedenle kaynak işleminin soğuk yerlerde yapılması durumlarında tüp çıkışına bir ısıtıcı takılır.

Genellikle bilyalı ölçüm aleti daha çok tercih edilir. Bilyalı ölçüm aleti, doğrudan gaz çıkış lülesine takılabilen ve torçtan çıkan gerçek gaz debisini ölçebilen küçük bir gaz borusudur. Gaz debisi, bilyalı borunun üzerindeki işaretlerden, kullanılan gaz türüne uygun olanı göz önünde tutularak ayarlanır (Anık ve Vural, 1997).

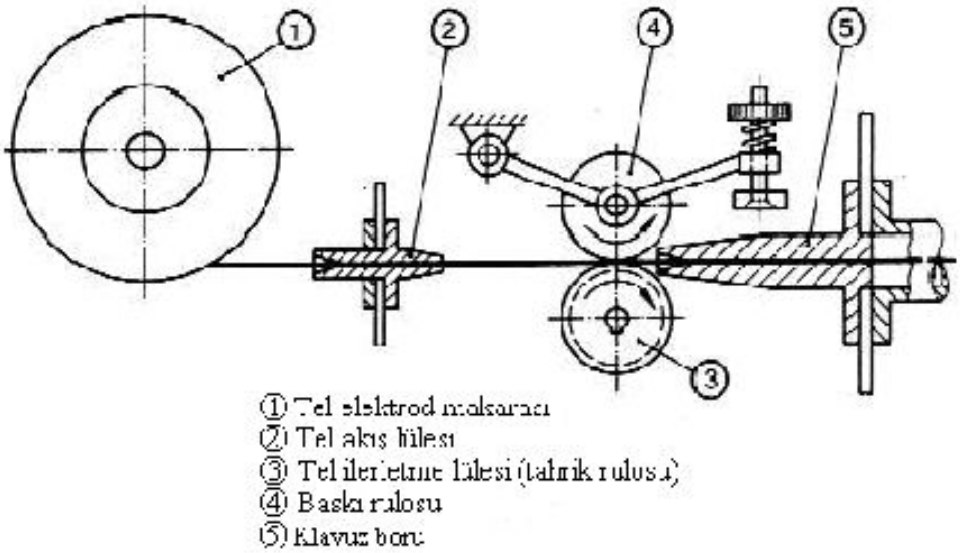


Şekil 4.3: Bilyeli debimetre takılı manometre

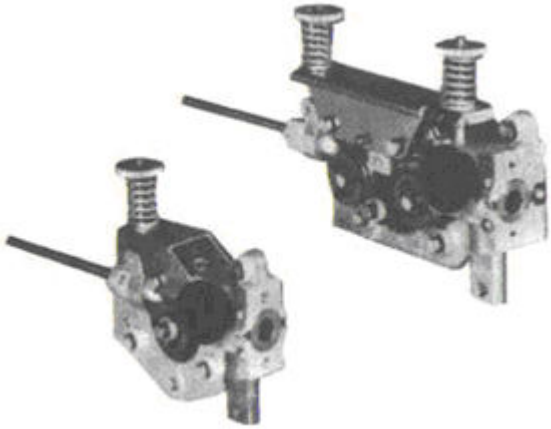
4.2.6. Tel Sürme Mekanizması

Tel sürme tertibatı, eriyen tel miktarını karşılayacak bir hızla teli ark bölgesine sevk eden mekanizmadır. Çalışma sistemlerine göre çekme, itme türü tertibatlar diye adlandırılsalar da çalışma prensipleri bakımından birbirlerinden pek farklı değillerdir. Hız ayarı kademesiz bir mekanik tertibat veya gerilimi değiştirilerek hızı ayarlanan bir doğru akım motoru tarafından gerçekleştirilir. İkinci sistem günümüzde tercih edilendir.

Tel, bobinden gelirken tam düz değildir. Bu şekilde kaynak bölgesine sevk edilirken spiral kılavuz içinde sürtünme yaptığından tel sürme tertibatını zorlar bu da tel ilerletme hızının düzensizleşmesine sebep olur. Bu olay da kaynak dikişinin kalitesini etkiler. Bunu engellemek için tel sürme mekanizmasının makaraları arasına elektrodun yeteri kadar iyi sıkıştırılması gerekmektedir. Yalnız elektrod bu makaralar arasına sıkıştırılırken ne fazla ne de az sıkıştırılmalıdır yani baskı makarası baskı kuvveti ayarının iyi yapılması gereklidir. Fazla sıkıştırılırsa baskı nedeniyle elektrod ezilecek, kaynak yerine düzenli sürülemeyeceği için de süreksiz bir kaynak dikişinin oluşmasına neden olacaktır. Aynı şekilde makaralar arası geniş bırakılırsa (elektrod çapına göre) bu sefer de makaralar patinaj yapacak, tel elektrod kaynak yerine hiç sürülemeyecektir.



Şekil 4.4: Tel elektrotun ilerleme şeması



Şekil 4.5: İki veya dört makaralı tel sürme mekanizması

İki makaralı tel sürme tertibatlarının genel problemi makaradan gelen teli tam olarak doğrultamamalarıdır. Dört makaralı tertiplerde tel bir dereceye kadar düzlenir. İki makaralı tertibatlarda tel sürme mekanizmasından önce tel doğrultma makaralarına gerek vardır.

4.2.7. Kaynak Kontrol Ünitesi

Yarı otomatik işlemde, kaynak kontrolü ve tel besleme motorunun bir entegre paket içinde toplanması mümkündür. Kaynak kontrol ünitesinin ana fonksiyonu tel besleme motoru hızını regüle etmektir. Motor hızı, değişen tel hızlarına göre elle ayarlanabilir.

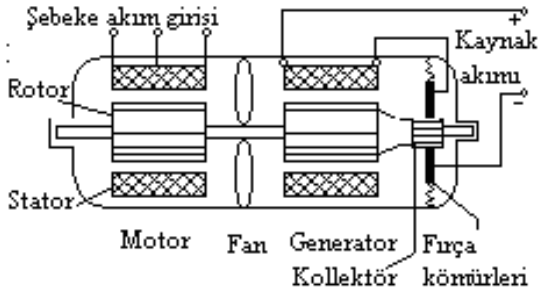
Kontrol ünitesi aynı zamanda torçdaki anahtardan gelen uyarı ile elektrod ilerlemesini durdurup başlatabilir. Koruyucu gaz, su ve kaynak enerjisi torça kontrol ünitesi kanalı ile gelir. Gaz ve su akışı selenoid valf vasıtası ile ayarlanır. Gaz akışının başlaması ve kesilmesi ile güç ünitesinden enerji çıkışı da kontrol ünitesi tarafından sağlanır.

4.2.8. MIG/MAG Kaynak Güç Üniteleri

Kaynak güç üniteleri arkı oluşturmak için gerekli elektrik enerjisini, elektrod ve iş parçasına verir. MIG/MAG uygulamalarındaki güç ünitelerinde doğru akım ve genellikle pozitif kutuplama kullanılır. MIG/MAG kaynak güç üniteleri, dönel tip doğru akım generatorü, basit redresörler, sinerjik darbeli akım üreteçleri ve inverter türü kaynak akım üreteçleridir.

4.2.8.1. Doğru Akım Jeneratörü

Elektrik akımının bulunmadığı yerlerde, genellikle şantiyelerde kullanılmak maksadıyla geliştirilmiş, dizel veya benzin motoruyla tahrik edilen generatörlerdir.
Bir doğru akım jeneratörü bir tahrik ve bir de dinamo makinasından oluşmuş bir takımdır. Bu makinalar mekanik enerjiyi elektrik enerjisine (kaynak enerjisine) çevirerek kaynak akımını çalışma yerinde üretir.



Şekil 4.6: MIG/MAG kaynak yöntemi için doğru akım generatorü.

4.2.8.2. Basit Redresör Tipi Akım Üreteçleri

İşletme içinde kullanılan standart üreteçleridir, bir transformatörden ve bir doğrultucu köprüden oluşmuş paket cihazlardır.

MIG/MAG kaynak yönteminde güvenilir kaynak bağlantısı elde edebilmek için ayarlanması gereken kaynak parametrelerinin başında akım şiddeti ve gerilim gelir. Sabit gerilimli veya diğer bir deyişle yatay karakterli kaynak akım üreteçlerinde bu iki parametre birbirinden bağımsız ayarlanabilir. Kaynak akımı ve gerilimi, akım üretecinin ince ve kaba ayar düğmelerinden kademeli olarak veya bazı özel tiplerde ise potansiyometre ile kademesiz olarak ayarlanabilir. Genel olarak standart bir MIG/MAG kaynak akım üretecinde 3 kaba ayar ve 5 adet de ince ayar vardır, bu da 15 kademede gerilim ayar olanağı sağlar. Kaynak akım şiddeti ise MIG/MAG kaynak üreteçlerinde tel sürme düğmesinden ayarlanır. Seçilmiş olan gerilim ve akım şiddetinin dikiş biçimi ve ark oluşum türü üzerine etkileri bulunmaktadır. Uygun seçilmiş bir çalışma noktası arkın sakin ve kararlı bir biçimde yanması ile kendini belli eder (Tülbentçi, 1998).

6.2.8.3. Sinercik Darbeli Akım Üreteçleri

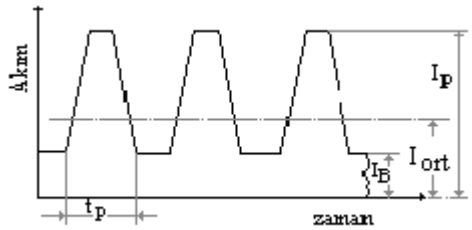
İyi bir nüfuziyetin, buna karşın parçaya ısı girdisinin sınırlı olması istenen durumlarda darbeli doğru akım yöntemi uygulanır. Darbeli doğru akım ile alternatif

akım farklıdır; darbeli doğru akımda seçilen akım şiddeti önceden saptanmış iki değer arasında, arzu edilen bir frekansta değişmektedir. Şekil 4.7. de gösterilen kısaltmaların anlamları yer almaktadır.

I_B :Temel akım şiddeti (A) I_P :Darbeli akım (A,Amper)

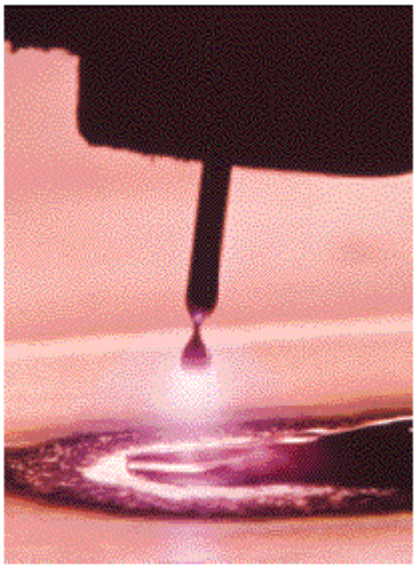
t_P :Darbe süresi (ms) f :Darbe frekansı

I_{Ort} :Ortalama akım şiddeti (A)



Şekil 4.7: MIG/MAG kaynağında darbeli akımın zamana bağlı değişimi

Bu sistemin üstünlüğü tel elektrot'tan ergiyen damlaların kaynak banyosuna geçişinin temel ve darbe akım şiddetine göre iki farklı hızda gerçekleşmesidir. Darbe akımı sırasında, pik akımda, kaynak metali hızlı bir biçimde ergir ve kaynak banyosuna sprey ark biçiminde taşınır. Bunu takip eden temel akım periyodunda ise elektrod ucunun ergimesi azalır ve gerekirse hiç ergimemesi sağlanır ve kaynak banyosuna da ısı girdisi azalır ve bu sırada banyo kısmen katılaşmaya başlar. Temel akım şiddeti arkın sönmeyeceği bir değerde tutulduğundan arkın yeniden tutuşturulması sorunu da ortadan kalkar. Bu şekildeki bir ark ile her pozisyonda kaynak yapmak kolaylaşmış olur. Güç elektroniği yardımı ile frekans, temel akım şiddeti, darbe akım şiddeti ile bunların sürelerini birbirlerinden bağımsız olarak ayarlayabilen akım üreteçleri bulunmaktadır. Bu sayede her akım darbesinde kaynak banyosuna tek bir damla kaynak metali transfer edebilen MIG/MAG kaynak makineleri geliştirilmiştir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8: Sinercik darbeli akım üreteci ile elde edilen bir damla

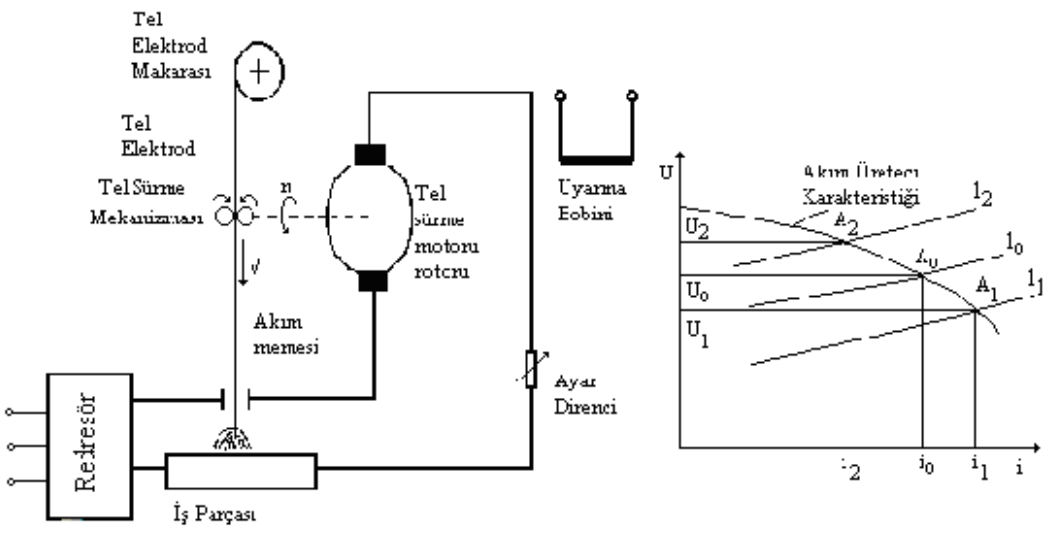
4.3. Ark Boyunun Ayarı

MIG/MAG gibi mekanize kaynak yöntemlerde iyi bir dikiş elde etmek için kaynak arkı uzunluğunun ortalama olarak sabit olması gerekir. Eğer ortalama elektrod sürme hızı, ortalama elektrod erime hızına eşit ise ark boyunun sabitliği gerçekleşebilmektedir. Bu nedenle ark boyunu sabit tutmak için iki yöntem kullanılır:

4.3.1. ΔU (Gerilim Ayarlı) Kontrol Metodu

Çok kalın tel elektrodların kullanılması halinde düşey karakteristikli sabit akımlı kaynak akım üreteçleri gerekli olmaktadır. Böyle durumlarda tel sürme tertibatının motoru sabit devirde dönmez, ark boyundan komut alarak hızını ayarlar. Bu yöntemin ana prensibi şöyledir: tel sürme mekanizmasını tahrik eden motorun rotoru ayarlanabilen bir direnç üzerinden kaynak gerilimi U_1 tarafından I akımı ile beslenmektedir. Böylece tel sürme motorundan kaynak gerilimi ile orantılı bir tel sürme hızı elde edilir. Bu metodda düşey karakteristikli bir makina kullanımı mecburidir. Çünkü DC motorunun referans ark boyundan en ufak sapmalarda dahi yeterli bir gerilim gradyenti ile beslenebilmesi gerekir.

$$n = U/(K * \Phi) \qquad (4.1)$$



Şekil 4.9: Düşey karakteristikli bir kaynak makinasının çalışma prensibi ve U-I diyagramı

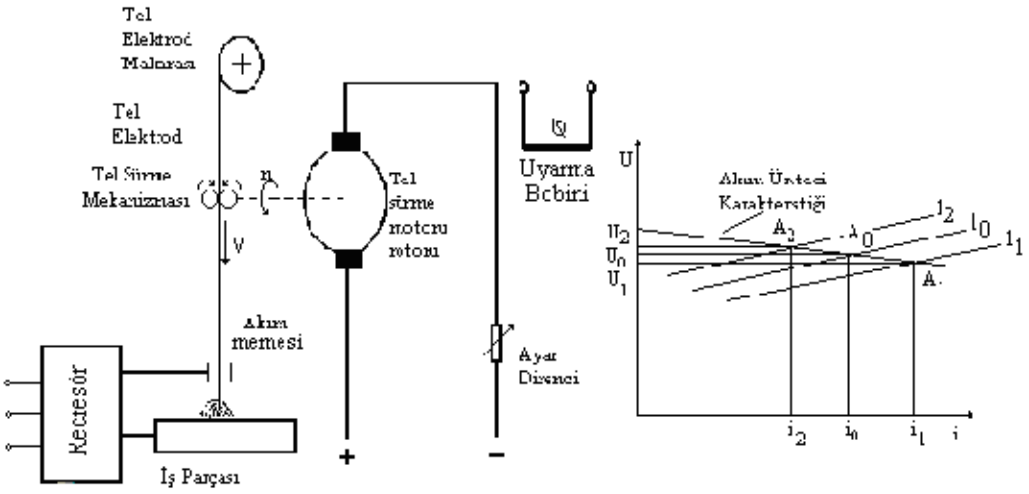
Ayarlı bir l_0 boyunda $l_2 > l_0$ şeklindeki bir değişim, U-I diyagramında $U_2 > U_0$ gibi daha büyük bir kaynak gerilimi oluşturacak böylece ayarlanan referans geriliminden daha büyük bir gerilimle beslenen motor, elektrodu daha hızlı sürerek ark boyunu kısaltır ve tekrar l_0 referans uzunluğuna getirir. Bu arada çalışma noktaları arasında doğan ΔI kadarlık bir akım değişim de elektrod ergimesini az da olsa geciktirerek bir ΔI kontrol etkisi ile olayı takviye eder. Herhangi bir sebeple ark boyunun referans boydan küçülmesi halinde ise, ark gerilimi küçülür ve dolayısıyla elektrod sürme hızı küçülür. Böylece yine referans noktasına geri dönülür (Karadeniz, 2000).

4.3.2. ΔI (Akım Ayarlı) Kontrol Metodu

MIG/MAG kaynak yönteminde çapı 3 mm'den küçük elektrodlar ve yatay karakteristikli kaynak makinaları kullanılmaktadır. MIG/MAG kaynak yönteminde ark boyunun ayarı ΔI akım ayarlı kontrol metodu ile yapılır. Bu metodda bir potansiyometre ile doğru akım motorunun hızı yani elektrod sürme hızı sabit bir potansiyel değerine

$$(n = \frac{U_0}{K.\Phi} = sabit) \qquad (4.2)$$

ayarlanmıştır. Buradaki elektrod ergime hızı, sabit olan elektrod sürme hızına eşit olduğu sürece ark U-I diyagramında A_0 çalışma noktası ile belirlenen bir l_0 uzunluğunda yanar.



Şekil 4.10: Yatay karakteristikli bir kaynak makinesinin çalışma prensibi ve U-I diyagramı

Ark boyunda $l_2 > l_0$ şeklindeki bir değişim, boyu uzayan arkın direncini ΔR_B kadar büyütür. Kullanılan sabit gerilimli makinenin verdiği U_A gerilimi yükle değişmediğinden I_A akım şiddeti

$$I_A = \frac{U_A}{R_B + \Delta R_B} \qquad (4.3)$$

ye göre,

ΔI kadar azalır. Akım şiddeti ile orantılı olarak değişen elektrot ergime hızı yavaşlayarak normal l_0 durumundaki elektrot sürme hızından daha küçük olacaktır. Böylece ergimesi geciken elektrot daha hızlı uzayacak ve tekrar l_0 konumunu alıncaya kadar ark boyu kısalacaktır.

$l_1 < l_0$ şeklindeki ark boyu kısalmalarında ise olay tersine olacak ve böylece kendi kendine ayarlanmış olacaktır. Burada kaynakçının arka herhangi bir vasıta kullanmadan etki etmesi mümkün değildir. Böylece burada kısa ark boyu ile kaynak

yapmak da 17 mümkün olmaktadır. Kısa ark boyu ile yapılan kaynaklarda saniyede 20 ie 50 arasında kısa devre ortaya çıkar. Kaynakta kısa devre sayısı ne kadar fazla olursa erimiş haldeki kaynak dolgu maddesi rölatif olarak o kadar soğuk ve kıvamlı (koyu) akışkan olur. Kısa ark, röntgen emniyeti mertebesindeki kaliteli kök pasolarında, büyük aralıklı açıklıkları kapatmakta, ince sacların kaynağında ve zor kaynak pozisyonlarında kullanılır.

ΔI kontrolü hızlı bir dinamiğe sahiptir ancak ergime ataleti düşük olduğu için ince *(2,5∅mm≥d)* elektrodlarla kullanılabilmektedir (Karadeniz, 1985).

MIG/MAG kaynağında kullanılan küçük çaptaki tellerin erime hızlarının elektrik ark kaynağındakinden daha yüksek olduğu ve erime hızlarının akımla daha fazla değiştiği bilinmektedir. Akımdaki çok küçük bir oynama ile erime hızında önemli bir değişme olur (Ergime enerjisi *E=I2.R.t*'den dolayı). Burada dikkat edilmesi gereken önemli bir nokta elektrod çapının etkisidir. 200 amperlik akımda 1,6; 1,2; 0,8 mm çapındaki elektrod telleri için erime hızları sırasıyla 2,5; 5,1 ve 10,4 m/dak'dır. Diğer önemli mesele ise akımın değiştirilmesi sonucu oluşan erime hızı değişimidir. 220 amperlik akım değerinde 1,6; 1,2; 0,8 mm çapındaki elektrod telleri için erime hızları 2,8; 5,6 ve 11,5 m/dak'dır. Bu özellik nedeniyle MIG/MAG kaynağı, gerilimi geniş bir akım aralığında sabit tutan bir güç ünitesi ile birlikte kullanılır (Gourd, 1996).

4.4. Kaynak Parametreleri

Kaynak parametreleri kaynak işlemini ve elde edilen kaynaklı birleştirmenin kalitesini etkileyen en önemli unsurlardır. Bu parametreler, kaynak edilen metal veya alaşım ile kaynak metalinin türü ve kaynak ağzı geometrisi göz önünde bulundurularak belirlenir.

Kaynak öncesi belirlenen ve kaynak süresince değiştirilmesi mümkün olmayan parametreler; koruyucu gaz türü, elektrodun bağlandığı kutup ve elektrod türü ve çapıdır.

Kaynak dikişini kontrol altında tutan, dikişin biçimini, boyutlarını, ark stabilitesini ve kaynaklı birleştirmenin emniyetini etkileyen ayarlanabilir parametreler ise ikiye gruplanır. Birinci dereceden ayarlanabilir parametreler akım şiddeti, ark gerilimi ve kaynak hızıdır.

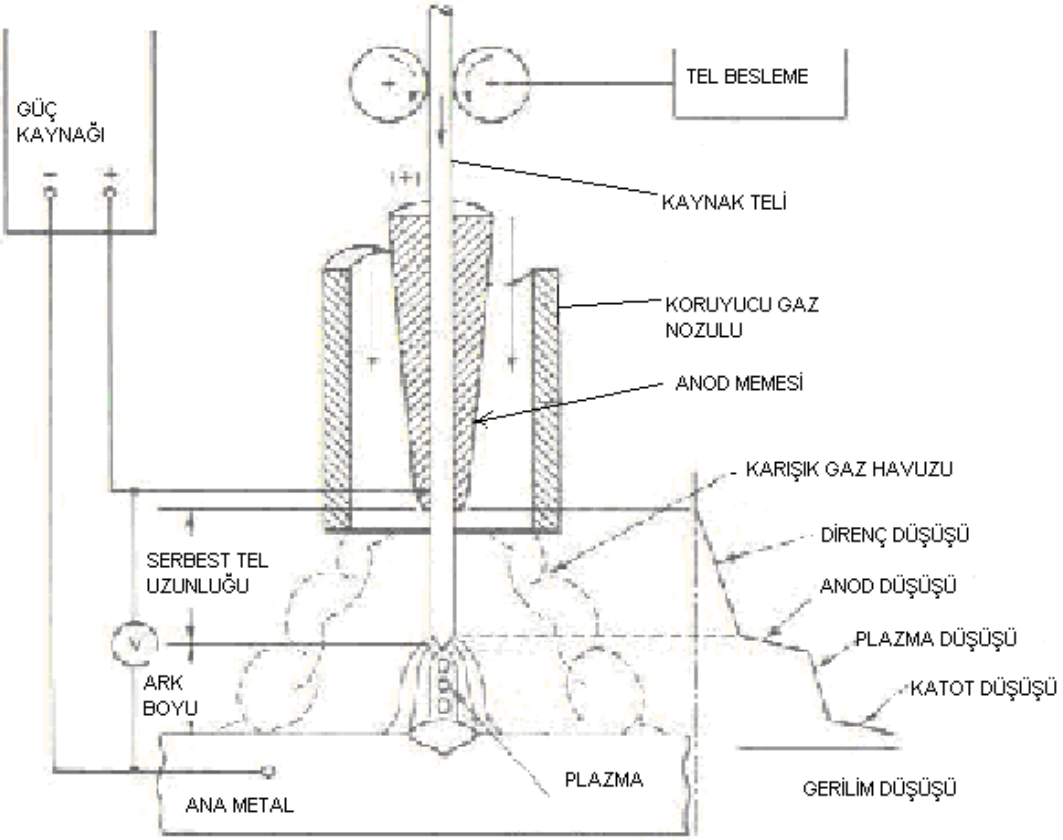
İkinci dereceden ayarlanabilir kaynak parametreleri ise torç açısı ve serbest tel uzunluğudur. İkinci dereceden ayarlanabilir kaynak parametreleri kaynak boyunca sürekli değişir (Tülbentçi, 1990).

4.4.1. Kaynakta Gerilim Düşümü ve Gerekli Enerji

Eriyen elektrodlarla kaynakta üç gerilim bölgesi bulunmaktadır bunlar: anot gerilim düşümü (anodik düşme), plazma gerilim düşümü (ark kolonu) ve katod gerilim düşümü (katodik düşme) bölgesidir. Arktaki toplam gerilim düşümü, bu üç gerilimin toplamına eşittir (Doschu, 1968).

Bir elektrik arkında anod ve katod önünde yüklü parçacıklar birikir. Bu birikimler o bölgelerde elektrik alanını büyütür *(E=U/l). U=UA+UK+UP* burada da *UK> UA* dır.

Elektronların anoda geldikleri zamanki kinetik enerjileri anoda verildiği için anoddaki sıcaklık katoda göre daha yüksektir. Bunun sonucunda yanma katodda bir leke halindeyken, anodda bir krater şeklindedir (Karadeniz, 2000)



Şekil 4.11: MIG/MAG'da ark bölgesi (Cary, 1998)

Teorik ark ısı enerjisi, bu üç bölgenin gerilim düşümü ve kaynak akımı yardımıyla elde edilebilir. Toplam ark bölgesindeki diğer gerilim düşümü de elektrodun meydana getirdiği dirençteki gerilim düşümdür, bu gerilim düşümü akımın elektrod içinden akışına direnç gösterir (Elektrod direnci akımın akışına karşı koyar). Elektrodun oluşturduğu gerilim serbest tel uzunluğu üzerinde meydana gelir. Elektrod çapı ve kompozisyonu direnci değiştirir, direnç de akımın değişmesine neden olur.

$$R = \rho.\frac{l}{s} = \frac{1}{\mu}.\frac{l}{s}$$

$$I = \frac{U}{R} \qquad (4.4)$$

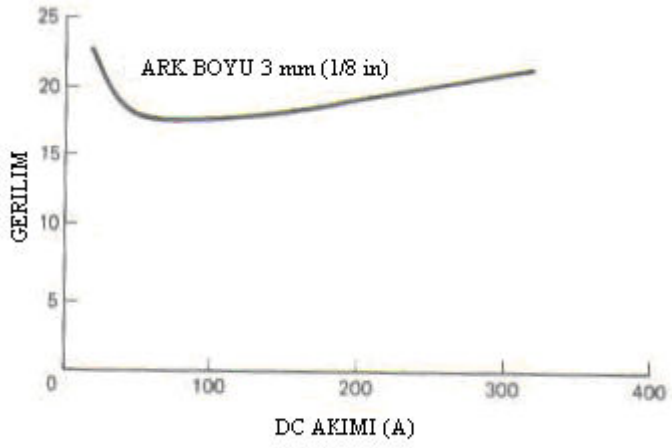
Bu direnç nedeniyle elektrodun serbest tel uzunluğunun ısınması erime hızı üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Zira ergime enerjisi,

$E=U.I.t$ ve $U= I.R$ ise (4.5)

$E=I_2.R.t$ elde edilir. Burada, I kaynak akımı, R ise serbest tel uzunluğunun direncidir.

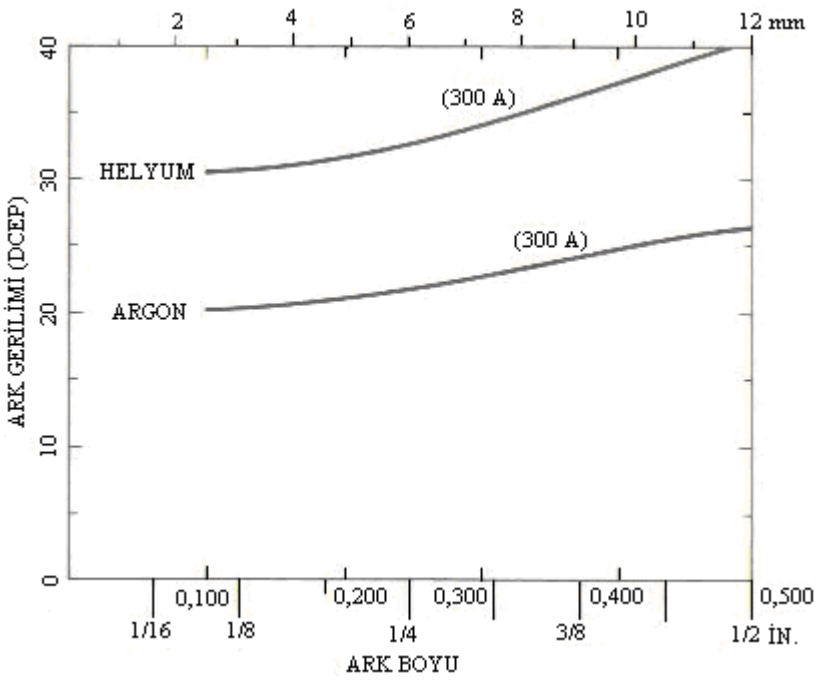
4.4.2. Ark Akımı ve Gerilimi

Ark akımı ve ark gerilimi arasındaki ilişkiyi veren eğri lineer değildir. Şekil 4.12'te görüldüğü gibi eğri, lineer değildir ve düşük akım bölgesinde bir negatif eğime sahiptir.

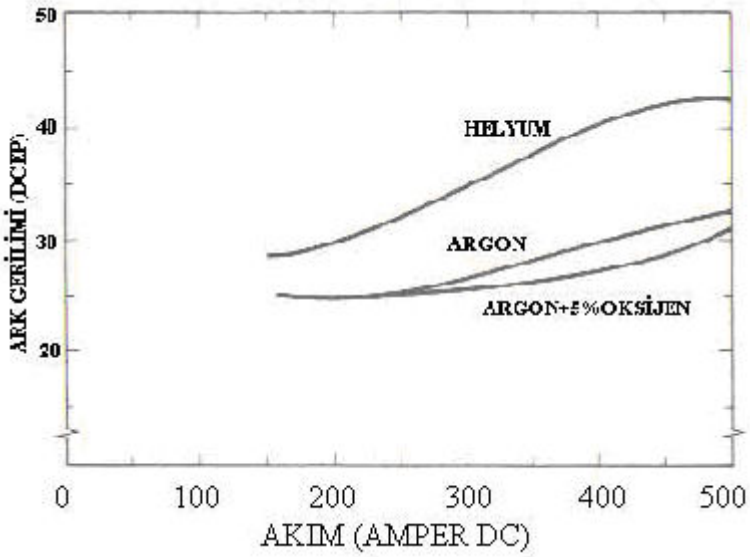


Şekil 4.12: Ark statik karakteristiği (Argon koruyucu gaz ortamında)

Ark atmosferi ark gerilimini etkiler. Şekil 4.13.'de alüminyum kaynak edildiğinde kullanılan argon ve iyonizasyon enerjisi yüksek olan helyum gazlarının ark boyuna ve ark gerilimi üzerine etkileri gösterilmiştir (Lancaster, 1984). Çelik kaynak edildiği zaman argon, içinde %5 oksijen olan argon gaz karışımı ve helyum koruyucu gazları için kaynak akımı ve ark gerilimi Şekil 4.13'de gösterilmiştir (Jackson, 1960). Koruyucu gaz atmosferi üzerine yüksek bir ark gerilimi uygulanırsa çok sıcak bir ark oluşur. Bu, arktaki ısıl enerjiyi arttırır ki bu da elektrodun ergime hızını arttıracaktır. Zira kaliteli ve verimli kaynak iki ana faktöre göre değişir; elektrodun ergime aralığı ve ana metale kaynağın nüfuziyetidir.



Şekil 4.13: Değişik atmosferler altında ark gerilimi ile ark boyu arasındaki ilişki



Şekil 4.14: Değişik atmosferler altında ark gerilimi ve kaynak akımı arasındaki ilişki

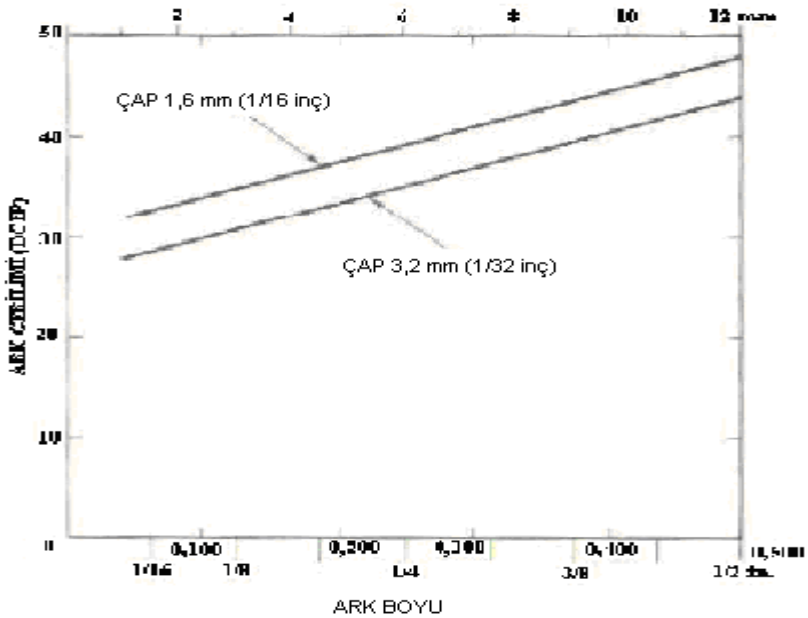
4.4.3. Kaynak Hızı

Birim zamanda yapılan kaynak dikişi uzunluğunu veren kaynak hızı, diğer parametrelerin aksine bir uygun değerde çalışıldığı zaman en derin nüfuziyet elde

edilir. Yani kaynak hızı arttığı zaman, birim boya verilecek ısı azalacak, dolayısıyla da esas metalin ergiyen miktarının azalmasına neden olacaktır. Bu nedenle kaynak hızının artması nüfuziyeti azaltacaktır. Kaynak hızındaki bir azalmada ise birim zamanda birim boya yığılan kaynak metali artacak, dolayısıyla da kaynak banyosunun büyümesine neden olacaktır. Sonuçta da geniş bir kaynak dikişi elde edilecektir. Düşük kaynak hızı, fazla miktarda kaynak metalinin yığılması ve nüfuziyet azlığı nedeniyle kaynak ağzının kenarlarında ergimeden kalan bölgelerin oluşmasına neden olacaktır.

4.4.4. Ark Boyu

Ark boyunun uzunluğunun ark gerilimine büyük etkisi vardır. Kısa ark boyu yaklaşık olarak tel elektrot çapına eşittir ve düşük gerilime sahiptir. Orta boydaki ark orta gerilim aralıklarına sahiptir. Uzun ark boyu ise tel elektrot çapının 5 katı uzunluğa sahiptir ve kaynak işlemi için yüksek gerilimlere ihtiyaç vardır. Bu ilişki Şekil 4.15.'da helyum koruyucu gaz ortamında alüminyumun kaynağı için gösterilmiştir. Ark boyu uzadıkça arkın kontrol edilmesi güçleşir ve dolgu metali birikimi yapamaz. Eğer ark boyu daha fazla uzarsa ark söner, ancak çok yüksek akımlar kullanıldığında ark güçlenir ve böylece de ark boyunun uzaması da mümkün olabilir.



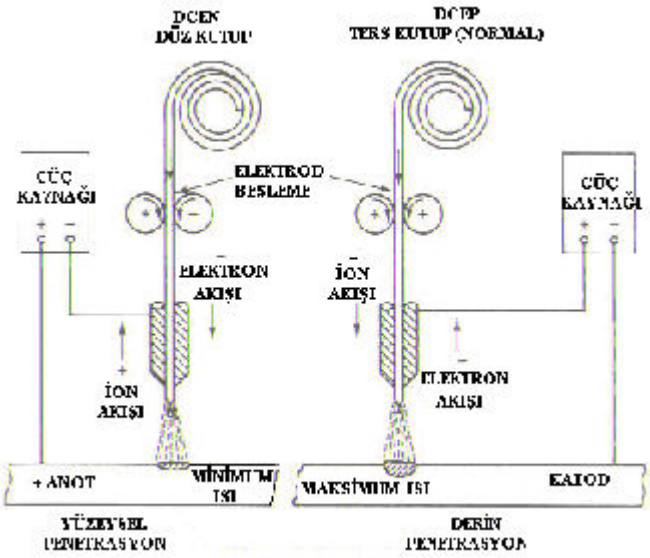
Şekil 4.15: Ark geriliminin ark boyuna göre değişimi

4.4.5. Elektrotun Bağlandığı Kutup

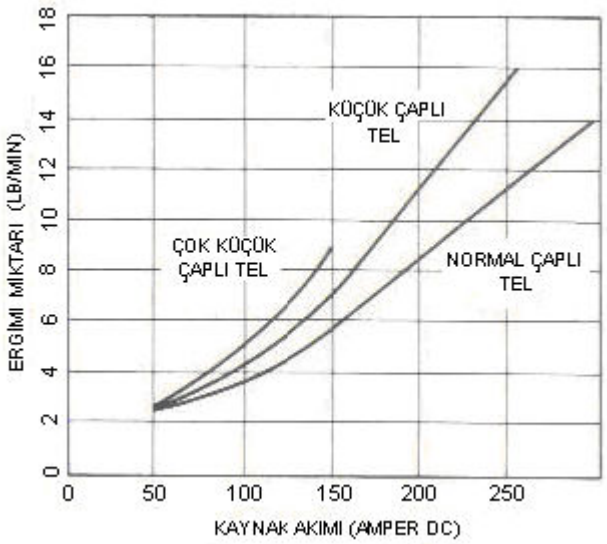
Metalik ark içerisindeki yüksek sıcaklıktaki plazma, ark içindeki gaz atomlarının pozitif iyonlar ve negatif elektronlara ayrışmasına neden olur. Elektronlar katoddan (negatif) anoda (pozitif) hareket eder. İyonlar da pozitif kutuptan negatif kutba hareket ederler. MIG/MAG'da doğru akımda elektrod pozitif kutba (DCEP) bağlandığında (en yaygın olarak kullanılır) elektronlar iş parçasından elektroda hareket ederler ve pozitif iyonlar elektroddan iş parçasına hareket ederler. Elektronlar katoddan (eksi kutuptan) büyük bir hızla anoda (artı kutup) doğru giderken bu hızlı hareketlerinin enerjisi ısıya dönüşür.

($E_K = ½\ mV_e^2$) hızla hareket eden elektronların çarptıkları bölge de aşırı ısınır, malzeme ergir ve kısmen de buharlaşır. Elektronlar bu hızlı hareketleri sırasında atomların dış kabuklarına çarparlar ve oradan da elektronların ayrılmasına neden olurlar; elektron kaybeden atom ise artık nötr değildir, iyon haline gelmiştir, pozitif yüklüdür ve yükünden dolayı da hızla katoda (eksi kutba) doğru gider ve oranın ısınmasına neden olur.

En büyük ergime hızı elektrod pozitif kutba (ters kutuplama) bağlandığı zaman elde edilir. Bu nedenle masif elektrodlarla yapılan MIG/MAG kaynak yönteminde, yüksek ergime hızı sağlaması için ters kutuplama yapılır. DC düz kutuplama masif elektrodlarla pek fazla kullanılmamasına rağmen özlü elektrodlarla yapılan MIG/MAG kaynak yönteminde kullanımı yaygındır.



Şekil 4.16: MIG/MAG'da kutuplama ve ısı



Şekil 4.17: Çelikler için kaynak akımına göre ergime hızının değişimi
(lb/min x 27.216 = kg/h)

Kaynak gerilimi, uygun ark boyuna bağlı seçilmiş tel besleme hızı veya kaynak akımı miktarıyla sürekli ark stabilitesini sağlar.

Kaynak dikişinin yüksekliği, genişliği ve nüfuziyet miktarı, torç tutuş şekli aynı kalmak üzere; kaynak gerilimini, kaynak akım şiddetini ve kaynak hızını değiştirerek ayarlanabilir.

Akım şiddeti arttıkça nüfuziyet artar, buna karşın dikiş genişliği ve yüksekliği azalır. Kaynak geriliminin yükselmesi de dikişin genişlemesine neden olur (Anık, 1982).

4.5. Koruyucu Gazlar

Kaynakta kullanılan koruyucu gazların kaynak işlemi performansına önemli bir etkisi vardır. Bu gazların ilk görevi erimiş kaynak metali banyosunun oluşumu sırasında bu banyoyu hidrojen, azot ve oksijenin zararlı etkilerinden korumaktır. Koruyucu gazlar ayrıca ark stabilitesini sağlar. MIG/MAG kaynağında gaz, kaynak aşamasında metal transferi oluşması için ek etki yapar, kaynağın damla şeklini ve nüfuziyet biçimini de etkiler. Koruyucu gazın türü ve bileşimi büyük çapta akım ileten ark sütununun kesitini ve dolayısıyla da elektroddan ergime sonucu damlacıkları oluşturan kuvvetin şiddet ve doğrultusunu etkiler. Bu da kaynak işleminin yapılabilirliğine, verimine ve kalitesine etki eder (Lyttle, 1998).

Genel olarak koruyucu gazın etkilediği parametreleri şöyle sıralayabiliriz:

1-Kaynak banyosunu atmosferden koruma
2-Arkın kararlılığını sağlama
3-Metal transfer formunu oluşturma
4-Nüfuziyet, ıslatma ve kaynak dikiş geometrisi
5-Isı Girdisi
6-Kaynak hızı
7-Kaynak metalinin kimyasal bileşimi
8-Kaynak metalinin kimyasal özellikleri (Anık, 1984)

Bir koruyucu gazın temel özelliklerinin iyi anlaşılması, bir kaynak operasyonu için doğru koruyucu gaz veya gazlarının seçilmesinde yardımcı olacaktır.

Doğru ve iyi gazın kullanılması kaynak kalitesini arttıracak, kaynak operasyonunun tüm maliyetini düşürecektir.

4.5.1. Koruyucu Gazların Temel Özellikleri

Sürekli elektrik boşaltılması kaynak arkı olarak bilinir. Bu da ark plazması adı verilen taşıyıcı bir vasıta tarafından oluşturulur ve muhafaza edilir. Plazma, elektron, iyon, nötral atom, foton, uyarılmış atom ve moleküllerin karışımıdır (Karadeniz, 1990).

Plazmanın oluşması ve yapısı, kaynakta kullanılan koruyucu gazın özelliklerine bağlıdır. Çizelge 4.1'de kaynakta kullanılan gazların ana özellikleri vardır (Larson, 1990).

Çizelge 4.1. MIG/MAG kaynağında kullanılan koruyucu gazların özellikleri

Gaz	Kimyasal sembolü	Moleküler Ağırlığı	Özgül ağırlığı	Yoğunluk		İyonizasyon enerjisi
				g/ft³	g/L	eV
Argon	Ar	39,95	1,39	0,1114	1,784	15,7
Karbondioksit	CO_2	44,04	1,53	0,1235	1,978	14,4
Helyum	He	4,00	0,1368	0,0111	0,178	24,5
Hidrojen	H_2	2,016	0,0596	0,0056	0,090	13,5
Nitrojen	N_2	28,01	0,967	0,782	12,5	14,5
Oksijen	O_2	32,00	1,105	0,0892	1,43	13,2

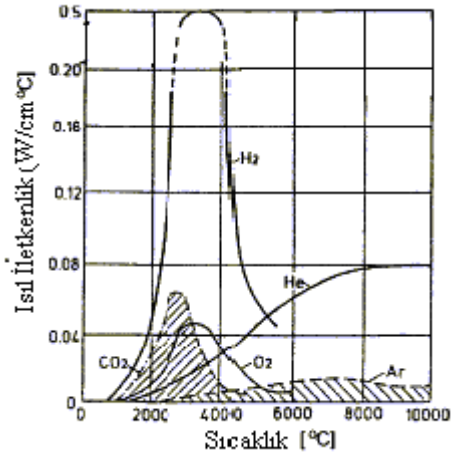
4.5.1.1. İyonizasyon Enerjisi

Bir gaz atomundan bir elektron çıkararak iyon veya elektriksel olarak yüklenmiş bir gaz atomu yapmaya yarayan enerjidir ve elektron volt olarak tanımlanır. Bütün diğer faktörler sabit olduğunda gazın moleküler ağırlığı arttığında, iyonizasyon enerjisi düşer.

Kaynak sırasında kullanılan koruyucu gazların iyonizasyon enerjileri ark başlamasını ve stabilitesini büyük ölçüde etkiler. Düşük iyonizasyon enerjili Argon gibi bir gazın atomları kolaylıkla iyona dönüştürülebilir. Helyum gibi yüksek iyonizasyon enerjisine sahip bir gaz ise çok sert bir ark başlaması ve daha az stabil bir ark oluşturur (Lyttle, 1998). Her ne kadar plazmanın oluşmasında diğer faktörler yardımcı olsa da bu gazların iyonize olması için gerekli enerji miktarının sağlanmasını özellikle ark gerilimi doğrudan etkiler. Eşit ark boyları ve kaynak akımları için Helyumla kaynakta kullanılan gerilim Argonla kaynakta kullanılan gerilimden daha yüksektir. Bu da iş parçasına ısı girişini Helyumla, Argonla olduğundan daha kolay olmasını sağlar.

4.5.1.2. Isıl iletkenlik

Bir gazın ısıl iletkenliği onun ısıyı ne kadar iyi taşıyabilmesi ile ölçülür. Bu plazmayla sıvı metal arasındaki ısı transferi sırasında ark kolonunun merkezinden dışa doğru oluşan radyal ısı kaybını etkiler. Düşük ısıl iletkenliğe sahip Argon dar, sıcak bir öz (kor) ve nisbeten daha soğuk bir dış bölgeye sahip iki bölgeli bir ark oluşturur. Kaynak birleşme bölgesinin nüfuziyet profili, kökte dar bir 'parmak' ve tepede ise daha geniş bir şekildedir. Daha büyük ısıl iletkenliğe sahip bir gaz merkezden dışarıya ısı taşır; bunun sonucunda çok geniş ve sıcak bir ark merkezi oluşur. Bu tip ısı dağılımı Helyum, Hidrojen ve Argon- Karbondioksit ile olur. Çalışma alanına ısının daha fazla dağılmasını sağlar. Daha geniş ergime alanı oluşturur.



Şekil 4.18: Çeşitli koruyucu gazların ısıl iletkenliği (Suban, 2000)

4.5.1.3. Disosasyon ve Rekombinasyon

Karbondioksit, Hidrojen, Oksijen gibi moleküler koruyucu gazlar, ark plazması içinde yüksek sıcaklıklara kadar ısıtıldıklarında parçalanır veya atomlarına ayrılır. Ayrışmış (dissose olmuş) gaz, soğuk iş alanıyla temas ettiğinde atomlar rekombine olur ve bu noktaya ısı bırakırlar. Bu rekombinasyon ısısı çok atomlu gazların, helyum gibi çok yüksek ısıl iletkenliğe sahipmiş gibi davranmasına neden olur. Ayrışma ve birleşme bazı gazlarda örneğin Argon gibi tek atomlu gazlarda meydana gelmez. Bu sebeple aynı ark sıcaklığında karbondioksit ve hidrojen gibi gazlarla iş parçası yüzeyinde oluşan ısı argona göre daha fazla olur.

4.5.1.4. Reaktiflik / Oksidasyon Potansiyeli

Koruyucu gazların oksidasyon özelliği kaynak performansını ve kaynak sonucunda ortaya çıkan kaynak dolgusunun özelliklerini etkiler. Argon ve Helyum tamamen asaldır, ve bu sebeple kaynak metali üzerinde direkt kimyasal etkisi yoktur. Oksitleyici veya aktif gazlar, örneğin Karbondioksit ve Oksijen gibi gazlar dolgu metali veya iş parçasıyla tepkimeye girecek ve kaynak dolgusu yüzeyinde cüruf oluşturacaktır. Çelikten kaybolan Manganez ve Silisyum gibi elementler kaynak üretiminin kalite ve maliyetini etkiler. Koruyucu gazların oksidasyon özelliği arttığında, kaynak mukavemeti ve tokluğunun her ikisi de azalır.

Oksijen ve Karbondioksit gibi reaktif gazların eklenmesi ark stabilitesini arttırır ve elde edilen metal transferi şeklini etkiler. Koruyucu gazdaki Oksijen oranı arttığında metal damlacıklarının boyutları düşer ve birim zamanda transfer olan damlacık sayısı artar. Oksijen ergimiş kaynak damlasının yüzey gerilimini düşürür, çok iyi kaynak damlası akışı ve yüksek kaynak hızları sağlar.

4.5.1.5. Yüzey Gerilimi

Kaynak arkına ve dolayısıyla ark içerisindeki parçacıklara etkiyen birçok kuvvet vardır. Bu kuvvetler sonucunda ark yönlendirilir. Ergimiş metal ve

çevresindeki atmosfer arasındaki yüzey geriliminin damla yapısı üzerinde önemli etkisi vardır.

Eğer yüzey enerjisi yüksekse, damla konveks olacaktır. Oksijen gibi reaktif gazların düşük miktarlarda eklenmesi, bu yüzey gerilimini düşürür ve akışkanlık sağlar. Ana malzemenin daha iyi ısınmasını sağlar ve kaynak metalinde aşırı oksidasyon oluşmaz.

4.5.1.6. Gaz Saflığı

Karbonlu çelikler ve Bakır gibi bazı metaller koruyucu gaz içindeki kirletici gazlar için aluminyum ve magnezyum gibi kirliliğe oldukça duyarlı metallere göre yüksek toleranslara sahiptir. Yine de Titanyum ve Zirkonyum gibi bazı metaller koruyucu gaz içindeki her yabancı bileşene karşı son derece hassastırlar.

Kaynak yapılan metale ve kullanılan kaynak yöntemine bağlı olan çok düşük miktardaki yabancı gazlar kaynak hızını, kaynak yüzeyinin görünüşünü, kaynak damlası katılaşmasını ve gözenek miktarını etkiler. Ve her zaman kullanılan koruyucu gazın kirlenme olasılığı vardır. Bu sebeple düzgün bir şekilde düzenlenmiş gaz boru sistemleri ve yüksek kalitede hortumlar aracılığıyla koruyucu gazların sevkedilerek kaynak yapılması gerekir (Larson, 1990).

4.5.1.7. Gaz Yoğunluğu

Gaz yoğunluğu, gazın birim hacimdeki ağırlığıdır. Yoğunluk koruyucu gaz etkileşimini etkileyen ana faktörlerden biridir. Temel olarak kaynak banyosunun yeterli miktarda korunması için argon ve karbondioksit gibi havadan ağır olan gazların, yanıcı gazlardan daha düşük akış hızlarında kullanılmalıdır.

4.5.1.8. Koruyucu Gaz Debisi

Nozula gönderilen koruyucu gaz miktarı kullanılan nozul çapı ve kaynak akım şiddetine göre belirlenir. Koruyucu gaz debisinin fazla düşük olması durumunda kaynak banyosuna hava gireceğinden gözenek meydana gelme olasılığı oluşacaktır. Koruyucu gaz debisinin fazla olması halinde ise, türbülans nedeniyle koruyucu gaz örtüsü bozulabileceğinden kaynak banyosuna giren havanın gözenek oluşturma riski yine olacaktır. Uygulamada koruyucu gaz debisi aşağıdaki gibi alınabilir:

Düşük kaynak akımı şiddetlerinde (takribi 50-150 A) 12 litre/dakika.
Orta kaynak akımı şiddetlerinde (takribi 150-350 A) 15 litre/dakika.
Yüksek kaynak akımı şiddetlerinde (takribi 350 A'dan yukarı) 15 litre/dak. (Anık, 1986).

4.5.2. MIG/MAG Kaynağı'nda Kullanılan Koruyucu Gaz ve Gaz Karışımları

MIG/MAG için geliştirilmiş gaz karışımlarının çoğu özellikle karbonlu çelikler de kullanılır. Kabaca bunlar dört kategoride incelenebilir: Saf gazlar, Argon-Oksijen karışımı, Argon-Karbondioksit karışımları, Argon dışında yapılan üçlü kombinasyonlar, Helyum, Oksijen, Karbondioksit, Hidrojen.

4.5.2.1. Argon

Saf Argon genellikle alüminyum, nikel, bakır, magnezyum ve alaşımları gibi demir olmayan metaller ve titanyum gibi reaktif metallerin kaynağında kullanılır. Bu metaller birbirlerine kaynak edildiği zaman, argon kaynağa çok iyi ark stabilitesi, penetrasyon ve damla profili verir. Düşük iyonizasyon enerjisiyle kolay ark başlangıcı (ateşleme) sağlar.

Argon, küçük bir alan üzerinde yüksek ark enerjisi nedeniyle parmak şeklinde bir penetrasyon sağlayan yüksek akım yoğunluğuna sahip sıkıştırılmış bir ark kolonu oluşturur. Düşük ısıl iletkenliği sayesinde sprey transferi oluşturur. Ayrıca malzeme distorsiyonlarının (çarpılmalarının) veya süreksizliklerin kontrolünde de kullanılır.

4.5.2.2. Karbondioksit

Karbondioksit reaktif bir gazdır ve genellikle yalnızca karbonlu çelikleri birleştirme işlemlerinde kullanılır. Çok kolay elde edilir ve diğer gazlara nazaran da ucuzdur.

Genellikle yapı çeliklerinin kaynağında kullanılır. Çok iyi nüfuziyet sağlar ve yüksek kaynak hızlarına ulaşılabilir (Chiarelli,1999).

Kaynak metali birikim verimi düşüktür çünkü karbondioksit sprey transfere izin vermez. Sıçrantı miktarı ve duman oranları argon gazıyla yapılan kaynaktan daha yüksektir. Kaynak dikişi yüzeyi daha oksitli ve pürüzlü bir şekildedir.

Karbondioksit yüksek iyonizasyon enerjisi ve yüksek ısılarda çok büyük ergime hızı ve nüfuziyet sağlar.

4.5.2.3. Helyum

Bir asal gaz atmosferi korumasında helyum yüksek ısıl iletkenliğinden dolayı, ana malzemeye ek bir ısı sağlar. Helyumun iyonizasyon enerjisi *(24,6eV)* argonla *(15,8eV)* kıyaslandığında çok büyüktür. Bunun sonucu olarak helyumun yüksek bir ark sıcaklığı olduğu düşünülmektedir, fakat maalesef deneysel uygulamalarda görülmüştür ki helyumun kaynak arkında yüksek bir sıcaklık yoktur, varsa bile koruyucu gaz olarak kullanıldığı zamanlarda çok aşırı bir ergime etkisi açığa çıkarmamıştır (Eager, 1990).

Argonun aksine Helyum havadan hafiftir. Yüksek ısıl iletkenliği ve yüksek iyonizasyon enerjisiyle ana malzeme yüzeyine daha fazla ısı transferinin yapılmasını

sağlar böylece arkın nüfuziyet miktarını arttırır. Pek çok uygulamada yüksek kaynak hızlarının kullanımını mümkün kılar

4.5.2.4. Argon-Oksijen

Argona küçük miktarlarda oksijen eklenmesi kaynak arkının büyük oranda stabilitesini arttırır. Damla sayısını yükseltir. Sprey geçiş akımını düşürür ve damla şeklini etkiler.

Kaynak banyosu çok akışkandır ve uzun süre eriyik halde durur ve kaynak sıvısının kenarlara doğru akmasını sağlar (Şekil 4.19.a) (EN 439, 1990).

En yaygın olarak argon içerisinde oksijen % 1, 2, 5 veya 8 oranında bulunur. Oksijen miktarının artması ark stabilitesini arttırır ve kaynak banyosunun akışkanlığının artmasıyla çok yüksek hızlarda kaynak yapabilmeyi mümkün kılar. Oksijen oranı arttırıldığında özellikle %5'in üzerine çıkıldığında, alaşım elementi kaybı ve büyük oranda dikiş altı çatlağı oluşma olasılığı artar. MIG/MAG yönteminde sprey transfer damla geçişinde küçük miktardaki oksijen ilaveleri sıçrantısız kaynak yapılmasını sağlamak maksadıyla kullanılır.

Karışıma oksijen eklendiğinde damlanın boyutu küçülür ve birim zamanda kopan damla miktarı artar.

4.5.2.5. Argon-Karbondioksit

Karbondioksit, argon koruyucu gaz karışımına ark stabilitesini arttırmak, penetrasyonu arttırmak, kaynak banyosunun akışkanlığını yükseltmek maksadıyla eklenir. Özellikle karbonlu ve düşük alaşımlı çelikler ve sınırlı miktarda paslanmaz çelikler için kullanılır.

Argona karbondioksit eklenmesi, oksijen eklenmesiyle aynı etkileri verir, fakat karbondioksit miktarı arttırıldığında oluşacak penetrasyon şeklinde bir artış olacaktır (Şekil 4.19.b). Sprey transferi için en yaygın karışımlar Argon içine % 5, 8,

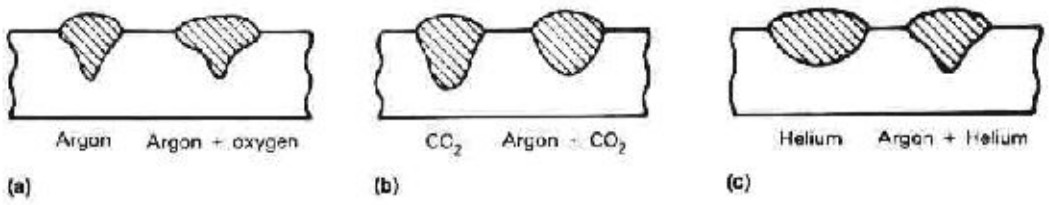
10 veya % 13 ile 18 karbondioksit eklenmesiyle elde edilir. Karbondioksit oranının artmasıyla çok akışkan olan kaynak banyosu, yüksek kaynak hızlarına izin verir. Yüksek oranlarda karbondioksit içeren karışımlar (genellikle argon içinde % 20- 25 karbondioksit bulunur) kısa devre transferinde kullanılır.

Karbondioksit yüksek ısıl iletkenliği (içindeki elemanların disosasyon ve rekombinasyonundan dolayı) sayesinde ana malzemeye argonun taşıdığı ısı miktarından daha fazlasını transfer eder. CO_2 argonun sağladığı penatrasyona göre geniş bir penetrasyon alanı sağlar ancak ana malzemede distorsiyon ve süreksizlikler oluşma olasılığını arttırır (Cary, 1989).

4.5.2.6. Argon-Helyum

Her iki gazın da avantajlarından yararlanabilmek için argon sık sık helyum ile karıştırılır. Bu karışımlar genellikle demir dışı alüminyum, bakır ve nikel gibi metallerin kaynağında kullanılır. Helyum ana malzeme üzerine gönderilen ısıyı arttırır böylece yüksek ısıl iletkenliğe sahip kalın levhaların birleştirilmesinde kullanılır. Helyum oranı arttıkça ark voltajı, sıçrama miktarı ve kaynak genişliğinin nüfuziyete oranı artar (Şekil 4.19.c).

En sık kullanılan argon-helyum gaz karışımları içinde % 25-50 ve 75 helyum bulunanlardır. Helyumun en yüksek oranlardaki karışımı, kalın (50 mm veya 2 in.) plakalarda özellikle alüminyum ve bakır malzemelerin kaynağında kullanılır. Yüksek kaynak hızları helyum miktarının arttığı gaz karışımlarıyla elde edilir.



Şekil 4.19. Doğru Akım Elektrod Pozitif kutupta kullanılarak yapılan kaynaklarda kaynak profili üzerine koruyucu gaz karışımlarının etkileri

4.5.2.7. Argon-Oksijen-Karbondioksit

Üç gaz içeren bu gaz karışımı Kısa devre, damlasal ve sprey transfer şekillerinde kaynak yapabilmeyi mümkün kılmaktadır. Bu karışımları doğru kullanmak için üreticilerin tavsiyelerine uymak gerekir. Argon-Oksijen-Karbondioksit karışımları karbonlu ve alaşımlı çeliklerin kaynağında kullanılır.

4.5.2.8. Argon-Helyum-Karbondioksit

Islatma özelliği, kaynak banyosunun akışkanlığını arttıran argona helyum ve karbondioksit eklenerek ana metale verilen ısı arttırılır. Helyuma karbondioksit eklendiğinde, karbonlu ve düşük alaşımlı çeliklerin kaynağı da en az %40 daha iyi sprey transferi oluşur. Bunun yanında ana metal yüzeyinin kirlenmesinde biraz arttma görülür.

Helyum oranı %50, 60'ı geçtiğinde transfer şekli kısa devre ve damlasal transfer ile sınırlanır. İçinde düşük oranda Karbondioksit ($\leq$ %5) bulunduran karışımlar korozyon direncinde bir kayıp olmaksızın paslanmaz çeliklerin kaynağında kullanılır.

4.5.2.9. Argon-Karbondioksit-Hidrojen

Ostenitik paslanmaz çeliklerin sprey ve kısa devre transfer biçimlerinde kaynak edilmesi için elde edilmiş karışımdır. Hidrojenin eklenmesinden dolayı bu karışımlar karbonlu çeliklerin kaynağında kullanılamazlar. Çok yüksek kaynak hızlarına çıkılsa bile, karbondioksit ve hidrojen ana metale ısı girişini arttırır ve kaynak damlası şeklini iyileştirir (Lyttle, 1998).

Hidrojen, asal gazlara eklendiğinde ana metale taşınan ısı miktarının artmasına neden olmakta, bu nedenle de kesme veya oluk açma işlemlerinde çoğunlukla kullanılmaktadır.

Genellikle paslanmaz çeliklerin kaynağı ve plazma kesme gibi bazı özel uygulamalarda kullanılamazlar. Çünkü bazı malzemeler Hidrojen temelli kombinasyonlara karşı hassastır (H_2 gevrekliği).

5. GAZ ALTI KAYNAK ELEKTROTLARI

Gaz altı kaynaklarında kullanılan elektrodları 2 temel başlık altında incelenebilir. Bunlar İçi dolu tel elektrodu ve Özlü elektrodlardır.

5.1. İçi Dolu (Masif) Tel Elektrod

Ergiyen elektrodlu gazaltı kaynağında metal tel elektrodlar kullanılır. Sürekli elektrod diye tabir edilen bu elektrodlar, kural olarak kaynak yapılan metalle aynı tür veya benzer kimyasal bileşime sahip olup, soğuk çekme işlemiyle elde edilirler. Bu işlem için başlangıç ürünü, 5,5 ile 6,0 mm çapında sıcak haddelenmiş tellerdir.

Çekme işlemi başlamadan önce, sıcak haddelemeden kalan yüzey oksitlerinin temizlenmesi için bir dağlama veya mekanik temizleme işlemi uygulanır. İmalat işleminin akışı sırasında bir bakır kaplama yapılması gerekir. Bir kademede büyük bir kesit küçülmesi sağlamak mümkün olmadığından çekme işlemi çok kademeli olarak gerçekleştirilir. Bu sırada telin içyapısında deformasyon sertleşmesi oluşur ve mukavemet artar, bu nedenle genellikle tele ara tavlamalar uygulanır. Ara tavlamalar 600 ile 650 $^{\circ}$C arasında bir rekristalizasyon tavından oluşur. Bu işlem sırasında tellerin yüzeyinde yeniden oksit oluşumunu önlemek için tavlama işlemi fırında vakum ortamında veya koruyucu gaz altında yapılır.

Böylece yumuşayan teller son ölçülerine getirilmek amacıyla bir “bitirme çekmesi” işlemine tabi tutulur.

Son çekmeden önce tellerin bakır kaplanması gerekir. Bu işlem, elektrolitik yöntemle veya galvanik bakır kaplama yöntemiyle gerçekleştirilir. Her iki durumda da tel, bakır içeren bir banyoya, örneğin bir bakırvitriol/sülfirik asit çözeltisine daldırılır. Bu banyo içinde Bakır sülfat, yüzeyden demir atomlarını çözer, yerine çözeltiden bakır iyonları geçer.

Elektrolitik bakır kaplamada, yüzey tabakasının kalınlığı uygulanan gerilimden etkilenirken, galvanik kaplamada bu kalınlığı, çözeltide tutma süresi

belirler. Her iki yöntemde de oluşan bakır tabakası pürüzlü ve gözeneklidir. Bu nedenle sonradan bir "bitirme çekmesi" ile pürüzsüzleştirilir ve daha yoğun hale getirilir.

Bakır tabakası, akım memesindeki geçiş direncini ve tel ilerletme mekanizmasındaki sürtünmeyi azaltır ve yeterli yoğunlukta ise, çelik teli atmosferik korozyona karşı korur.

Bitirme çekmesinden sonra teller ya doğrudan makaralara sarılır veya, daha sonradan makaralara sarılmak üzere yaklaşık 300kg'lık ara sarımlar haline getirilir. Masif elektrodlarla kaynakta yüksek ark sıcaklığı nedeniyle karbondioksit

$$2\ CO_2 \Leftrightarrow 2CO + O_2 \qquad (5.1)$$

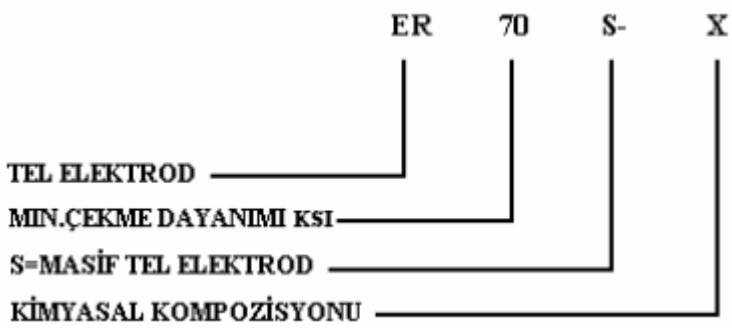
Denklemindeki gibi karbonmonoksit ve oksijene ayrışır, yani oksitleyici bir etki vardır. Dolayısıyla bir yandan silisyum ve manganezin yanma kayıplarını karşılamak, diğer taraftan gözenek oluşumunu önlemek için, kaynak teli metaline yeterli miktarda Si ve Mn katılır.

Burada kaynağın iyi bir şekilde yapılabilmesi için masif elektrodların bazı özellikleri de göstermesi gerekmektedir.

- Tel yuvarlak olmalı ve çapı belli toleranslar içinde bulunmalıdır, aksi halde dar toleranslarla işlenmiş anot memesinden telin geçişinde zorluklar olabilir.
- Telin yüzeyi düz, temiz ve metal parlaklığında omalıdır. Yüzeyinde oksit, yağ pas ve kir bulunmamalıdır.
- İyi bir elektirik akımı geçişi ve daha iyi bir korozyon direnci için gerekli olan bakır kaplama çok iyi yapılmış olamlıdır.
- Tel, makaraya özenle sarılmalı, mekanik hasarlardan ve bükülmelerden korunmalıdır.

Ark uzunluğuna ve damla geçiş şekline, kullanılan gazın saf CO_2 veya karışım gaz olmasına bağlı olarak elektrod bileşiminde bulunan silisyumun %60'a ve manganın %50'sine varan miktarları yanar. Mekanik özelliklerinin kontrolü bakımından Cu en *fazla %0,3, Al≤%0,02 , V ≤ % 0,05, Zr + Ti ≤ % 0,15, Cr, Ni* ve

Mo ≤ % 0,15 olmalıdır. Kararlı bir ark ve düzgün kaynak görünüşü için elektrod çap toleransı tel çekme sırasında oluşan burulma ve helisleşme miktarları iyi kontrol edilmeli ve özellikle ince elektrodlar için (0,6-0,8 mm) tel sertliği yeterli olmalıdır. 0,8-1,2 mm arasındaki elektrodlar için çap toleransı 0,01-0,03 mm dir. 1,6-2,4 mm için 0,01- 0,05 mm'ye müsade edilebilir.



Şekil 5.1. Masif tel eletktrodların AWS'ye göre gösterilişi (AWS Committee on Structural Welding,1996)

Şekil 5.1.'de E simgesiyle tel elektrodun MIG/MAG kaynak yönteminde kullanıldığı, yanındaki R harfiyle de bu elektrodun aynı zamanda TIG kaynağında da kullanılabileceğini göstermektedir.

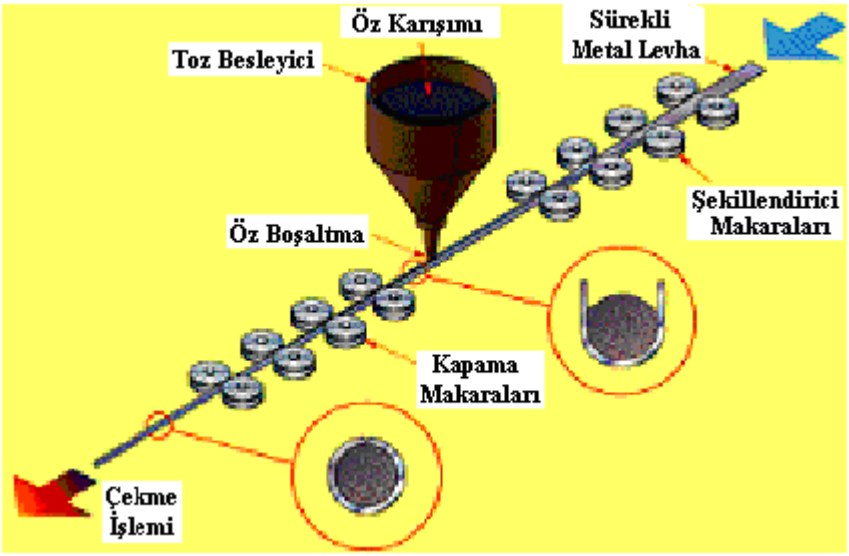
5.2. Özlü Elektrodlar

MIG/MAG kaynağında kaynak teli bileşimi esas metalin bileşimine uygun bir kaynak metali verecek şekilde ayarlanmıştır. Kaynak teli, koruyucu gaz olarak karışım gaz veya karbondioksit kullanılması halinde, ark bölgesinde karbondioksitin ayrışması sonucu ortaya çıkan oksijenin etkisini ortadan kaldırmak, kaynak banyosunu deokside etmek ve kaynak banyosundaki oksitlerin karbon tarafından redüklenmesini önlemek, esas metalden gelen kükürt ve fosforun olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak için de bileşiminde birtakım alaşım elementleri içermek zorundadır.

Bu nedenlerden dolayı bazı metal ve alaşımların kaynağı için istem azlığı bu tellerin üretimini ekonomik kılmamaktadır. Bazı metal ve alaşımların ise sertlik ve gevreklikleri nedeniyle tel haline getirilmeleri teknolojik olarak mümkün değildir.

Özlü tel elektrod ile kaynak yöntemi esas olarak normal masif elektrodla MIG/MAG kaynağında olduğu gibi dolu tel yerine içi öz diye adlandırılan ve örtülü elektrodların örtüsü görevini gören bir madde ile doldurulmuş boru şeklinde elektrod kullanılan bir MIG/MAG kaynak yöntemidir.

Özlü tel elektrodların üretiminde çelik şerit ilk aşamada haddelenerek bir U enkesitine sahip hale getirilir. Daha sonra içine mineral ve metalik öz doldurulur. Boylamasına eşit ölçülü bir dolgu sağlamak için bir dozaj cihazının kullanılması gerekir. Sonra U-enkesitine sahip şerit, kenetli borunun kapatılması için tekrar çekilerek kapatılır ve soğuk çekme veya haddeleme ile istenen son çapa getirilir.

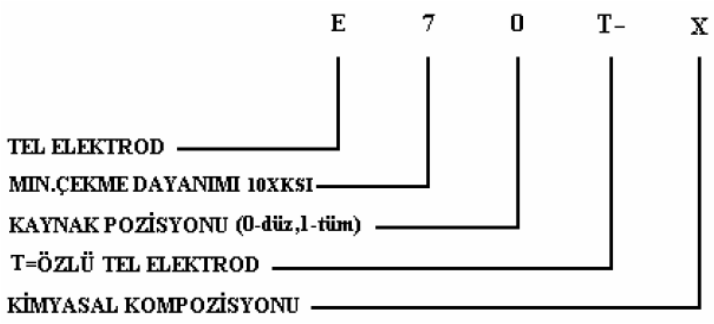


Şekil 5.2. Özlü tel imalatının akış şeması

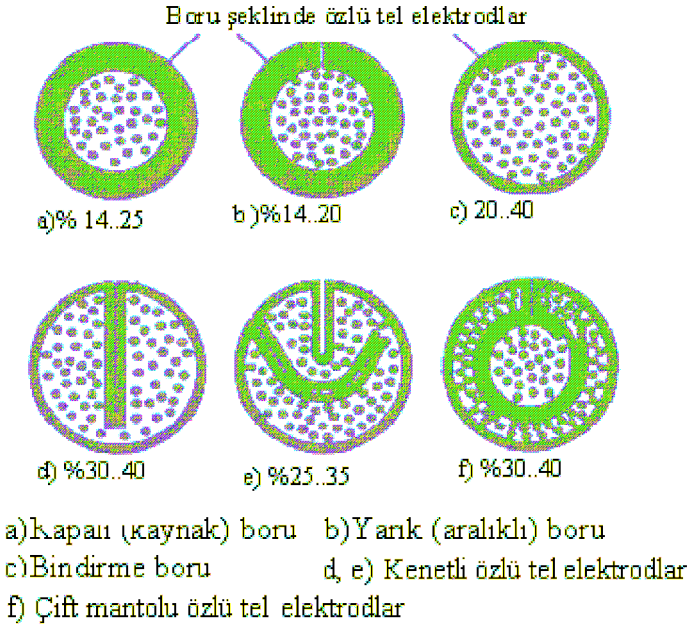
Bu elektrodların sağladıkları üstünlükler şunlardır:

- Yüksek bir ergime hızına sahiptirler, dolayısıyla daha yüksek kaynak hızlarında kullanılabilirler.
- İnce çaplı elektrodlar kullanılarak her pozisyonda kaynak yapılabilir.

- Bazı tür özlü elektrodlarda koruyucu gaz kullanımına gerek yoktur, bu da tesisatın basitleştirilmesine olanak sağlar.
- Örtülü elektrodların bütün avantajlarına sahiptirler. Buna karşın, koçan kaybı elektrod değiştirme zamanı kaybı gibi dezavantajları yoktur.



Şekil 5.3. AWS A.5.20.'ye göre özlü elektrodların gösterilişi (AWS Committee on Structural Welding,1996)



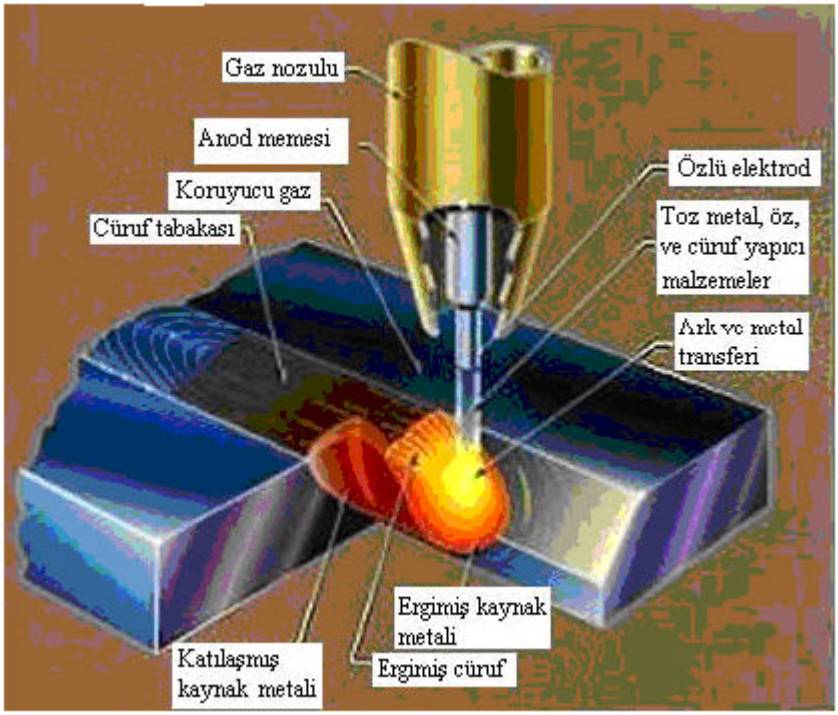
Şekil 5.4: Uygulamada özlü tel elektrod kesitleri (Gülsöz, 2000)

Özlü elektrod ile kaynak uygulamalarında, boru şeklinde eriyen elektrod ile iş parçası arasında oluşan ark, kaynak için gerekli ısıyı sağlar, iyonize olmuş gaz ortamını kateden elektirik akımı arkı oluşturur; Gerilim altında gaz molekülleri ayrışır ve atomlar elektron kaybederek iyonlaşır. Bu şekilde pozitif gaz iyonları,

pozitif kutuptan eksi kutba elektronlarda negatif kutuptan pozitif kutba doğru hızla hareket eder. Ark ısısının % 95'i elektronlar %5' i iyonlar tarafından taşınır ve arkın sıcaklığı gerek elektrodun ve gerekse de iş parçasının erimesini sağlar.

Kaynak bölgesinde ergimiş metal ya dışarıdan uygulanan bir koruyucu gaz örtüsü, ya da özün dekompozisyonu sonucu ortaya çıkan bir koruyucu gaz atmosferi tarafından korunur; Görüldüğü gibi burada öz, aynen örtülü elektrodtaki örtünün görevini üstlenmektedir.

Erimiş elektrod metali ark tarafından kaynak banyosuna taşınır ve katılaşan banyo üzerinde de kolaylıkla temizlenbilen bir cüruf tabakası oluşur (Şekil 5.5.) (Gürcan, 1985).



Şekil 5.5. Özlü tel elektrod ile kaynakta ark bölgesi

Doğru akım kullanılan özlü elektrod uygulamalarında ters ve düz kutuplama yapılabilir. Koruyucu gazla beraber kullanılan türdeki elektrodlar genellikle ters kutuplama ile kullanılırlar, ters kutuplamada (elektrod pozitif kutupta) daha derin nüfuziyet elde edilmektedir.

Özlü elektrod ile kaynak donanımı prensip olarak bir MIG-MAG donanımıdır. Özlü elektrodlar ile kaynakta koruyucu gazla kullanılması halinde asal, aktif veya karışım gazlar kullanılmaktadır.

Aktif koruyucu gaz olarak özlü elektrod ile kaynakta CO_2 kullanılır. Kaynak arkında $2\ CO_2 \Leftrightarrow 2CO + O_2$ şeklinde ayrışma gösterir ve oksitleyici bir karaktere sahip bu gazın etkisi, öze katılmış olan deoksidasyon elementlerince karşılanır ve oluşan oksitler banyonun yüzeyinde toplanarak cürufa katılır. CO_2 nin koruyucu gaz olarak kullanılması halinde, elektrodun kaynak banyosuna kaynak metali iletimi damlasal geçişle olur.

Argon+CO_2 karışımlarının kullanılması ile sıçarama minimuma iner ve elektrodların iş parçasına kaynak metali iletimi de daha ince damlalar halinde olur. Özlü elektrodlarda koruyucu gaz olarak % 75 Argon- %25 CO_2 karışımı da kullanılır. CO_2 ile kullanılmak üzere üretilmiş özlü tellerin bu tür karışım gazlar ile kullanılması halinde kaynak dikişi mangan, silisyum ve diğer deoksidasyon elementlerince zenginleşir ve bu da mekanik özellikleri etkiler. Argon oksijen karışımları kaynak metalinin arkta sprey şeklinde taşınmasını sağlar sıçrama en aza iner; bu karışım gazlar özellikle paslanmaz çeliklerin kaynağında kullanılır.

Özlü elektrod ile kaynakta, elektrod seçiminde şu hususlar gözönünde bulundurulur:

- Esas metalin mekanik özellikleri,
- Esas metalin kimyasal bileşimi,
- Kaynak pozisyonu,
- Kaynak akımı,
- Kaynak ağız dizaynı,
- Parça kalınlığı ve geometrisi,
- Kullanma koşulları ve şartları,
- İmalat ve işletme şartları.

Özden beklenen görevler şunlardır:

- Kaynak banyosunun kimyasal bileşimini ayarlayarak kaynağın mekanik, metalurjik ve korozyon özelliklerinin sağlanması,

- Kaynak banyosunu atmosferdeki azot, oksijen ve hidrojenden koruyarak sağlıklı bir kaynak metalinin oluşmasının sağlanması,
- Cüruf-Banyo reaksiyonları ile kaynak banyosundaki yabancı maddelerin en aza indirilmesi,
- Sıvı banyo üzerinde bir cüruf oluşturup soğumayı kontrol altında tutmak, çeşitli pozisyonlarda kaynak yapmaya olanak sağlamak ve kaynak dikişi yüzünün formunu kontrol altında tutmak,
- Arkın stabilizasyonunu sağlamak, sıçramayı azaltmak, erime hızını sabit tutmak (Engindeniz, 1995).

Bütün ergitme kaynak yöntemlerinde olduğu gibi, özlü elektrodla ark kaynağında da kaynak ağzı hazırlamak gereklidir. Bu yöntemde kaynak ağzı dizayn edilirken göz önünde bulundurulması gereken en önemli husus koruyucu gaz kullanılıp kullanılmayacağıdır.

Koruyucu gaz kullanılması halinde daha iyi bir nüfuziyet elde edildiğinden, daha dar bir kök aralığı ve daha yüksek bir kök yüksekliği seçilir. Ağız açısı genelde örtülü elektrodla kaynaktakine göre daha dardır. Ağız dizaynında diğer kaynak yöntemlerinde olduğu gibi kaynatılan metalin türü, kalınlığı, birleştirmeden beklenen mukavemet, kaynak pozisyonu, dikişin bulunduğu yere erişilebilirlik gözönünde bulundurulmalıdır.

Uygulamada özlü tel elektrod ile kaynak yönteminin sağladığı avantajları şöyle sıralayabiliriz:

- Basit kaynak ağzı hazırlığı gerektirir,
- Yüksek ergime hızına sahiptir, daha az paso ile kaynak yapma olanağı sağlar,
- Derin nüfuziyetli ve yüzey düzgünlüğü çok iyi kaynak dikişleri elde edilir,
- Özel ön temizleme işlemlerine gerek göstermeden, oksitli, paslı yüzeylerin dahi kaynak edilmesine olanak sağlar,
- Öz içine ilave edilen alaşım elementleri yardımı ile her malzeme için istenilen bileşimde kaynak metali verecek elektrod üretmek

mümkündür; ayrıca teknolojik bakımdan tel halinde çekilemeyen alaşımlar içinde benzer şekilde elektrod üretmek mümkündür.

- Birçok alaşımlı çeliği argon yerine karbondioksit kullanarak kaynatmak mümkündür,
- Elektirik enerjisi tüketimi diğer yöntemlere göre daha azdır,
- Doldurma işlemlerinde koruyucu gaz kullanmadan kaynak yapılarak doldurulan kısımlarda nitrürler oluşturup, aşınmaya daha dayanıklı dolgular elde edilir.

Özlü tel elektrodlar ile kaynak yöntemi sahip olduğu üstünlükler ve sunduğu çeşitli kolaylıklar nedeniyle her geçen gün uygulama alnını genişletmektedir (Tülbentçi, 1990).

5.3. Elektrot Seçimi

Elektrot ve koruyucu gaz birleşimi sonucunda ortaya çıkan kaynak metalinin bileşimi, gereken mekanik ve fiziksel özellikleri karşılamak zorundadır.

Elektrod seçimini etkileyen en önemli faktör esas metalin fiziksel ve mekanik özellikleri ile kimyasal bileşimidir. Esas metalin bu özellikleri bilinmediği zaman görünüşü, ağırlığı, magnetik özelliği ile kama testi, kırma ve kıvılcım testi gibi basit atölye testleri ile bu konuda bir fikir edinebilirse de, özellik gerektiren işlerde, kimyasal bileşimin muhakkak bir analiz ile saptanması gereklidir. Elektrod seçimi aşağıda belirtilmiş olan kriterler gözönünde bulundurularak yapılır;

1. Esas metalin mekanik özellikleri: Bu kritere göre elektrod seçimi, genellikle esas metalin çekme ve akma mukavemeti gözönüne alınarak yapılır; bazı durumlarda, özellikle ferritik çeliklerin kaynağında malzemenin kırılma tokluğunun da (çentik darbe mukavemeti) gözönüne alınması gereklidir.

2. Esas metalin kimyasal bileşimi: Esas metalin kimyasal bileşiminin bilinmesi, özellikle renk uyumunun, korozyon direncinin, sürünme direncinin, elektiriksel ve ısıl iletkenliğinin sözkonusu olduğu hallerde gereklidir. Bunun yanısıra çelikler halinde, ısının tesiri altında kalan bölgede, sertleşme oluşup

oluşmayacağının önceden belirlenmesi bakımından da esas metalin kimyasal bileşiminin bilinmesi gereklidir. Genel olarak sade karbonlu ve az alaşımlı çelikler halinde elektrod seçiminde, esas metalin kiyasal bileşimi en önemli faktördür.

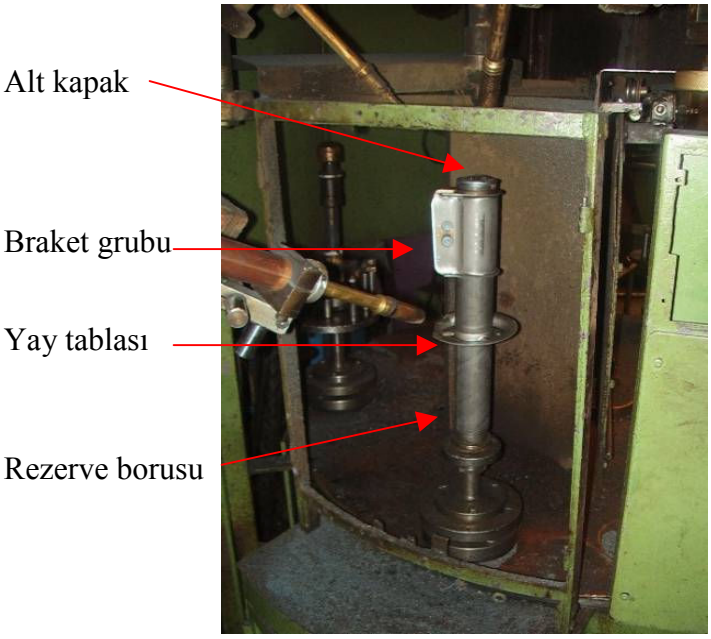
3. Koruyucu gazın türü: Koruyucu gaz olarak asal gaz veya karışımlarının kullanılması halinde bir yanma kaybı sözkonusu değildir; buna karşın bir aktif gaz, örneğin karbondioksit veya aktif gaz + asal gaz karışımı kullanılması halinde birtakım yanma kayıpları ile karşılaşılır. Aktif gaz kullanılarak çeliklerin kaynatılması halinde az miktar demir, oksijen tarafından oksitlenir ve ortaya çıkan demir oksit de bileşimindeki mangan ve silisyum tarafından redüklenir; buradaki silisyum ve mangan kaybı elektrot tarafından karşılanmak zorundadır, bu nedenle çeliklerin kaynağında MIG yöntemi için geliştirilen elektrodlar MAG yönteminde kullanılamaz.

4. Esas metalin kalınlığı ve geometrisi : Kaynakla birleştirilecek parçaların, kalın kesitli veya karışık kesitli olmaları halinde, çatlamanın önlenebilmesi için kaynak metalinin sünek olması gereklidir; bu durumlarda en iyi sünekliği sağlayan, en iyi kaynak metalini oluşturacak şekilde bir elektrot seçilmelidir (Tülbentçi, 1990).

Kaynaklı yapının aşırı düşük veya yüksek sıcaklıklarda, korozif ortamlarda çalışmasının gerekli olduğu hallerde, kaynak metalinin her bakımdan esas metalin özelliklerini yansıtması gerekmektedir. Ayrıca kaynak metalinin bazı ileve özelliklere sahip olması istenebilir ve bu husus da elektrot seçiminde çok önemli bir rol oynar.

6. MEKANİK AKSAMLI MAG KAYNAK KABİNİ

Proje seçiminde ZF SACHS Süspansiyon Sistemleri A.Ş. şirketinde yaşanan bir problemin çözümü için mekanik aksamlı bir makine irdelenmiştir. Bu makinede Ön amortisörlerin rezerve borusu, braket grubu, alt kapak ve Yay tablası MAG kaynağı kullanılarak birleştirilmekteydi.



Şekil 6.1. Döner tablalı MAG kaynak kabininde birleştirilen parçalar

MAG kaynağı yapıldıktan sonra, elde edilen sonucun istenen sonuç olup olmadığının tespiti için çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bunlar arasında dinamik testler (Durability), Yük Darbe testi (Impact), Çekme testi (Elongation), Görsel testler ve Nüfuziyet (Penetration) testleri yer almaktadır. Tez konusu olan firmada Dinamik ve Nüfuziyet testlerinde sabit bir sonuç elde edilmesi anlamında epeyce zorluk yaşanmakta, bu zorluktan dolayı zaman, işçilik, ekipman dolayısıyla para kaybedilmekteydi. Sorun tam anlamıyla incelendiğinde 2 ana başlık altında tespitte bulunulmuştur. Öncelikli olarak kaynak ayarları yapılırken 4 eksenden kaynak ayarı yapılmakta ve cıvata ile ilgili torch düzeneğinin sabitleştirilmesi sağlanmaktaydı. Fakat üretim esnasında hem malzeme yorulması hem dönme hareketlerinden ötürü sarsıntı oluşmakta buda seri imalatta ayar düzeneğinin bozulmasına sebebiyet vermekte idi.

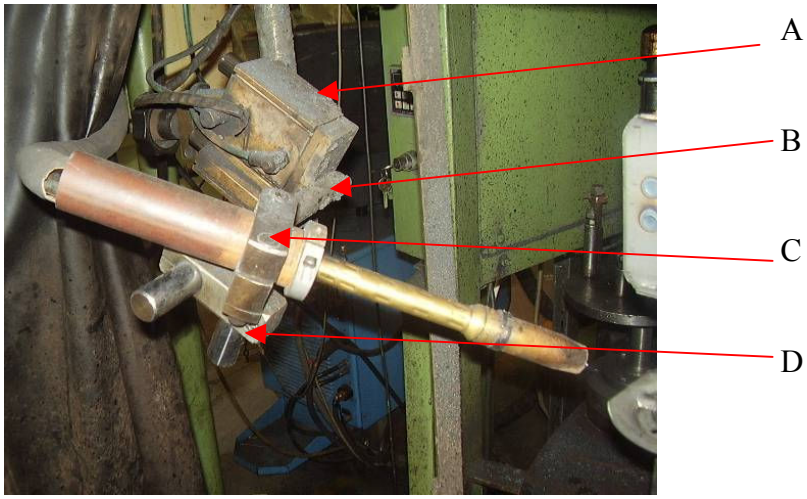
Şekil 6.2. Mekanik ayarlamalı, Döner tablalı MAG kaynak kabini

Ayrıca kaynağın otomotiv sektöründe de emniyet kategorisi içinde yer almasından ötürü, kontrol altında tutulması zaruridir. Yani, numune üretimleri esnasında kaynak parametreleri ayarlanır ve toleransları belirlenir. Fakat kaynak düzeneğinin yeterince sabit olmamasından ve de operatörler değiştikçe aynı kaynak ayarının tutturulamamasından dolayı (mekanik ayarlama) bu proses parametreleri içerisinde kalınamamaktaydı.

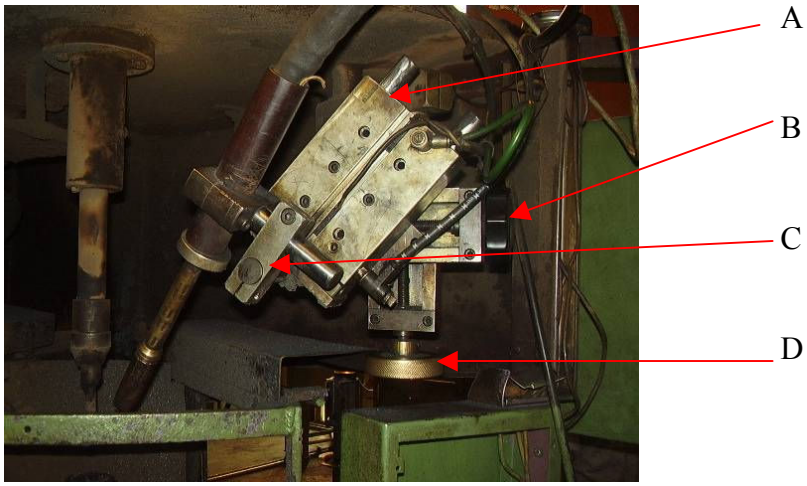
Bundan dolayı kaynak makineleri sürekli arıza vermekte, üretim adetleri düşmekte, tip değişimleri aşırı zaman almaktaydı.

İlgili firmada son bir yılki üretimler incelendiğinde vardiya başına düşen üretim adedi 1062 adettir.

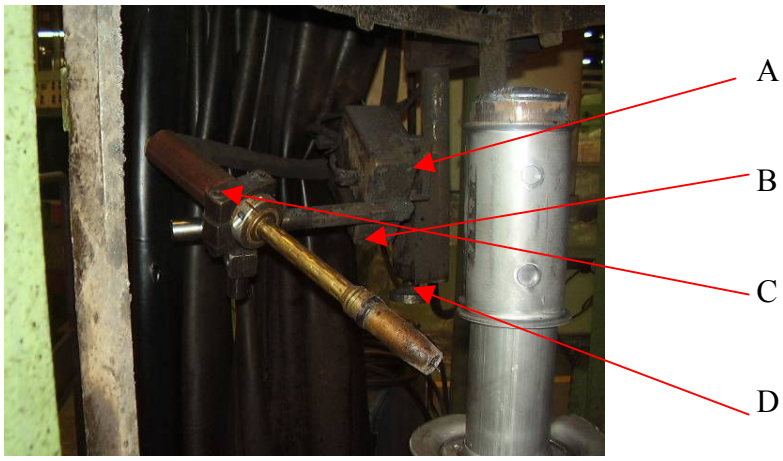
Yay tablası kaynak ayar noktaları Şekil 6.3'te yer almaktadır. Aynı şekilde Alt kapak kaynak ayar noktaları Şekil 6.4'te ve Braket grubu kaynak ayar noktaları ise Şekil 6.5' gösterilmiştir.



Şekil 6.3: Yay tablası kaynak ayar noktaları



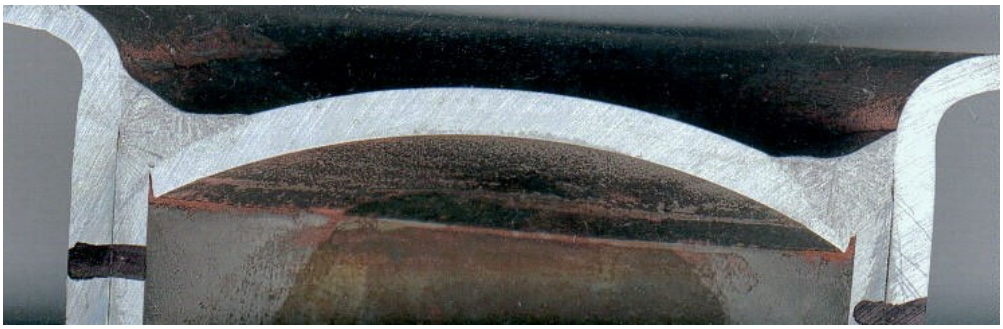
Şekil 6.4: Alt kapak kaynak ayar noktaları



Şekil 6.5: Braket grubu kaynak ayar noktaları

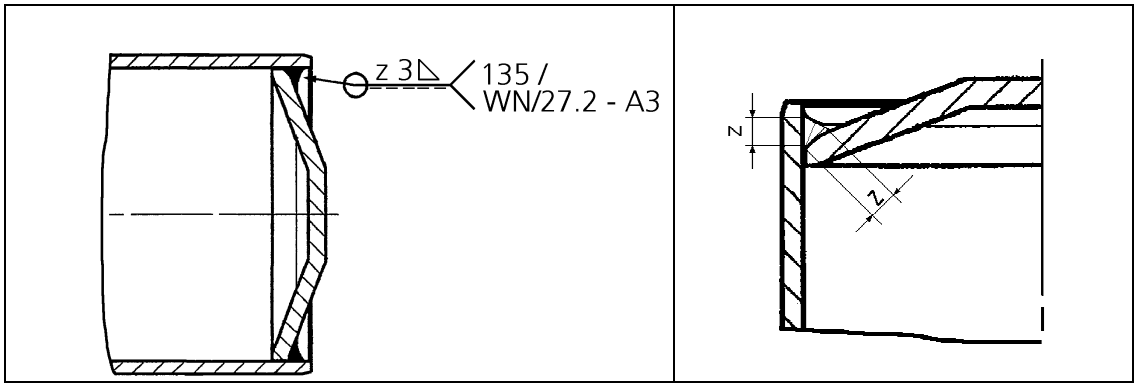
Döner tablalı MAG Kaynak kabininin mekanik aksamı da kaynak platformunun tümüyle dönme prensibine dayalı oluşundan ötürü, aşırı enerji tüketimi yaşanmakta ve de sürekli olarak arıza vermekteydi.

Şekil 6.6 da da detayı yer alan mekanik balans probleminden ötürü sürekli olarak kaynak noktalarında dengesizlik sorunuyla karşı karşıya kalınmakta idi. Şekil 6.6 yer alan numune incelendiğinde sol tarafta elde edilen nufuziyet miktarı ile sağ tarafta elde edilen nufuziyet miktarının paralellik taşımadığı tesbit edilebilir.



Şekil 6.6: Ön amortisör rezerve grubu MAG kaynağı sonrası nufuziyet görünümü

Rezerve grupları üretimi esnasında penetrasyon miktarları şirket bünyesinde yer alan Sachs kaynak normlarına göre değerlendirilmektedir. Şekil 6.7. de tipik bit alt kapak MAG kaynak teknik çizimi bulunmaktadır.



Şekil 6.7. Ön amortisör rezerve grubu alt kapak MAG kaynağı Resimsel görünümü

O	= Kaynağın 360 ^{0} olması gerekliliği
Z3	= Kaynak Kalınlığı minimum 3 mm olmalı
135	= MAG Kaynağı
WN/27.2	= MAG Kaynak Normu
A	= Emniyet İşareti
A3	= 3. Sınıf bir kaynak

(ZF Sachs Welding Norm Wn11-27 [1]2.1b", (2005))

7. OTOMATİK KAYNAK MAKİNASI

Mekanik aksamlı MAG kaynak kabininde bir rezerve grubu tip değişiminde toplam 12 noktadan ayar yapılmaktaydı. Tip değişimlerinde harcanan zaman ise ortalama olarak 50 dakika idi ve bu süre zarfı ve işlemin verimliliği tamamiyle çalışan operatörün ustalığına bağlıydı. Kaynak ayarlarının kolaylıkla yapılması, yapılan kaynak ayarının operatör değişimine bağlı kalınmaksızın tekrarlanabilmesi, böylelikle sürekli aynı neticenin alınması zaruriyet teşkil etmekteydi. Bir başka deyişle istenilen işi yapmak üzere birçok fonksiyonları yerine getirebilen ve yeniden programlanabilen bir makine yapılması gerekmekteydi. Bu noktada anahtar kelimeler yeniden programlanabilen ve manipülatördür. Manüpülasyon, çeşitli objelerin yerini değiştirmek anlamına gelir.

7.1. Tahrik Mekanizmaları

Gelinen aşamada tahrik sistemleri araştırıldığında ortak özelikler olarak, hassas çalışma yeteneği, kolay kontrol edilebilmeleri gerekmektedir. Başlıca tahrik sistemleri olarak Hidrolik tahrikler, Pnömatik tahrikler ve Elektrikle tahrik sistemleri yer almaktadır.

Hidrolik sistemler yüksek güç/kütle oranına sahiptirler (100 bar basınç için 1kW/kg'dan büyük) ve belirli bir hız ile ivmelenme sağlayabilirler. Hidrolik tahriklerle ilgili ana problemler, akışkan kaçakları, işlem hassasiyetleri ve tekrarlanabilirliktir. Diğer bir ana problemde akışkan vizkozitesinin değişmesi ve sistemin zamanla ağır çalışması ve kullanılan akışkanın yangın tehlikesidir.

Pnömatik sistemler hidrolik sistemlere benzerler. Yalnız bunlarda düşük basınçlı, geri dönüşümlü şebekenin karmaşıklığı bulunmaz. Daha az hassastırlar ve hidrolik devrelerden daha ucuza temin edilirler. Yük taşıma kapasitesi düşüktür. Kaynak torcunun konumunun çok önemli olduğu kaynak uygulamalarında pnömatik sistemler uygulanmaz.

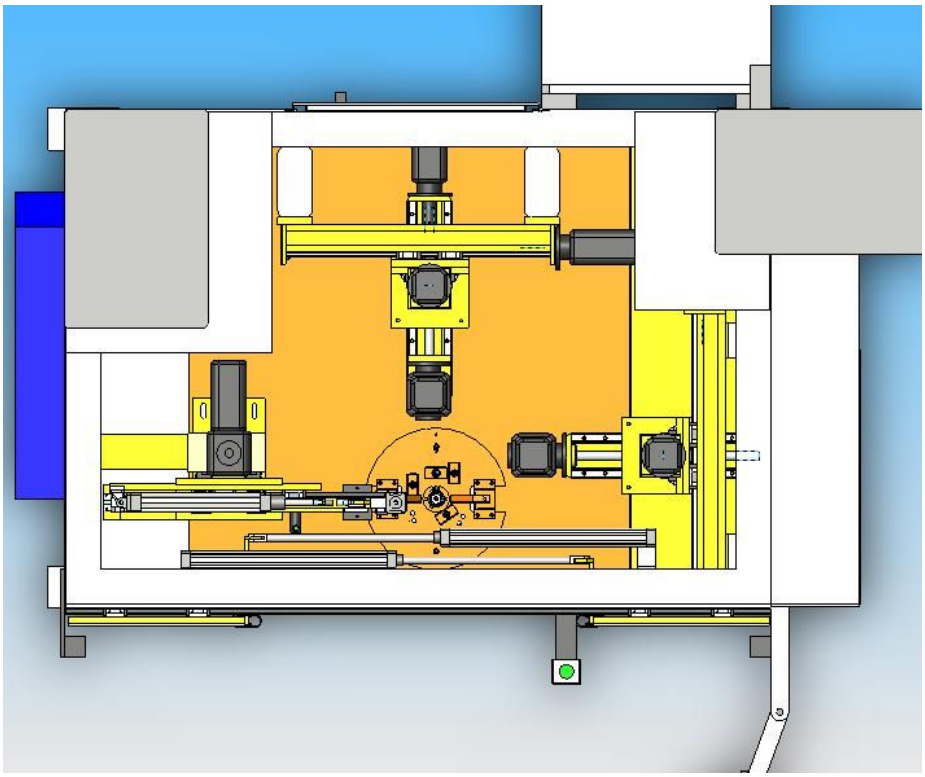
Elektrikle tahrik sistemleri her alanda olduğu gibi kaynak alanında da hidrolik cihazlara oranla tercih edilmektedir. Sebep olarak, kolay kontrol edilebilirlik, hız ve konum kontrolleri daha hızlı ve doğru bir biçimde yapılabilmesi sayılabilir. Bu gruba örnek olarak Adım (Step) motorları, kaynak dünyasında gittikçe artan bir oranda kullanıldığından, verilebilir.

Servo motorlu sistemlerin Asenkron sistemlerine oranla hız stabilizesinin sağlanmasında ciddi avantajları bulunmaktadır. Asenkron sistemlerde hız stabilizesi yapılması çok zordur, belli bir ağırlık altında hız kontrol edilemez ve 900 dev/dak altındaki hızlarda soğutma yapılması aşırı zorluk ihtiva eder. Bu sebeplerden ötürü yapılması planlanan sistemde bu çeşit bir motorun kullanılması verimsizlik doğuracağından elimine edilmiştir.

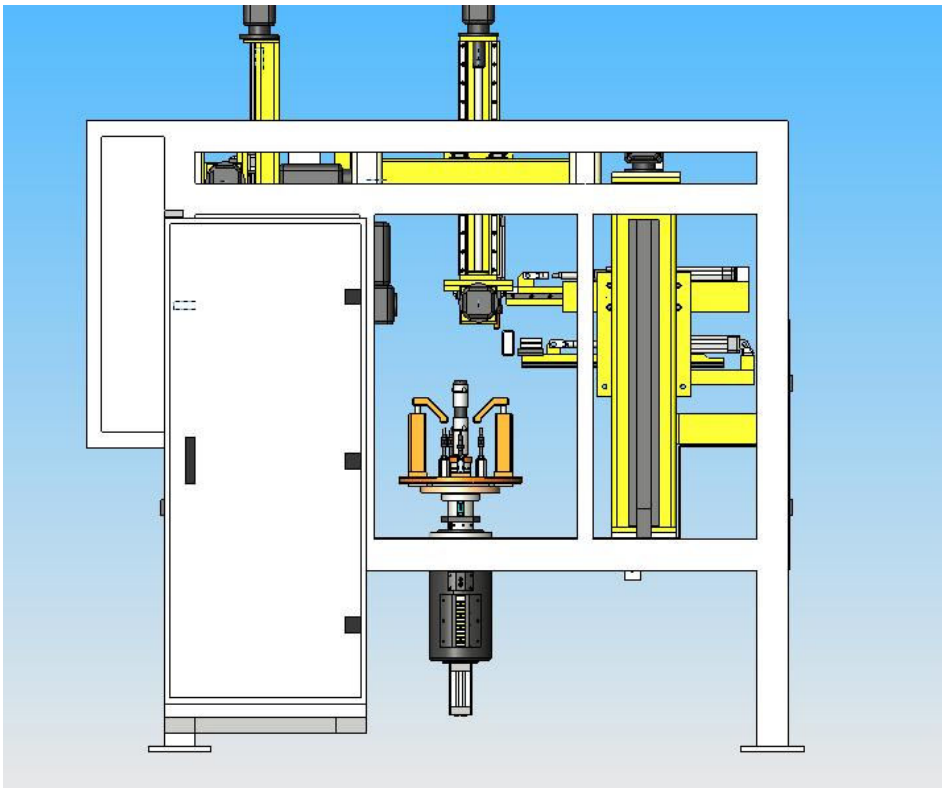
Bu sistemler kıyaslandığında MAG kaynak makinelerinde servo motorların kullanılmasının hem maliyet açısından hem de kaliteli bir kaynağın tekrarlanabilirlik özelliğine vakıf olması gerekliliğinden bir çeşit pozitif özellikleri olduğu ortaya çıkmaktadır. Servo motorlu sistemlerde resolver olarak enkoder kullanıldığından ötürü pozisyon bilgisi sistemler arasında taşınabilmektedir, böylelikle mekanik aksamın sürekli olarak hep aynı noktaya gitmesi kolaylıkla sağlanabilir.

İlaveten, Servo motorlar hem aynı hareketin tekrarlanabilir seviyesinden dolayı hem de taşıyacağı kaynak donanımlarının yarattığı ağırlığın değişmesi durumunda bile kendi kendini otomatik olarak hızlandırıp, yavaşlatabildiğinden makine kullanılması kararı alınmıştır.

Şekil 7.1 ‘de Servo kontrollü MAG kaynak kabininin üstten görünümü ve Şekil 7.2 ‘de önden görünümü yer almaktadır.



Şekil 7.1: Servo kontrollü MAG kaynak kabininin üstten görünümü



Şekil 7.2: Servo kontrollü MAG kaynak kabininin önden görünümü

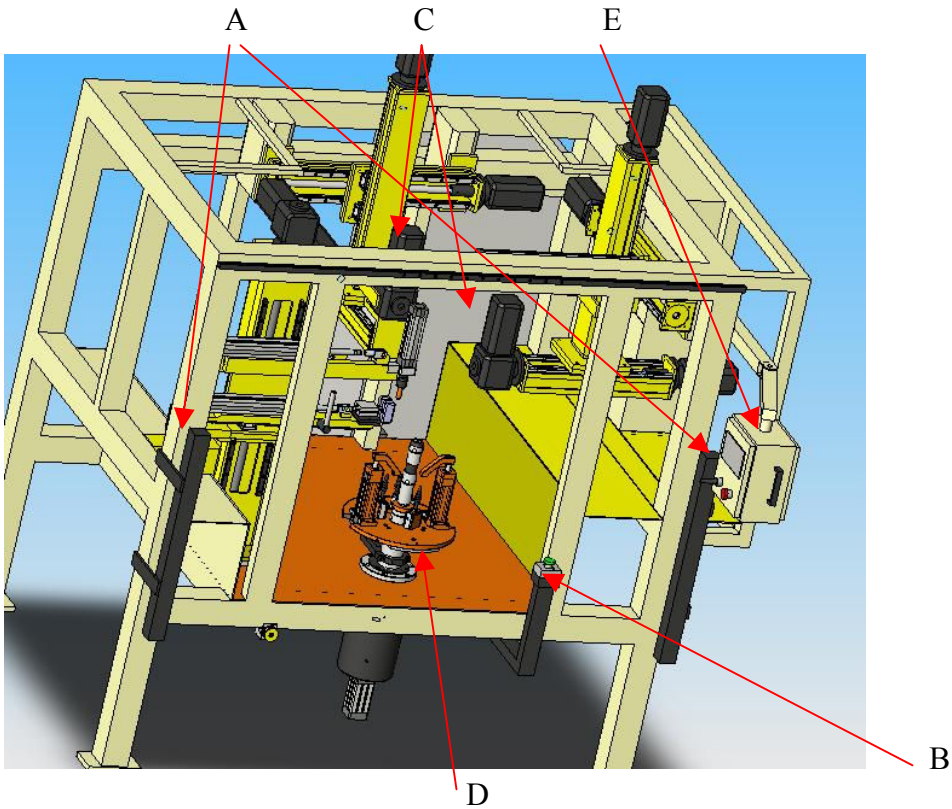
Servo motor kullanımı kararı alındıktan sonra yapılan tespitler neticesinde kullanılması öngörülen ve şirket standardında da yer alan CLOOS marka torç setinin kuğu boynu parçası da dâhil olmak üzere toplam ağırlığı maksimum 10 kg civarındadır. Güvenlik katsayısı da düşünüldüğünde kullanılacak servo motorların 2 Nm kuvvetinde olması gerekliliği sonucuna gidilmiştir. Bu aşamada kullanılan güvenlik kat sayısı 2 dir.

7.2. Mekanize ve Otomatik Kaynak Makineleri Arasındaki Farklar

Mekanize ve otomatik kaynak arasındaki fark parçanın bağlama düzeneğine yüklenmesi dışında donanımın tüm işlemi herhangi bir ayarlama ve kaynakçının kontrolünü gerektirmeden kaynak bağlantısının gerçekleştirilmesidir. Aşağıda otomatik kaynak sistemlerinin üstünlükleri yer almaktadır:

- Yüksek kaynak metali yığma ve yüksek kaynak hızı ile yüksek işletme faktörünün sağladığı yüksek verimlilik,
- Sürekli üniform ve öngörülen kalitede kaynak bağlantısı,
- Kaynak süresinin kesin saptanabilmesi ve insana bağlı olarak değişmemesini sağladığı kesin maliyet hesaplayabilme üstünlüğü,
- Dikişin oluşumuna kaynakçının maharet ve çabasının etkisinin en aza inmesi,
- Kaynak işlemi sırasında tehlikeli ve sağlıksız bölgeden uzakta bulunma olanağı,
- Daha düzgün görünüşlü ve daha az hata içeren kaynaklı bağlantıların elde edilmesi.

7.3. Servo Motor Kontrollü Mag Kaynak Kabin Bileşenleri



Şekil 7.3: Servo kontrollü MAG kaynak kabininin 3 boyutlu demontaj görünümü

A= 4. Seviye olan en üst seviyeye uygun güvenlik sensorları (Light barrier)

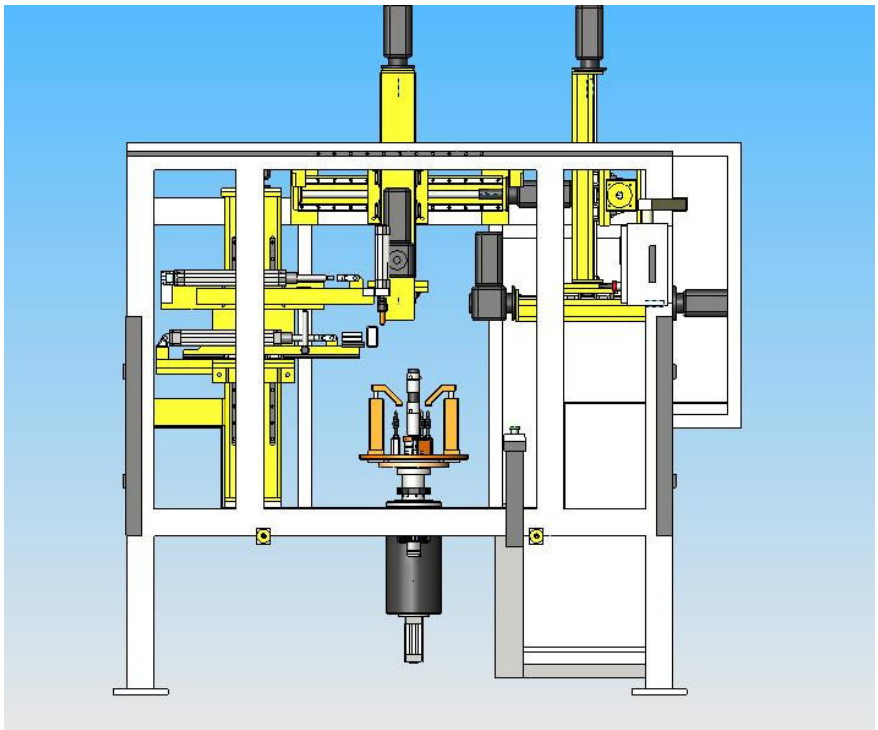
B= Başlangıç komutu veren buton

C= Makine de 2 ayrı sistemi tahrik eden 3 eksenli kartezyen sistemli servo motorlar

D= Kaynakla birleştirilecek tüm parçaların yerleştirildiği pnömatik sistem

E= Reçete sistemini barındıran kumanda monitörü

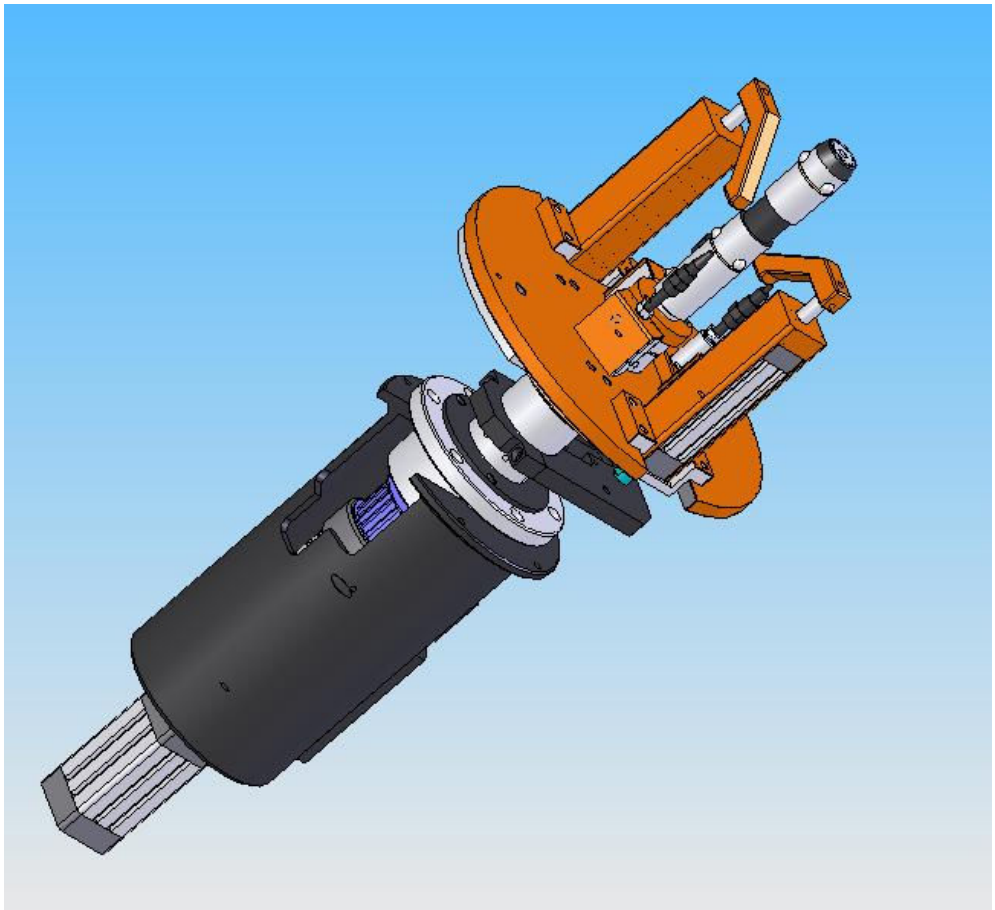
Servo Motorlu MAG kaynak kabini tasarlanırken öncelikle dikkat edilen husus, iş emniyet kuralları idi. Bu sebepten ötürü sebep her ne olursa olsun bu noktada alınacak herhangi bir uygunsuzluk sinyali, tüm mekanizmayı kilitleyecek, böylelikle herhangi bir iş kazasının önüne geçilmiş olacaktır.



Şekil 7.4: Servo kontrollü MAG kaynak kabininin demontaj önden görünümü

Şekil 7.5. Servo Motorlu Kaynak Kabin Kontrol Ünitesi

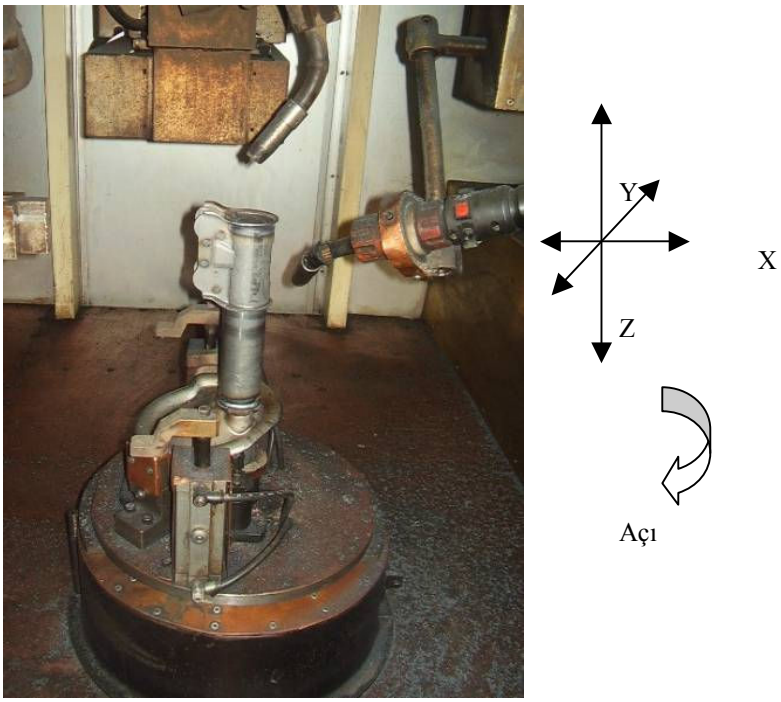
Servo motor kontrollü kaynak makinesinin mekanik aksamlı kaynak makinesine nazaran en önemli üstünlüğü, tip değişimlerinde reçete sistemi denilen programların tip bazında daha önceden bir defalığına hazırlanıp, hafızada saklanabilir özelliğini kullanıyor olmasıdır. Bu şu anlamına gelmektedir; Vardiya başına 3 tip değişim düşünüldüğünde vardiyada yaklaşık 2.5 saat kazanç demektir.



Şekil 7.6. Pnömatik tahrikli rezerve grubu kaynak fikstürü

Makine tasarlanırken torçların bağlandığı ve taşındığı sistem hem maliyet hem de hareket kabiliyetinden ötürü servo motor tahrikli sistemler olarak avantajlarından dolayı seçilmiştir. Servo kontrollü sistemler robot sistemlerine oranla maliyet açısından oldukça ucuz ve az hacim kaplamaktadırlar. Bu sebeplerden dolayı bu projede tercih edilmişlerdir. Lakin her noktada da tercih edilmemişlerdir. Çünkü bu sistemlerde pnömatik sistemlere oranla daha pahalıdır.

Rezerve grubu kaynak fikstürü dizayn edilirken öncelikli olarak boyutsal hassasiyet önem arz etmekteydi. Her ürünün kendine özel boyutsal değerlerini içeren teknik resmi bulunduğundan dolayı, değerler buradan alınarak makine üretici firmasına verilmiştir. İkinci ve en önemli kısım ise hangi teknolojinin kullanılması hususunda alınacak karar idi.



Şekil 7.7: Servo Motorlu Kaynak Kabininde Kaynak Eksenleri (3+1)

Şekil 7.7. de de görüldüğü üzere rezerve grubu parçaları ilgili fikstüre yerleştirildikten sonra mekanik sınırlamalar mevcuttur. Yani parçalar konulduktan sonra onları boyutsal anlamda yerleşimini sağlamak için çok hassas sistemlere gerek bulunmamaktadır. Bu sebepten ötürü pnömatik sistem hem hidrolik sisteme hem de servo tahrikli sistemlere oranlara avantajlar içermektedir. Bu hidrolik sistemlere göre daha yağsız ve yangın tehlikesi olmaması, servo tahrikli sistemlere nazaran da ucuzluk arz etmesidir.

7.4. Kaynak Parametre Denemeleri

Yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlar aşağıda yer almaktadır. Numune çalışmalarında ortak ürün olarak Doblo ön amortisör rezerve grubu alt kapak kaynağı irdelenmiştir. A tipi deneyde kullanılan makine eski mekanik aksamlı kaynak makinesidir.

A tipi Deney: (Değişik vardiyalar, Aynı Operatör)

	Akım Değeri (A)	Gerilim Değeri (V)	Gaz Debisi	Tip Uzak. (mm)
Deney 1	212	22,5	20	14
Deney 2	240	25	22	17
Deney 3	190	19	17	12
Deney 4	234	24	21	16
Deney 5	210	22	20	14
Ortalama	217,2	22,5	20	14,6

Deney sonunda elde edilen değer incelendiğinde, öncelikli olarak aşırı derecede enerji tüketimi anlamına gelen değerlerde çalışıldığı görülmektedir. Konu ile ilgili dokümanlar incelendiğinde kaynak tipinin iş parçasına 12 mm nominal olmak üzere yaklaşması gerekliliği görülmektedir. Fiiliyatta ise bu değer 12 ile 17 mm arasında değişmektedir. Doğal olarak kaynak tipinin iş parçasına 12 mm uzaklıktaki kullanılan gaz debisiyle 17 mm uzaklıkta ki gaz debisi arasında ciddi farklar bulunmaktadır.

Proses de var olan bu kararsızlık, aşırı akım ve voltaj tüketimi zorunluluğunu doğurduğundan ötürü, kaynak sonrasında aşırı ısı oluşumu, bunun etkilerini kaldırmak için de ani soğutma uygulaması gerektirmiştir. Bu da kaynak dikişlerinde çatlamalar ve iş parçalarında çarpılmaların görülmesine sebebiyet vermiştir. B tipi deneyde kullanılan makine, servo kontrollü kaynak makinesidir.

B tipi Deney: (Değişik vardiyalar, Operatörler)

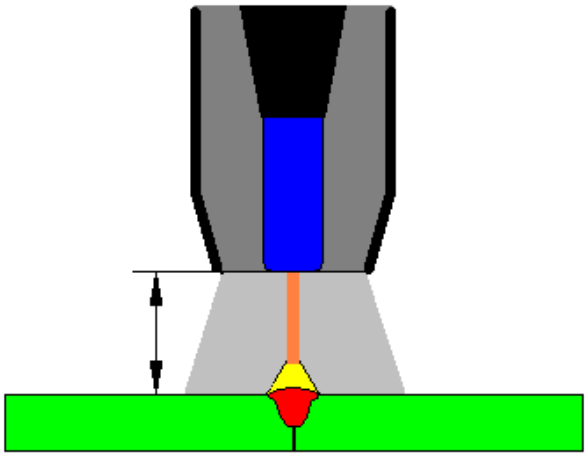
	Akım Değeri (A)	Gerilim Değeri (V)	Gaz Debisi	Tip Uzak. (mm)
Deney 1	192	19,1	18	12.2
Deney 2	190	19	18	12
Deney 3	190	19	17	12
Deney 4	189	18,8	17	12
Deney 5	191	19	17	12,1

Ortalama	190,4	19	17,4	12,06

B tipi Deneyde görüldüğü üzere tüm parametreler rejime girmiş, aşırı enerji tüketiminin önüne geçilmiş bulunmaktadır.

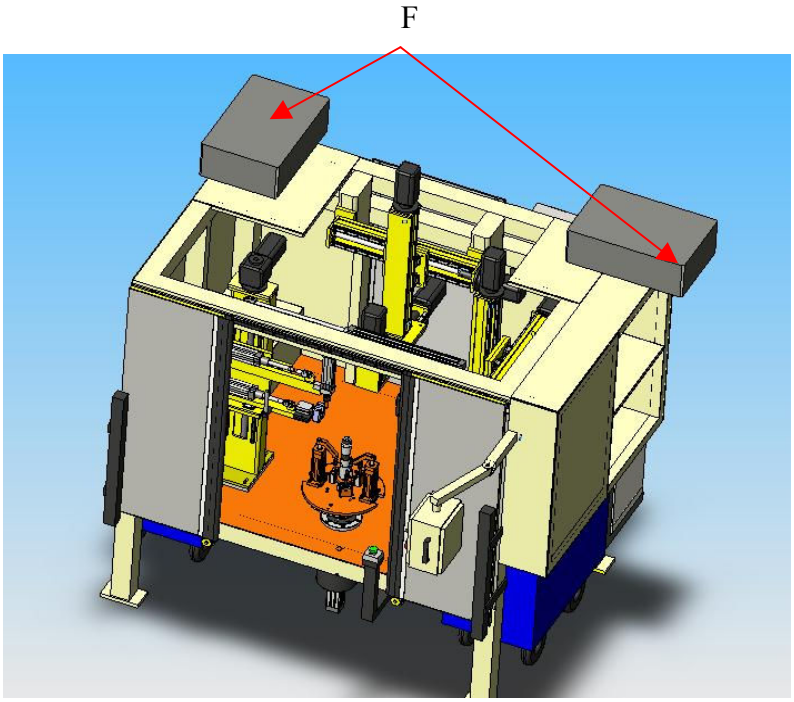
Ortalama	190,4	19	17,4	12,06	(B)
Ortalama	217,2	22,5	20	14,6	(A)

Dikkat edilmesi gereken diğer bir husus ta, kaynak tipinin (sanayide meme denilir) iş parçasına olan uzaklığı her tip değişiminde değişik operatörler olsa dahi 0.2 mm toleransın içinde kalınmıştır. Oysa aynı operatör kullanılarak değişik zamanlarda yapılan tip değişimlerinde mekanik aksamlı makinede bu değer 5 mm civarında idi.



Şekil 7.8: Kaynak Tip Uzaklığı

Deneylerden çıkarılacak diğer sonuçta kaynak tipinin iş parçasına uzaklığının her 1 mm değişimine 9–10 A değişiminin tekabül gelmesidir. Proje başlangıcında esas ulaşılması gereken noktalardan birine böylelikle ulaşılmış olunmaktadır.



Şekil 7.9: Servo Motorlu Kaynak Kabinin 3 boyutlu Montaj Görünümü

F= Tel Sürme Üniteleri

Geliştirilen bu makinede ayar gereksinimleri kontrol ünitesi kullanılarak yapılabilmektedir. Hem operatör sadece ekrandan bir tuşa basarak torchları hareket ettirebilmekte buda hem hareket kolaylığı sağlamakta, anahtar kullanılmasını azaltmakta hem de hassas ayar yapabilme kabiliyeti sağlamaktadır.

Şekil 7.10. Servo Motorlu MAG Kaynak Kabini

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Klasik MAG kaynak sistemlerinde, kalite ve hassasiyeti arttırmak için ayarlanabilir pek çok mekanik nokta bulunmaktadır. Seri imalatlarda 24 saat çalışılması gereklilik koşulu göz önüne alındığında, kaynak işleminin tabiatından kaynaklanan torç değişimi, kaynak tip değişimi, tel değişimi, vardiya değişimi gibi etkenlerde düşünüldüğünde, tüm bu etmenlerden sonra ayar değişim süreci kaçınılmazdır. Önemli olan bu değişimlerin insan deneyimine bağlı kalınmaksızın yapılamamasıdır. Bu noktada servo kontrollü kaynak makinelerinin yapılması kaçınılmazdır. Servo kontrollü kaynak makineleri klasik kaynak makinelerinden yeterlilik anlamında üstün, robotik uygulamalarla kıyasla da ucuzdur. Böylelikle özel sektörlerin asıl amacı olan karlılık, kalite noktasında ödün verilmeksizin sağlanmış olacaktır.

Servo kontrollü kaynak makinesi tasarlanırken mümkün mertebe pratikte kolay uygulanabilecek mekanizmalar olması yönünde çalışıldı. Fakat bu noktada dokunmatik ekran seçimi kaynak için pek uygun bir seçim olmadığı 50 gün zarfında sıcak malzemenin dokunması neticesinde 2 adet ekranın yanması sonucunu doğurmuştur. Öneri olarak daha robust ve mekanik aksamlı bir ekranın kullanımı söylenebilir.

Netice itibariyle tez kapsamında yapılan çalışmaların sonucu somut sonuçlara ulaşılmıştır. 7.5 saat olan bir vardiyada üretim adedi 1062 adetten 1400 adede çıkmıştır. Buda yaklaşık %32 artan verimlilik demektir. Bu hem yapılan makinenin daha kullanışlı olmasından ve de bünyesinde barındırdığı reçete sisteminden ötürü tip değişimlerinde kaybedilen zamanın minimize edilmesinden doğmuştur.

KAYNAKLAR

(1) Metal Meslek Bilgisi (1995),Türk Matbaacılık Sanayi A.Ş., Ankara, TÜRKİYE

(2) Port Macquarıe (1999), Introductıon To Arc Weldıng, Aussıe Weld Engıneerıng And Weldıng Supplıes, Nsw, AUSTRALIA

(3) ANIK,S (1983), Kaynak Teknolojisi El Kitabı, Ergör Matbaası, İstanbul, TÜRKİYE

(4) SACKS,R.,J. (1976) Welding:Principles and Properties Chas.A.Bennet Co., Inc., U. S. A.

(5) Prof. Dr.-Müh. TÜLBENTÇİ K. (1995), MIG/MAG Gaz Altı Kaynak Yöntemi, REM Matbaacılık Sanayi A.Ş., İstanbul, TÜRKİYE

(6) Ing.-Wel. Eng. KNOB Wolfgang (2005), ZF Sachs Welding Norm Wn11-27 [1]2.1b, GERMANY

(7) Karadeniz, S. (2000). Kaynak Yöntemleri: Ergitme Kaynağı , İZMİR, DEU Yayınları

(8) Eryürek, B. (1998). Gazaltı (MIG/MAG) Kaynağı. İstanbul. Askaynak Yayınları.

(9) Komaç, E. (1995). Gaz Metal Ark Kaynağı. Mühendis ve Makina-Kaynak Özel Sayısı-2. Sayı 428.

(10) ANIK, S.,& VURAL, M. (1997). Gaz altı Ark Kaynağı. İstanbul. Gedik Yayınları.

(11) Tülbentçi, K. (1998). Gazaltı Kaynak Yöntemi. İstanbul. Arctech

(12) Karadeniz, S.,&Günay, H. (Eylül 2000). Kaynak Makinalarındaki Son Gelişmeler Ve Kaynak Kalitesine Etkileri. Mühendis ve Makina-448. p:31

(13) Karadeniz, S. (1985). Kaynak makineleri. Ankara. SEGEM Yayınları

(14) Gourd, L., M. (1996). Kaynak Teknolojisinin Esasları, (Eryürek, B., Bodur, O.,& Dikicioğlu, A.). İstanbul. Birsen Yayınevi.

(15) Tülbentçi, K. (1990). Mıg-Mag Eriyen Elektrod ile Gazaltı Kaynağı. İstanbul. Gedik Holding Yayınları

(16) Doschu, K. E. (Şubat, 1968). Control of Cooling Rates in Steel Weld Metal. Welding Journal. P495.

(17) Cary, H. B.(1998). Modern Welding Technology 4 th. Ed. Prentice-Hall

(18) Lancaster, J. F. (1984). The Physics of Welding, International Instutute of Welding. Elmsford, N.Y. Pergamon Press

(19) Jackson, C. E. (May, 1960). The Science of arc Welding, Part II, Welding journal. p177

(20) ANIK, S., (1982). Kaynak Tekniği Cilt 2. İstanbul. İTÜ Yayınları.

(21) Anık, S., Dikicioğlu, A.,& Vural, M.(1984). Koruyucu Gaz Altında Kaynak ve Alüminyumun MIG Kaynağı, Kaynak Tekniği Derneği Yayını

(22) Karadeniz, S. (1990).Plazma Tekniği. Ankara. TMMOB Makine Mühendisleri Odası Yayınları

(23) Tusek, J.,& Suban, M. (2000). Experimental Research of The Effect of Hydrogen in Argon Gas a Shielding Gas in Arc Welding of High-Alloy Stainless Steel, International Journal Of Hydrogen. Welding Institute of Ljubljana, Slovenia

(24) Anık, S. (1986). “Gaz altı Kaynak Teknikleri”. SEGEM Yayınları

(25) Chiarelli M., Lanciotti A.,& Sacchi, M. (1999). Fatigue resistance of MAG Welded steel elements Dept. of Aerospace Eng., University of Pisa, Italy

(26) European Standart (EN 439). (1990). Gases for Gas Shielded Arc Welding and Cutting

(27) Cary, H. B. (1989). Modern Welding Technology 2th Ed. Prentice-Hall,

(28) AWS Committee on Structural Welding. (1996). Structural Welding Code-Steel, Florida.

(29) Gülsöz, A., (2000). Özlü tel elektrodların önemi ve kaynak özellikleri, Mühendis ve Makina, No:488. p:35-40.

(30) Gürcan, M., (1985). Gaz altı Kaynak Teknikleri Seminer Notları, SEGEM. Ankara

(31) Engindeniz, E. (1995). Gazaltı Özlü Telleri İle Mag-Orbital Kaynağı Seminer Notları.

ÖZGEÇMİŞ

4 Aralık 1973 yılında Elazığ ilinin Maden kasabasında doğdu. Eğitim hayatına Maden İlçesinde sırasıyla Fatih Mehmet İlkokulu, Maden Ortaokulu ve Maden Lisesinde devam etti. 1991 yılında Adana ilinde yer alan Çukurova Üniversitesinde eğitim dili %100 İngilizce olan Makine Mühendisliği bölümüne başladı. 1997 yılında bu üniversiteden mezun oldu. Daha sonra sırasıyla HONDA (Adana), ThermaFlex (Ankara) Firmalarında Satış ve Üretim Müdürlüğü yaptı. Vatani hizmetini kısa dönem olarak 1999 yılında Erzurum'da topçu olarak tamamladı. Sonrasında Petline Firmasında Tesis Müdürlüğü yaptı. 6 Haziran 2000 yılından itibaren ZF Sachs Süspansiyon Sistemleri A.Ş. 'nde önceleri üretim mühendisi, son iki yıldır da Üretim Şefliği pozisyonunda çalışmaktadır.