

KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNE ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

MIG METODU İLE AISI 4140 ÇELİĞE PİRİNÇ DOLGU KAYNAĞI

İBRAHİM TURGUT ECEVİT

ARALIK 2006

KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNE ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

MİG METODU İLE AISI 4140 ÇELİĞE PİRİNÇ DOLGU KAYNAĞI

İBRAHİM TURGUT ECEVİT

ARALIK 2006

## ÖZET

### MİG METODU İLE AISI 4140 ÇELİĞE PİRİNÇ DOLGU KAYNAĞI

ECEVİT, İbrahim Turgut

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman : Doç. Dr. Necip CAMUŞCU

Aralık 2006, 64 sayfa

Bu tez çalışmasında, mekanik ve aşınma direnci, kimyasal ve ısı direnç sağlamak için silindirik bir metal yüzeye kaynak dolgusu uygulaması için işlem ve aparatlarla ilgili düzenek oluşturulmuştur. Ayrıca bunların kaynak kalitesine olan etkileri araştırılmıştır.

Her kaynak denemesi sonrası dolgu kaynağından alınan parçanın kimyasal analizinden elde edilen Zn ve Fe miktarları verileri kullanılarak, kaynak parametrelerinin ayarlanmasına çalışılmıştır. **Kaynak torcunun açısı, kutuplama, akım şiddeti, kaynak gerilimi, tel ilerleme hızı, akım memesi aralığı ve koruyucu gaz debisi** gibi kaynak parametrelerinin kaynak kalitesi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu etkiler değerlendirilerek uygun kaynak parametleri tespit edilmeye çalışılmıştır.

Uygun kaynak parametrelerinin tespiti ile yapılan kaynak denemelerinden sonra, iş parçasına ısıl işlem uygulanarak istenilen malzeme özellikleri sağlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Dolgu kaynağı, MIG Kaynağı, demir dışı metallerin kaynağı, kaynak parametreleri, metal yapışması, kaynak nũfuziyeti, ısıl işlem.

## **ABSTRACT**

### **BRASS OVERLAY WELDING ON AISI 4140 STEEL WITH MIG**

ECEVİT, İbrahim Turgut

Kırıkkale University

Graduate School Of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Eng., M. Sc. Thesis

Supervisor : Asst. Prof. Dr. Necip CAMUŞCU

December 2006, 64 pages

In this study, the process and equipment have been designed in order to obtain overlay welding on cylindrical metal surface, which provides mechanical, chemical, wear and thermal resistance. Also, their effects on the weld quality have been investigated.

After each welding experiment, chemical analysis of welded metal was made and amounts of Zn and Fe were measured. Experiments have been continued by employing different welding parameters until the desired amount of Zn and Fe in the welded metal has been achieved. Effect of angle of weld torch, polarity, current, voltage, wire feed rate, free wire distance and amount of protective gas have been investigated to determine the optimum welding parameters.

After that, the work piece was heat treated to obtain required mechanical properties.

**Key Words:** Overlay welding, MIG welding, welding of non-ferrous metals, welding parameters, metal adhesion, penetration, heat treatment.

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam süresince desteklerini ve sabırlarını esirgemeyen danışmanım Yrd. Doç. Dr Necip CAMUŞCU'ya, değerli destek ve yardımlarını sakınmayan saygı değer hocam Prof. Dr. Veli ÇELİK'e, Makine Mühendisliği bölümündeki değerli hocalarıma, asistan arkadaşlarıma, teknik imkânlarından faydalandığım MKE Kurumu ve 2. Bakım ve Hava İkmal Merkezi yönetici ve çalışanlarına, tezimin hazırlanması esnasında her türlü yardımını esirgemeyen ve beni yüksek lisans yapmaya teşvik eden Ahmet Hikmet TEZEL'e, İdris AYDOĞDU'ya, hayatımın her alanında maddi ve manevi her türlü desteği vermekten kaçınmamış babam, annem ve kardeşlerime teşekkür ederim.

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### ŞEKİL

1.1.	Kaynak çeşitleri .....	1
1.2.	Koruyucu gaz kaynak çeşitleri.....	4
1.3.	MIG-MAG kaynak donanımı.....	7
1.4.	Yarı otomatik hava soğutmalı tabanca.....	10
1.5.	Kaynak makinesi.....	12
1.6.	Ark boyunun kaynak süresince sabit kalması.....	13
1.7.	Salınım mekanizması.....	16
1.8.	Torc açısının kaynağa etkisi.....	18
1.9.	Kutuplamanın kaynağa etkisi.....	19
1.10.	Serbest tel mesafesinin kaynağa etkisi.....	20
1.11.	İdeal serbest tel mesafesi.....	20
1.12.	Akım şiddeti, tel çapı ve ergime gücü arasındaki ilişki.....	21
1.13.	Akım şiddeti, tel çapı ve tel hızı arasındaki ilişki.....	21
1.14.	Gaz atmosferinin kaynak arkına ve dikişine etkisi.....	25
1.15.	Gaz sarfiyatı, tel çapı, lüle çapı ve akım şiddeti arasındaki ilişki....	26
2.1.	Elektrot, besleme teli, su jeti ve iş parçasının konumu.....	29
3.1.	Kaynak cihazında yapılan düzenleme.....	35
3.2.	Kaynak sonrası iş parçası.....	36
3.3.	Besleme teline akım vermenin kaynağa etkisi .....	37
3.4.	Numune alma yöntemi.....	41
3.5.	Sıvı penetrasyonla kaynak kesitinin incelenmesi.....	42



3.6.	Çelik-Pirinç Arayüzeyi ( X100 büyütme).....	43
4.1.	Olumsuz çevre şartlarının kaynağa etkisi.....	47
4.2.	Dolgu metali kaldırılmış çelik malzeme .....	48

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### ÇİZELGE

3.1.	Kaynak numunelerindeki %Zn ve %Fe değişimleri.....	42
3.2.	Kaynak numunelerindeki %Zn ve %Fe değişimleri.....	43
3.3.	Kaynak numunelerindeki %Zn ve %Fe değişimleri .....	45
3.4.	Mekanik test sonuçları.....	47

## KISALTMALAR

TIG	Tungsten Inert Gas
MIG	Metal Inert Gas
MAG	Metal Actif Gas

# İÇİNDEKİLER

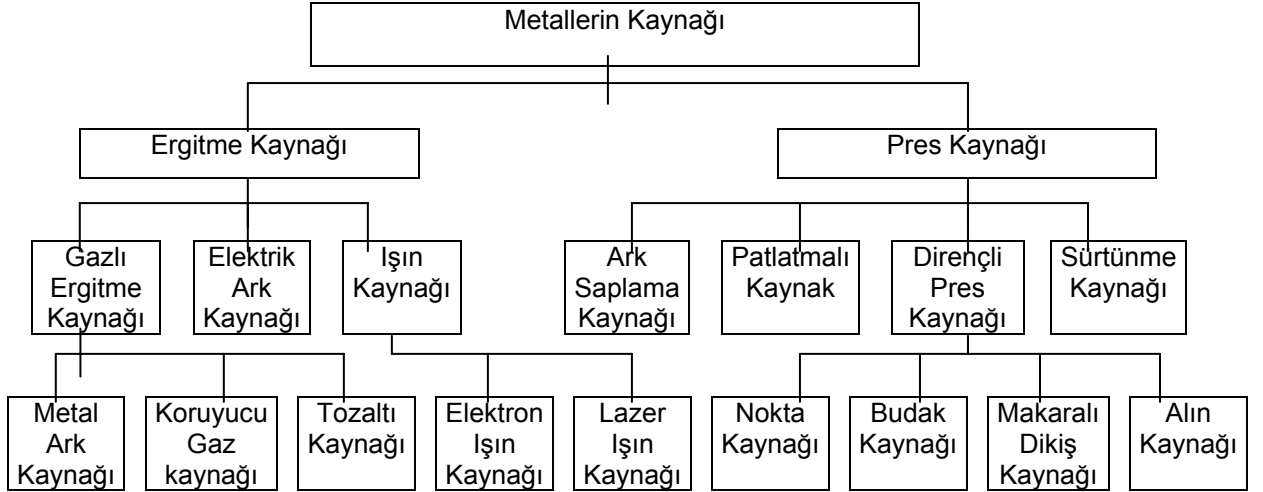
ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	iii
TEŞEKKÜR .....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	viii
KISALTMALAR .....	ix
İÇİNDEKİLER .....	x
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Kaynak .....	1
1.2. MIG Kaynağı .....	6
1.2.1. Donanım .....	7
1.2.1.1. Kaynak Tabancası Parçaları .....	8
1.2.1.1.1. Kontak Memeleri .....	8
1.2.1.1.2. Gaz Nozulu .....	9
1.2.1.1.3. Tel Kılavuzu .....	9
1.2.1.1.4. Hortum ve Kablolar .....	9
1.2.1.2. Elektrik akımı, soğutma suyu, koruyucu gaz ve telin hareketini saylayan kumanda sistemleri .....	10
1.2.1.2.1. Tel besleme sistemi .....	10
1.2.1.2.2. Kaynak Kontrol Ünitesi .....	11
1.2.1.2.1. Koruyucu Gaz Düzenleyicileri .....	11
1.2.1.3. Güç Ünitesi .....	11

1.2.2. Kaynak Parametreleri .....	12
1.2.2.1. Kaynak Gerilimi .....	13
1.2.2.2. Akım Şiddeti .....	15
1.2.2.3. Kaynak Torcunun Açısı .....	17
1.2.2.4. Kutuplama .....	18
1.2.2.5. Serbest Tel Mesafesi .....	19
1.2.2.6. Elektrot Tel Çapı .....	21
1.2.2.7. Koruyucu Gaz .....	22
1.3. Önceki çalışmalar .....	26
1.4. Çalışmanın amacı .....	28
2. MATERYAL VE YÖNTEM .....	30
2.1. Kullanılan Teller .....	30
2.2. Kullanılan Kaynak Düzeneci .....	31
2.3. Kullanılan Isıl İşlem Yöntemi .....	35
3. ARAŞTIRMA BULGULARI .....	37
4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR .....	48
KAYNAKLAR .....	53
EKLER .....	55

# 1. GİRİŞ

## 1.1. Kaynak

Kaynak, ilave katkı maddesi kullanarak veya kullanmadan, ısı ve/veya kuvvet etkisi altında malzemelerin birleştirilmesi yöntemidir<sup>(1)</sup>. Kaynak sayesinde döküm modele ihtiyaç kalmadan değişik geometride parçaların imalatı kolaylaşmıştır. Kolay uygulama ve şekil verme avantajına rağmen bütün metaller kaynak uygulamasına elverişli değildir. Ayrıca kaynak sonrası parçada oluşan içyapı ve mekanik özelliklerindeki değişimler dikkate alınmalıdır. Kaynak, kaynaklanacak malzemelerin cinsine, kaynağın amacına, uygulama yöntemine ve üretim tarzına göre çeşitlilik kazanmıştır. Metallerin kaynağı ile ilgili yöntemler Şekil 1.1'de gösterilmiştir.



Şekil 1.1 Kaynak çeşitleri

Sürtünme kaynağında, sürtünmeden dolayı meydana gelen ısı kaynak işleminde kullanılır. Kaynak sırasında parçalardan biri döndürülürken diğeri sabit durur. O sırada temas yüzeylerinde oluşan yüksek sıcaklık parçalarda erimeye neden olur. Bu durumda dönen parça durdurulur ve her iki parça birbirine bastırılarak kaynak yapılır.

Pres kaynağında ilave katkı malzemesi olmaksızın değişik yöntemlerle parçalar birbirleri ile birleştirilir.

Dirençli pres kaynağında, kaynak edilecek parçaların temas yüzeyinde elektrik akımının neden olduğu dirençten oluşan ısı kullanılır. Elektrikli direnç kaynağı nokta, budak (kabartılı), makaralı (dikişli) direnç ve alın kaynağı olmak üzere uygulama yöntemlerine göre ayrılır.

Nokta kaynağında üst üste konulan sac lar tek tek nokta kaynağı ile birleştirilir. Sac parçalar su soğutmalı iki bakır elektrot arasında sıkıştırılır. İki elektrot arasında oluşan akım, aradaki sac parçaların direnç göstermesi sonucunda kaynak sıcaklığının oluşmasına neden olur. Elektrotun temas yüzeylerinde oluşan bu sıcaklık nokta kaynağını meydana getirir.

Kabartılı direnç kaynağı da nokta kaynağının benzeridir. Burada elektrotlar her iki iş parçasına uygun olarak üretilmiş bakır plakalardır. Bir iş parçası, diğ er parça üzerine dayanan birden fazla preslenmiş kabartmalara sahiptir. Bu noktalar akım geçişi esnasındaki kaynak yerleridir. Kabartılar plaka elektrotlar yardımı ile birlikte basılır.

Makaralı dikiş kaynağı, birincisi tahrikli olan iki bakır makaradan yapılmış olan elektrotlardan meydana gelir. Makaralar arasındaki iki sacın

hareket etmesi sırasında oluşan akım geçişleri sürekli akım noktaları oluşturur.

Alın kaynağında yine aynı mantıkla kesit yüzeyler birleştirilir. Akım altındaki parçalar tekrarlan temas ve ayrılmalar nedeniyle kaynak kesitinde çok sayıda ark köprüleri oluşturulur. Kaynak sıcaklığına erişildiği sırada parçalar darbeli bir şekilde birbirine preslenir. Bu kaynak yöntemi ile 10m<sup>2</sup> ye kadar kesitler kaynaklanabilir.

Ergitme kaynağında genel olarak aynı cins malzemeler ilave katkı malzemeli veya malzemesiz ergitilerek birleştirilir.

Gaz ergitme kaynağı oksijen kaynağı olarak da isimlendirilir. Kaynak edilecek malzeme ısı kaynağı olan oksijen alevi ile ergitme durumuna getirilir. Yanıcı gaz olarak genellikle yüksek sıcaklığa (3200 °C) çıkma imkânı veren asetilen gazı kullanılır. Gazın yanması için gerekli oksijen miktarı ile asetilen gazın miktarı bire birdir. Kaynağın doldurulması için çeşitli sınıflarda kaynak çubukları kullanılır. İhtiyaca göre değişik çaplarda kullanılan çubuklar korozyondan korunmaları için bakırla kaplanmıştır.

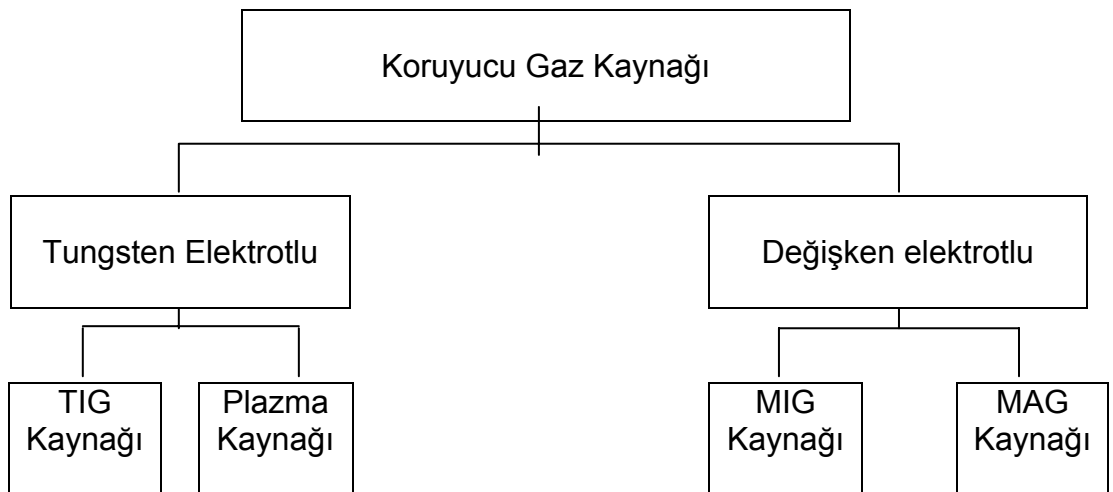
Metal ark kaynağında bir elektrot ile iş parçası arasında oluşturulan ark köprüsü ısı kaynağı olarak kullanılır. Arkı oluşturmak için doğru akım veya alternatif akım kullanılabilir. Kaynak için 1000 A varan akım ve 15–30 V arasında gerilim gereklidir. Ark köprüsü, bir akım ve gerilim değerinde iki kutbun (elektrot ve iş parçasının), temas etmesiyle kısa devre yapılarak elde edilir. Temas noktalarındaki dirençten dolayı her iki kutupta da yüksek sıcaklık oluşur. Eksi kutupta yaklaşık 3600 °C, artı kutupta 4200 °C sıcaklık meydana gelir. Elektrik arkından dolayı oluşan bu yüksek sıcaklıkta kaynak



edilecek parçalar kaynak bölgesinde erir ve birleşir. Kaynak yöntemine arkı oluşturmak için kullanılan çubuk elektrot da eriyerek kaynak bileşimine katılır.

Toz altı kaynağında katkı malzemesi olarak ergitilen elektrot ve ark boyu yanar. Kaynak yüzeyi ince taneli toz tarafından örtülür. Ark boyu alanında eriyen koruma tozu kaynak banyosunu ortamın atmosferinden koruyan ve kaynak dikişinin uzun süre içinde soğumasını sağlayan bir cürufa dönüşür. Erimeyen fazla toz emilir ve tekrar kullanılır. Toz altı kaynağı 2 mm' den 150 mm'ye kadar kalınlıkta olan alaşımlı ve az alaşımlı çeliklerin birleştirme kaynakları için otomatikleşmiş bir kaynak yöntemidir.

Koruyucu gaz kaynağı, erimeyen elektrotlu (tungsten) ve eriyen elektrotlu olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Her iki yöntemde de ark köprüsü ve kaynak banyosu bir gaz atmosferi altında korunur. Koruyucu gaz kaynağı seri imalatlar için elverişlidir. Koruyucu gaz kaynağı da kendi içinde Şekil 1.2 de gösterildiği gibi sınıflandırılmıştır.



**Şekil 1.2** Koruyucu gaz kaynak çeşitleri

Gaz altı kaynakları diye de adlandırılan gaz metal ark kaynağını (GMAW) ortaya çıkışı 1920'lere rastlamasına rağmen ticari olarak kullanılması 1948'lerde gerçekleşmiştir. İki dünya savaşı arasında perçinli birleştirmenin yerini alarak, kalın sacların, tekne, gemi ve tankların kaynağında yaygın olarak kullanılır hale gelmiştir. Birinci Dünya Savaşı'na kadar emekleme dönemi yaşayan kaynak, İkinci Dünya Savaşı esnasında uçaklarda kullanılan alüminyum, magnezyum alaşımlarının kaynağında karşılaşılan zorluklar TIG yönteminin gelişmesine yardımcı olmuştur <sup>(1)</sup>.

Soy gaz koruması altında yapılan TIG kaynak yöntemi ile önceleri sadece korozyona dayanıklı çelikler kaynatılırken, bugün bütün metal ve alaşımlarını kaynak yapmak mümkün hale gelmiştir. Yalnız yöntemin yavaşlığı araştırmacıları, benzer sonuçları veren daha hızlı bir yöntemin arayışına yöneltmiştir.

Soy gaz koruması altında eriyen elektrot ile yapılan MIG yöntemi, birçok alanda TIG yönteminin yerini alarak işlemin hızlanmasına yol açmıştır. Uygulama kolaylığı nedeni ile tüm demir dışı metal ve alaşımlarının kaynağında kullanılan MIG yönteminin yalın karbonlu ve az alaşımlı çeliklerde uygulama alanı bulmamasının nedeni soy gazların pahalılığı olmuştur.

MAG diğer bir deyimle, aktif gaz koruması altında eriyen elektrot ile yapılan kaynak, son yıllarda büyük bir gelişme göstermiş karbonlu ve düşük alaşımlı çeliklerin kaynağında önemli ölçüde kullanılır hale gelmiştir. Önceleri yalnız CO<sub>2</sub> koruması altında yapılan bu yöntemde, gereken durumlarda arki yumuşatmak ve sıçramayı azaltmak için CO<sub>2</sub>'ye Ar karıştırılıp

kullanılmaktadır. Ar + CO<sub>2</sub>'nin içine az miktarda O<sub>2</sub> ilave edilerek Ar + CO<sub>2</sub> + O<sub>2</sub>'den oluşan üçlü gaz koruması altında daha kalın çaplı elektrotlar ile her pozisyonda çalışabilme olanağı sağlanmış ve düzgün görünüşlü kaynak dikişleri elde edilebilmiştir <sup>(1)</sup>.

Aktif gaz kullanılarak MAG kaynak yöntemi ile karbonlu ve düşük alaşımlı çeliklerin yarı otomatik ve tam otomatik olarak kaynak edilmeleri mümkündür. Böylece kaynak işleminin hızlanması sağlanmıştır. Son yıllarda geliştirilen, darbeli akım yönteminde, kaynak akımı ayarlanan frekansta bir alt ve bir üst değer arasında değiştirilerek iş parçasına aktarılan ısı girdisi en azda tutulmuş ve özellikle ince parçalarda çarpılma azaltılmıştır. Yine son yılların önemli gelişmelerinden bir tanesi de inverter türü kaynak makinelerinin uygulama alanına girmesidir. Bu tür kaynak makineleri ile gerçekleştirilen kaynak işlemlerinde yalnız CO<sub>2</sub> kullanılması halinde dahi sıçrama tamamen ortadan kalkmıştır.

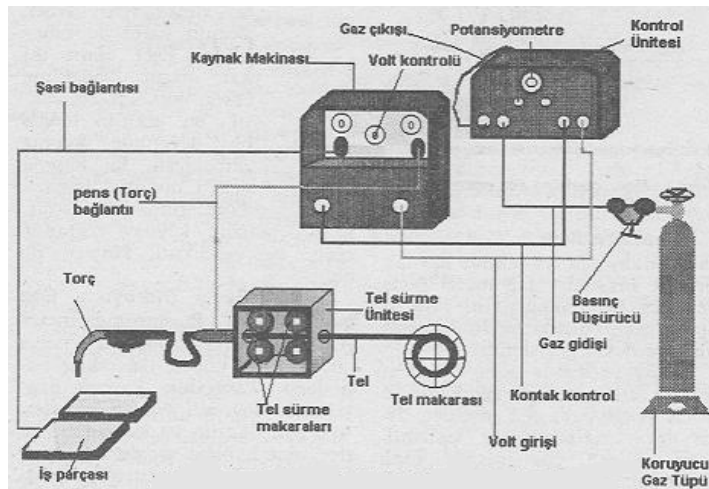
## **1.2. MIG Kaynağı**

İlk defa ABD'de alüminyum ve alaşımlarının, sonra da sırası ile yüksek alaşımlı çeliklerin, bakır ve alaşımlarının, karbon çeliklerinin kaynağında kullanılmış olan ve artık pek çok imalat sektöründe yoğun bir şekilde kullanılmakta olan MIG (Metal Inert Gas) kaynak yöntemi, eriyen bir elektrotu sürekli olarak besleyen ve bu elektrot ile kaynak dikişini olumsuz atmosferik etkilerden koruyan, bir gazın kaynak bölgesine sürekli gönderildiği bir işlemdir<sup>(2)</sup>. Ark, helyum veya argon gibi asal bir gaz atmosferi altında yanar.

### 1.2.1. Donanım

Kaynak işleminin kontrolü, aşağıda belirtilen donanım elemanları ile sağlanır. Donanım, arkın elektrik karakteristiklerini ve dolgu hızını kendisi düzenlediği için, yarı otomatik kaynak işlerinde kaynakçının yalnız kaynak tabancasının konumunu ve ilerleme hızını kontrol etmesi gerekir <sup>(3)</sup>. Ark boyu ve akım seviyesi otomatik olarak sağlanır. Donanım elemanları aşağıdaki parçalardan oluşur.

- Kaynak tabancası ve parçaları,
- Elektrik akımı, soğutma suyu, koruyucu gaz ve telin hareketini saylayan kumanda sistemleri,
- Doğru akım makinesi,
- Akım şiddeti ve gerilim ayarı,
- Kaynak elektrotu,
- Koruyucu gaz ve debimetre.



Şekil 1.3 MIG-MAG kaynak donanımları

### **1.2.1.1. Kaynak Tabancası (Torç) ve Parçaları**

Kaynak tabancası elektrot ve koruyucu gazı kaynak bölgesine sevk etmeye ve elektrik enerjisini elektrota iletmeye yarar. Böylece arkı meydana getirmek ve elektrotu eritmek için gerekli enerji sağlanmış olur. Ayrıca, gaz vasıtasıyla da koruma ortamı sağlanmış olur. Kaynak tabancaları yüksek akım değerlerinde çalışan “ağır hizmet tabancalar”, düşük akım değerlerinde ve yüksek üretim miktarları için “hafif tip tabancalar” gibi maksimum verim sağlayacak şekilde tasarlanırlar <sup>(3)</sup>.

Kaynak tabancasının ana parçaları aşağıda sıralanmıştır:

- Kontak memesi,
- Gaz nozulu,
- Tel kılavuzu ve merkezleme burcu,
- Gaz ve su hortumları.

#### **1.2.1.1.1. Kontak memesi**

Genellikle bakır veya bakır alaşımlarından yapılır ve kaynak akımını elektroda, dolayısıyla iş parçasına iletmeye yarar. Kontak memesi, elektriksel olarak güç kablosu vasıtasıyla kaynak güç ünitesine bağlıdır. Elektrotun içinden kolaylıkla geçmesi ve iyi bir elektriksel temas sağlaması bakımından kontak memesinin delik yüzeyi çok önemlidir<sup>(3)</sup>. Kontak memesi gaz nozulunu merkezindedir.

#### **1.2.1.1.2. Gaz nozulu**

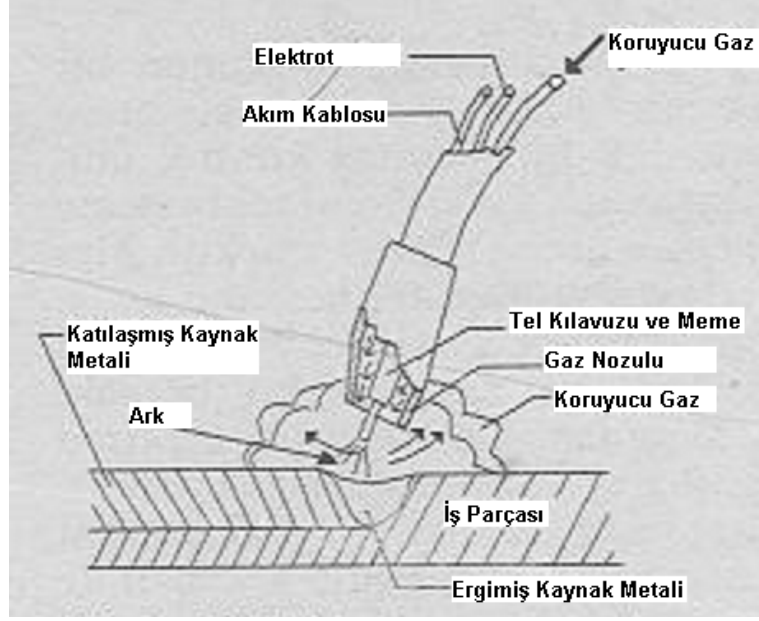
Düzgün bir koruyucu gaz sütununun kaynak bölgesine gönderilmesini sağlar. Koruyucu gaz, ergimiş haldeki kaynak metalinin atmosfer şartlarından korunması açısından önemlidir. Çeşitli ölçülerde nozullar mevcuttur ve kullanım yerine göre değişiklik gösterir. Örneğin yüksek akım değerlerinde daha büyük nozullar, düşük akım değerlerinde ve kısa devre geçişte küçük nozullar gibi.

#### **1.2.1.1.3. Tel kılavuzu ve merkezleme burcu**

Besleme makaralarından tabanca ve kontak memesine gelen teli korur ve yönlendirir. Ark kararlılığını sağlamak için sürekli bir tel besleme gereklidir. Tel elektrotun eğilip bükülmesini, takılmasını önlemek gereklidir. Merkezleme burcu, tel kılavuzunun bir parçası olduğu gibi ayrı da olabilir. Her iki durumda da merkezleme burcunun malzemesi ve iç çap ölçüsü çok önemlidir. Çelik ve bakır gibi sert elektrot malzemesi için “çelik merkezleme burcu”, alüminyum ve magnezyum gibi yumuşak elektrot malzemesi için “plastik merkezleme burcu” önerilir<sup>(3)</sup>.

#### **1.2.1.1.4. Gaz ve su hortumları**

Doğrudan doğruya güç ünitesine veya kontrol ünitesine bağlanır. Bunlar; koruyucu gazı, kaynak akımını ve gerekli durumlarda soğutma suyunu tabancaya getiren donanımlardır.



**Şekil 1.4** Yarı otomatik hava soğutmalı tabanca

### **1.2.1.2. Elektrik akımı, soğutma suyu, koruyucu gaz ve telin hareketini sağlayan kumanda sistemleri**

#### **1.2.1.2.1. Tel sürme ünitesi**

Sabit hız tel sürme üniteleri, elektronik kontrollü olduklarından şebeke gerilimindeki dalgalanmaları ayarlar ve iyi bir arkın oluşmasına yardımcı olur. Dolayısı ile ark tutuşması çok iyi, sıçrama çok az ve kaynak sırasında tel ilerlemesi düzgün olur. Tel besleme ünitesinin tüm parçaları, kapalı bir kutu içinde olduğundan kire ve havanın olumsuz koşullarına karşı koruma sağlanmış olur.

#### **1.2.1.2.2. Kaynak kontrol ünitesi**

Yarı otomatik işlemden, kaynak kontrolü ve tel besleme motorunun bir sistem içinde toplanması mümkündür. Kaynak kontrol ünitesinin ana fonksiyonu tel besleme motoru hızını düzenlemektir. Motor hızı, değişen tel besleme hızlarına göre elle ayarlanabilir. Kontrol ünitesi aynı zamanda tabancadaki anahtardan gelen uyarı ile elektrot ilerlemesini durdurup başlatabilir. Koruyucu gaz, su ve kaynak enerjisi tabancaya kontrol ünitesi kanalı ile gelir. Gaz ve su akışı selenoid valf sayesinde ayarlanır. Gaz akışının başlaması ve kesilmesi ile kaynak makinesinin enerji çıkışı da kontrol ünitesi tarafından düzenlenir. Kaynak başlamadan önce gaz akışının başlaması ve kaynak bittikten sonra kaynak banyosunu korumak için bir süre daha gaz akışının sağlanması kontrol ünitesi tarafından yapılır.

#### **1.2.1.2.3. Koruyucu gaz düzenleyicileri**

Kaynak sırasında sabit basınçta bir gaz akışını sağlamak için bir sistem gereklidir. Bu sistem basınç düşürücü düzenleyicilerdir. Düzenleyici gaz basıncını çalışma basıncına düşürür. Tek veya iki kademeli olabilir. İki kademeli olanlar tek kademeli olanlara göre daha kararlı bir gaz basıncı sağlar.

#### **1.2.1.3. Kaynak Makinesi**

Kaynak makinesi arkı meydana getirmek için gerekli elektrik enerjisini elektrot ve iş parçasına verir. Gaz altı kaynak uygulamalarının büyük bir



kısımında doğru akım ve pozitif kutuplama kullanılır. Gaz altı kaynak işleminin yaygınlaşması ile özellikle demir esaslı malzemelerin kaynağında sabit gerilim tipi (CV) yatay karakteristikli makineler kullanılmaya başlamıştır<sup>(4)</sup>.

Sabit gerilim tipi kaynak makinelerinde sabit tel besleme hızı ve kaynak işlemi sırasında sabit gerilim söz konusudur. CV tipi kaynak makinelerin seçiminde esas amaç sistemde ark boyunu kendi kendine ayarlamasıdır. CV sistem, kontak memesi ucuyla iş parçası arasındaki değişimleri ayarlar. Bu değişim, belirli bir ark boyu sağlamak için, sabit gerilimde kaynak akımının azalması ve çoğalması ile oluşur.

İstenilen ark boyu, kaynak makinesinden çıkış geriliminin ayarlanması ile seçilir. Bu ayar genellikle kaynak sırasında değiştirilmez. Ayrıca akım kontrolü de yapan tel besleme hızı, kaynağa başlamadan önce ayarlanır ve kabul edilebilir değerler arasında değişebilir.

### **1.2.2. Kaynak parametreleri**

MIG tekniğinde uygun kaynak bağlantısı yapabilmek için akım şiddeti ve gerilimi başlıca kaynak parametreleridir. MIG kaynak yönteminde kullanılan kaynak makineleri bu iki parametreyi bağımsızca ayarlamaya imkân sağlayan sabit gerilimli veya diğer adıyla yatay karakteristikli kaynak makinesidir. MIG kaynağında sabit gerilimli akım kaynak makineleri yarı otomatik ve tam otomatik olarak yaygın halde kullanılmaktadır.

Günümüzde MIG kaynak akım üreteçleri 600 Amper'e kadar çeşitli güçlerde imal edilmektedirler. Sabit gerilimli diye isimlendirilen bu kaynak akım üreteçlerinde, gerilimin tamamen sabit tutulması mümkün değildir. Her

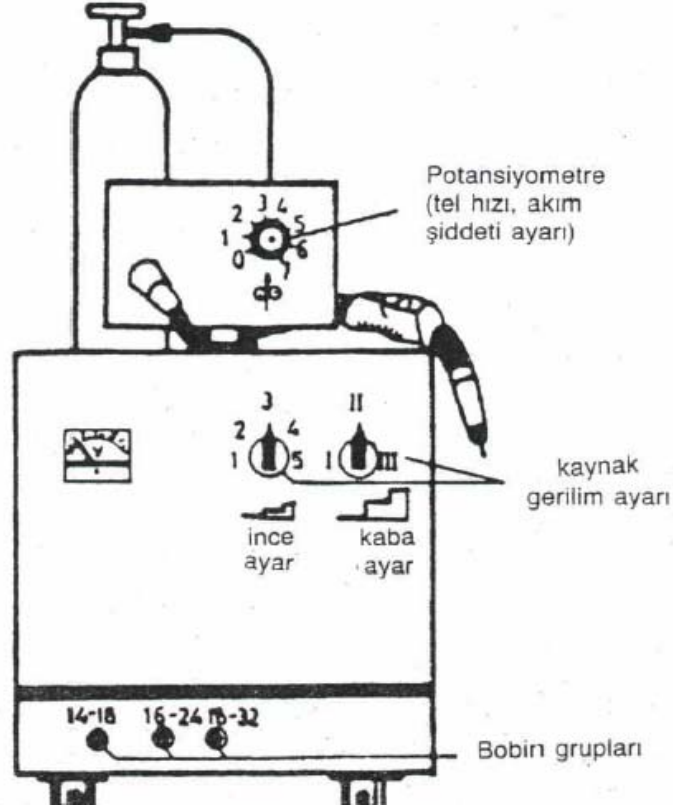
100 A için azami 7 V kadar ark gerilimi düşümüne müsaade edilir. Kaliteli üreteçlerde bu değer 2 ilâ 5 V arasındadır <sup>(5)</sup>.

Kaynak parametrelerinin ayarlanması; kullanılan elektrot tel çapına, iş parçasının kalınlığına, koruyucu gaza bağlı olarak değişir. Ayarlanması gereken kaynak parametreleri; *kaynak gerilimi, akım şiddeti, kaynak torcunun açısı, kutuplama, tel ilerleme hızı, akım memesi aralığı ve koruyucu gaz debisidir.*

### **1.2.2.1. Kaynak gerilimi**

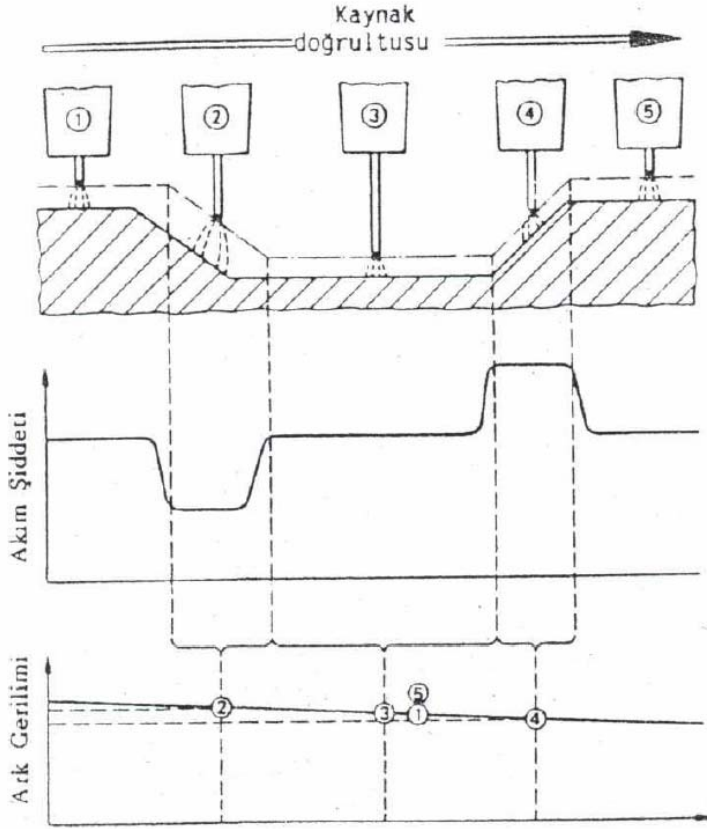
Makinenin tipine göre kademeli olarak ince ve kaba ayar düğmeleri veya kademesiz olarak potansiyemetreden ayarlanır. Belirli bir tel ilerleme hızında gerilim değerinin değiştirilmesi doğrudan doğruya ark boyunun değişmesine neden olur.

Sabit gerilimli kaynak makinelerinde (Şekil 1.5) gerilim, 14 volt ile 42 volt aralığında ayarlanabilir. Bu durumda uzun ark, kısa ark ve sprej ark ile çalışmak mümkündür. Kaynak parametrelerinin ayarlanmasında ark çeşitlerini dikkate alacak olursak damla geçiş özelliklerine göre; kısa ark 14-21 volt, uzun ve sprej ark 23-34 volt değerleri arasında oluşur. 18-28 volt arasında ise kısa ark ile uzun ve sprej ark özelliklerini içine alan ara bölgesi karışım damla geçişi özelliği gösterir <sup>(4)</sup>.



**Şekil 1.5** Kaynak makinesi

Bu tip kaynak akım üreteçlerinde iç ayar diye isimlendirilen  $\Delta I$  ark boyu ayar skalası vardır. Bu tip üreteçlerde ark gerilimi ve tel ilerleme hızı ve buna bağlı olarak da akım şiddeti ayarlanır. Bu tür makinelerde tel ilerletme motoru, seçilmiş sabit bir devirle döner, yani diğer bir deyimle tel hızı sabittir. Kaynak esnasında herhangi bir nedenle ark boyu uzadığı zaman Şekil 1.6'de görüldüğü gibi akım şiddeti büyük miktarda azalır. Buna bağlı olarak eriyen tel miktarı azaldığından ark normal boyuna döner; aksi halde, yani ark boyunun kısılması halinde ise akım şiddeti süratle artar; eriyen tel miktarı da buna bağlı olarak artacağından neticede de ark boyu normale döner (Şekil 1.6).



**Şekil 1.6** Ark boyunun kaynak süresince sabit kalması

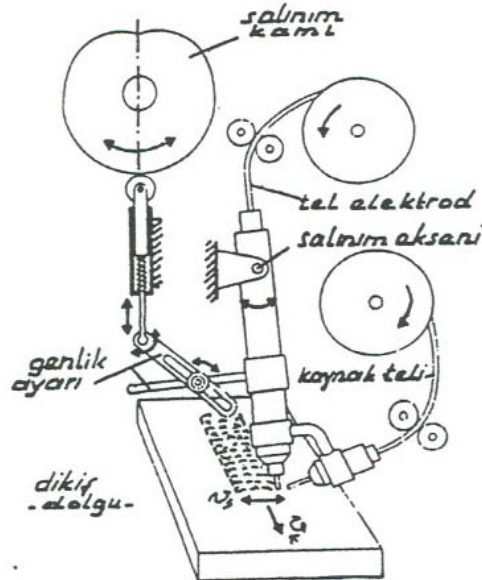
Bu kaynak yönteminde görüldüğü gibi ark boyunun ayarlanması yarı otomatik kaynak halinde dahi, kaynakçının yeteneğine veya dikkatine bırakılmamıştır. Ark boyu kaynak akım üreticinin yatay karakteristiği sayesinde kendinden ayarlanmaktadır.

### 1.2.2.2. Akım şiddeti

MIG kaynağında doğru akım kullanılır. Kaynakta iyi bir ergime özelliğine yüksek akımla çalışıldığı zaman erişilir. Yüksek akım şiddeti ile kaynak dikisinde derin bir nüfuziyet elde edilir. Kaynak sırasında çıplak gözle

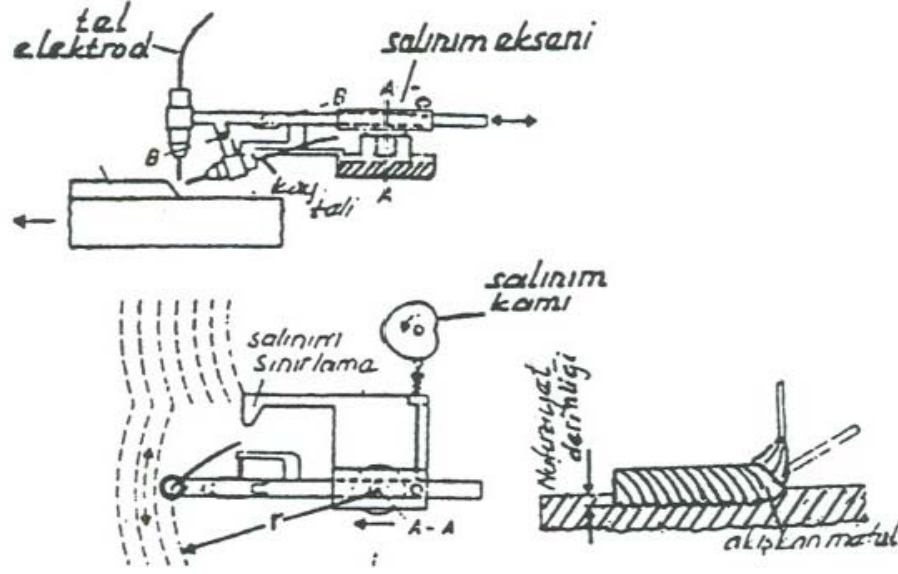
bakıldığında göz rahatsızlığına sebep olacak kuvvetli bir ultraviyole ışın meydana gelir.

MIG yöntemiyle kaynak dolgusundan genellikle aşınma ve korozyon dayanımlı yüzeyler elde edilmesinde yararlanılmaktadır. Dolgu malzemesi, sürekli beslenen eriyen bir elektrot ile ark ortamına sürekli sevk edilen ilave telin toplamından oluşmaktadır. Bu uygulamada kullanılan kaynak donanımlarına, dolgu genişliğini sağlayacak bir salınım mekanizması ilave edilir. Şekil 1.7a ve Şekil 1.7b' da ilave kaynak teli ile yapılan bir kaynak dolgusu için gerekli mekanizma gösterilmiştir. Bu tür uygulamalarda ark ısı ile çift tel eritilmekte olup, yaklaşık 28–30 volt ark gerilimi ve 250-350 amperlik bir akım şiddeti uygulanır. Kaynak teli çapı / elektrot çapı oranının 1.8 den küçük olması tavsiye edilir <sup>(3)</sup>.



**Şekil 1.7a** Salınım mekanizması

İş parçasının ilerlemesi esasına göre yapılan salınım hareketli MIG dolgu kaynağında iş parçasından ergime oranı %5'e kadar düşer. Bu durumda salınım hızı 4–6 m/dak, dikiş genişliği 40–60 mm ile sınırlanmıştır. 4 mm den küçük salınımlarda ise nüfuziyette artma görülür <sup>(5)</sup>.

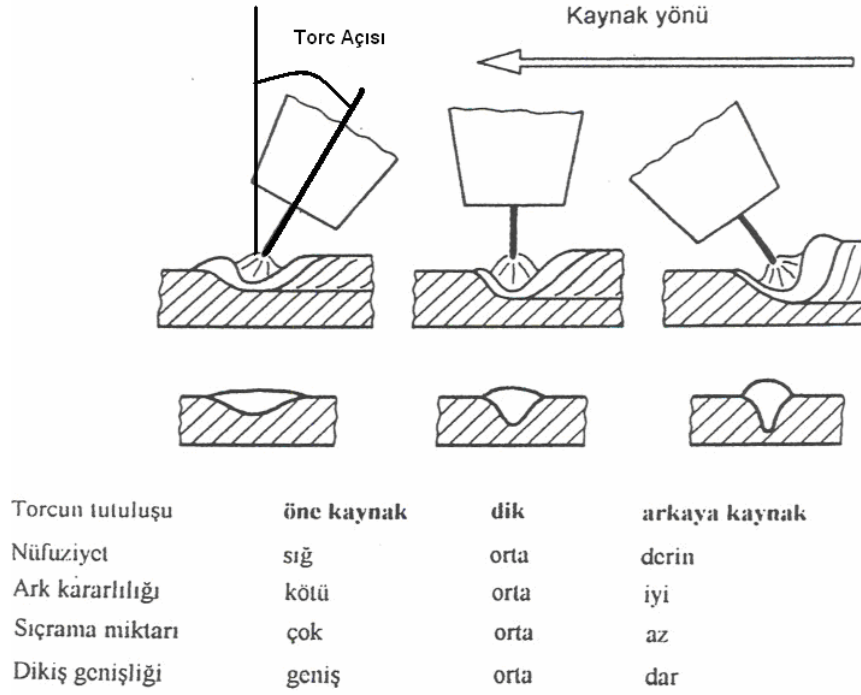


Şekil 1.7b Salınım mekanizması

### 1.2.2.3. Kaynak tabancasının (torc) açısı

Kaynak yüksekliği, genişliği ve nüfuziyeti; aynı torc pozisyonunda kaynak gerilimini, kaynak akım şiddetini ve kaynak hızını değiştirerek ayarlanabilir. Kaynak torcu kaynak yönüne ters doğrultuda en fazla 20<sup>0</sup>'lik bir açı ile tutulursa, kaynak banyosu ve erime kolaylıkla kontrol edilebilir. Eğer bu açı artarsa, nüfuziyet ve kaynak yüksekliği azalır. Bu durumda kaynak hızının artırılması gerekir, aksi takdirde kaynak banyosunun önünde yığılma olur ve kaynakta cüruf, kalıntı ve gözenek oluşumuna neden olur. Ayrıca

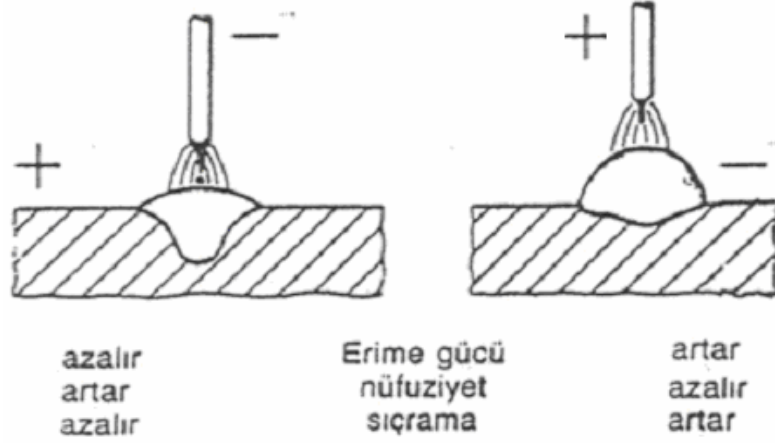
açının artması koruma gazının etkisini de azaltır. Kaynak yönünde en fazla 20°'lik torc açısı nüfuziyetin ve kaynak yüksekliğinin artmasına neden olur. Bu durum genellikle tam otomatik MIG tekniğinde uygulanır. Şekil 1.8 de bu durum gösterilmiştir.



**Şekil 1.8** Torc açısının kaynağa etkisi

#### 1.2.2.4. Kutuplama

Yüksek akım şiddeti ile yapılan kaynaklarda oluşan ark üflemesinin olumsuz etkilerini önlemek için iş parçasının doğru kutuplanmasına dikkat edilmelidir. İş parçası pozitif kutba bağlandığında iş parçasındaki nüfuziyet ve kaynak derinliği artar (Şekil 1.9).



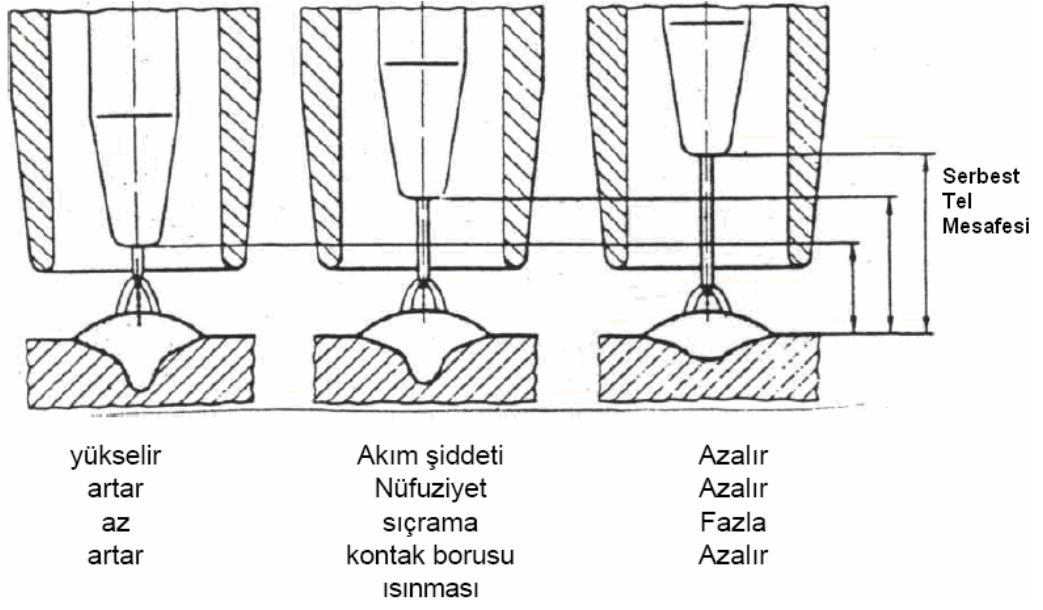
**Şekil 1.9** Kutuplamanın kaynağa etkisi

#### 1.2.2.5. Serbest tel mesafesi

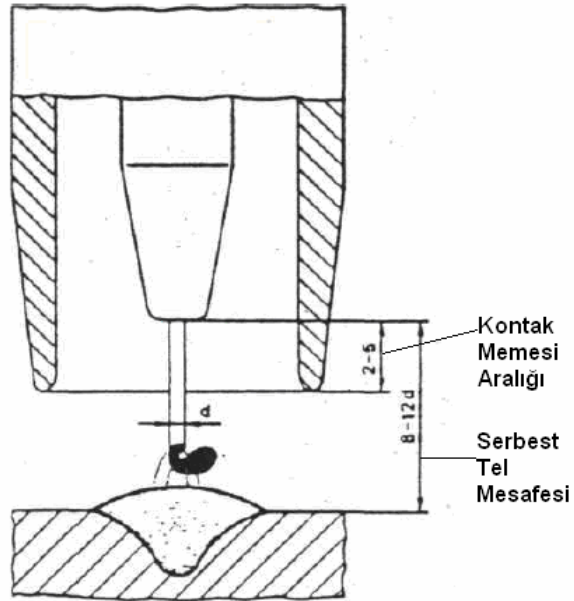
Akım memesinin alt tarafından iş parçasına olan mesafedir. Sabit tel ilerleme hızında ve sabit kaynak geriliminde, serbest tel mesafesinin değişmesi ile kaynak memesinin iş parçasına ve gaz memesine olan uzaklıkları da ark çeşitlerine göre değişmektedir. Şekil 1.10'da bu değişikliklerin etkileri gösterilmiştir <sup>(1)</sup>.

Arkın şekli sadece gerilim ve akım şiddetinin verilmiş olan salt değerlerine bağlı değildir, aynı zamanda elektrotun çapı, serbest tel mesafesi ve koruyucu gazın cinsi gibi faktörlere de bağlıdır <sup>(1)</sup> (Şekil 1.11). Önerilen serbest tel mesafesi elektrot çapının 8 ila 12 katıdır.





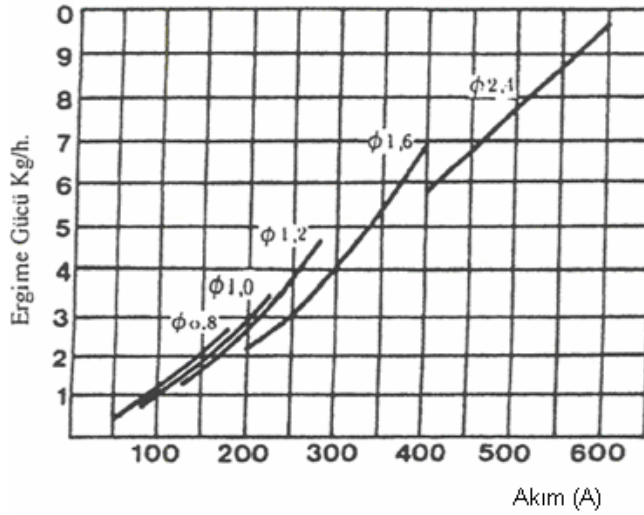
**Şekil 1.10** Serbest tel mesafesinin kaynağa etkisi



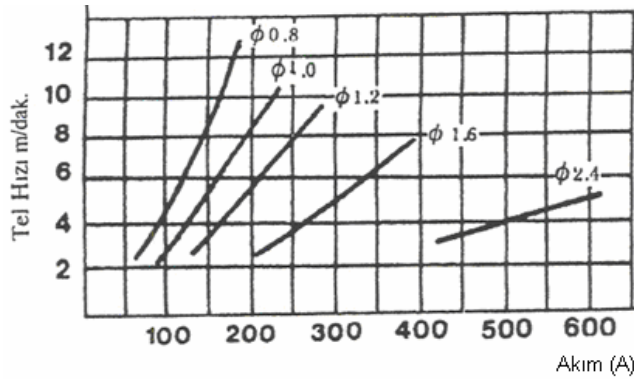
**Şekil 1.11** İdeal serbest tel mesafesi

### 1.2.2.6. Elektrot tel çapı

Şekil 1.11 ve Şekil 1.12' de çeşitli çaplardaki elektrot, akım şiddeti ve erime gücü aralarındaki ilişki gösterilmiştir. Belirli bir akım değerinde yapılan bir kaynakta daha yüksek erime gücü istendiğinde büyük çaplı elektrot kullanılır. Yine belirli bir akımda yapılan kaynakta büyük çaplı elektrot kullanıldığında tel hızını düşürmek gerekir.



Şekil 1.12 Akım şiddeti, tel çapı ve erime gücü arasındaki ilişki



Şekil 1.13 Akım şiddeti, tel çapı ve tel hızı arasındaki ilişki

### 1.2.2.7. Koruyucu gaz

Bütün koruyucu gaz yöntemlerinde olduğu gibi MIG yönteminde de koruyucu gazın ark bölgesini tamamen örtmesi ve atmosferin olumsuz etkilerinden koruması gerekir. Ark atmosferinin karakteri, kullanılan çeşitli gaz ve gaz karışımlarına bağlı olarak değişir. Argon, helyum gibi asal gazların meydana getirdikleri ark atmosferi nötr bir karakter göstermesine karşın, argon gazına oksijen veya karbondioksit gibi aktif gazların karıştırılmasıyla ark atmosferine oksitleyici bir karakter kazandırabilir. Hidrojen gazının karıştırılması halinde ise indirgeyici bir gaz atmosferi oluşur. Argon gazına oksijen veya karbondioksit gazlarını karıştırılması ile oluşan ısıveren bir tepkime neticesinde kaynak banyosunun sıcaklığı yükselir ve yüzey gerilimi zayıflar. Böylece kaynak banyosunun akıcılığı yükseltilmiş ve gazı giderilmiş olur. Ayrıca, koruyucu gazın oksijen içermesi düşük akım yoğunluklarında da ince taneli ve kısa devresiz damla geçişinin (Püskürmeli ark) oluşmasına yardımcı olur<sup>(3)</sup>.

Çeliğin MIG kaynağında argon gazına oksijen ve karbondioksit karıştırılmaktadır. Böylece oksijen kolay eriyen oksitlerin oluşumunu hızlandırarak, eriyen elektrot telinden düşen damlaların yüzey gerilimini zayıflatmakta ve ince taneli bir metal geçişi sağlamaktadır.

Oksijenin, oksitleyici etkisi oksijene karşı büyük bir etkileşimi olan mangan, silisyum, alüminyum, titanyum, zirkonyum gibi alaşım elementlerinin kaynak telindeki miktarının artırılması ile dengelenir. Koruyucu gazların farklı kimyasal ve fiziksel özelliklerinden dolayı, düzgün ve sakin yanışlı bir ark ile kaynak yapabilmek için, her bir gaza belirli bir ark gerilimi ve akım şiddeti

uygulamak gerekmektedir. Örneğin; karbondioksit molekülünün ayrışması için yüksek akım yoğunluğuna gerek vardır. Bunun neticesi olarak iri taneli, sıçramalı bir damla geçişi meydana gelir ve derin nüfuziyetli kaynak dikişleri elde edilir. Bununla beraber bazı metal ve alaşımların kaynağında argon gazında çok düşük derecede bir safsızlık bulunması, kaynak dikişinde oksit, nitrür ve gözenek oluşmasına sebep olmaktadır.

Asal gazlar, kabuklarındaki bütün yerlerin elektronla dolu olması, diğer bir deyimle dış kabuğun kapalı olması dolayısı ile diğer elementlerin atomları ile elektron alışverişinde bulunmazlar; yani kimyasal bir reaksiyon meydana getiremezler. Koruyucu gaz kaynağı yöntemlerinde, asal gaz olarak helyum ve argon kullanılır.

Argon gazı içinde oluşan arkın gerilim düşümü diğer koruyucu gazlara nazaran daha azdır. Ayrıca argonun ısı iletme kabiliyetinin de zayıf olması dolayısı ile ark sütunu daha geniş ve sıcaklığı bilhassa dış yüzeylerde düşüktür. Sütunun merkezinde gerek metal buharları ve gerekse damla geçişi dolayısı ile sıcaklık daha yüksektir. Bu bakımdan argonu koruyucu gaz olarak kullanarak yapılmış kaynak dikişlerinde nüfuziyet dikişin merkezinde derin, kenarlarda azdır.

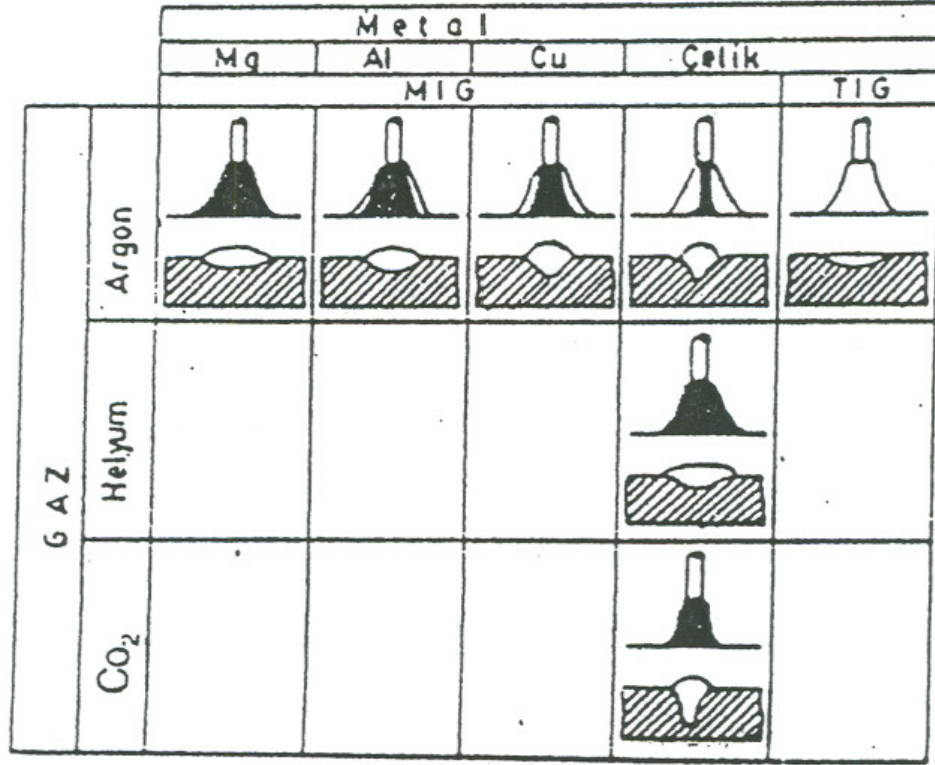
Al ve Cu gibi metallerin kaynağı için uygun olan argon, çeliklerde ancak başka gazlarla karıştırılarak kullanıldığında iyi neticeler vermektedir. Helyumun havadan çok hafif olması gaz sarfiyatını çok arttırmaktadır. Örneğin; yatay pozisyonda aynı şartlarda argonun yaptığı korumayı sağlamak için 3 misli helyuma ihtiyaç vardır. Helyum atmosferi, ısıyı iyi iletmediğinden, bu gazın koruyucu gaz olarak kullanılması halinde nüfuziyeti iyi

kaynak dikişleri elde edilir. Ark geriliminin düşümü de argona nazaran yüksek olduğundan, helyum atmosferinde oluşan kaynak arkı daha yüksek enerjilidir. Bu bakımdan ısıyı iyi ileten metallerin kalın kesitlerinin kaynağında ön ısıtma gerektirmez. He ve Ar karışımı koruyucu gaz olarak yukarıda belirtilmiş olan özelliklerini karışım oranına göre gösterirler. Argon gazına az miktarda oksijen, çeşitli oranlarda CO<sub>2</sub> ilave ederek karışım gazlar elde edilir. Oksitleyici karakterdeki bu gazlar sadece bazı çeliklerin kaynağında kullanılır.

Karbondioksit atmosferi altında yapılan, diğer bir deyimle karbondioksiti koruyucu gaz olarak kullanan kaynak yöntemine Metal Active Gas kelimelerinin baş harflerinden faydalanılarak MAG adı verilmiştir. Alüminyum, magnezyum ve alaşımları gibi kolaylıkla oksitlenen malzemelerin kaynağında CO<sub>2</sub> gibi aktif bir gaz kullanılmamasına rağmen, bu gaz çeliklerin kaynağında yeni imkânların ortaya çıkmasına sebep olmuştur.

Karbondioksit, argon gibi mono atomik elementer bir gaz olmadığından, arkın yüksek sıcaklığında karbon monoksit ve oksijene ayrışır. Serbest kalan oksijen kaynak banyosundaki elementlerle birleşir; ark sütunu içinde iyonize olan gaz kaynak banyosuna doğru gelir ve bir miktarı tekrar karbondioksit haline geçer ve dolayısı ile ayrışma esnasında almış olduğu ısıyı tekrar verir. Bu da dikişin nüfuziyetinin artmasına yol açar<sup>(3)</sup>.

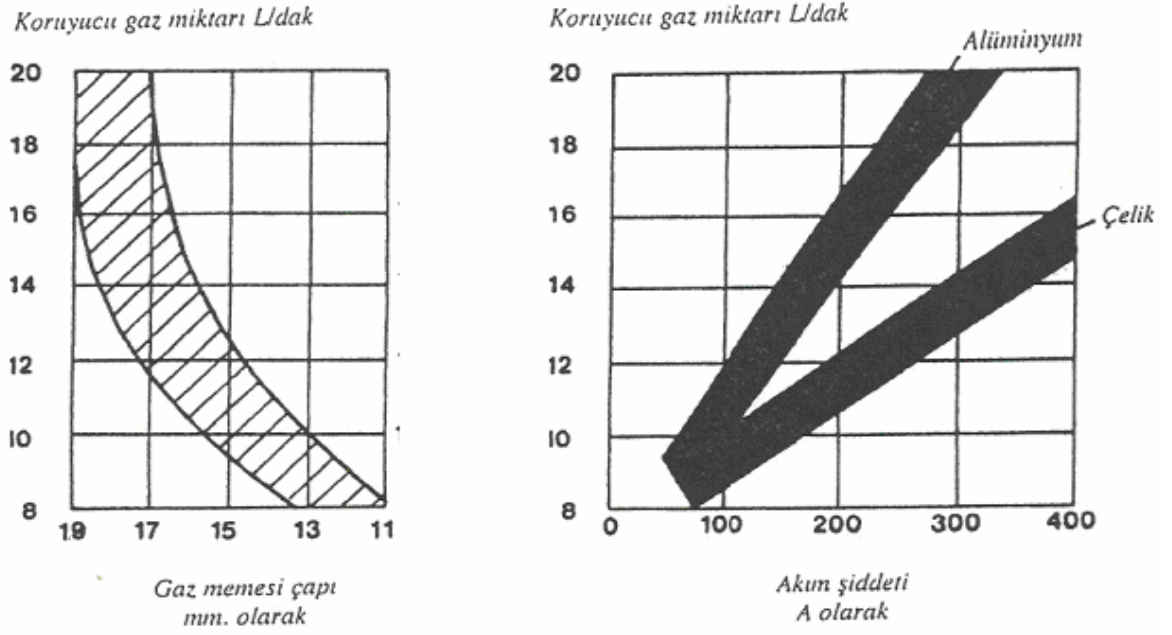
Koruyucu gaz cinsine göre iş parçasındaki nüfuziyet Sekil 1.13'de gösterilmiştir.



**Şekil 1.14** Gaz atmosferinin kaynak arkına ve dikişine etkisi

Banyo içinde ayrıca serbest oksijenin oluşturduğu demir-oksit mangan, silisyum ve karbon tarafından indirgenir. Mangan ve silisyum kaybı kaynak telinin bileşimi tarafından karşılanır. Bu bakımdan çeliklerin kaynağında MIG kaynak telleri, MAG yönteminde kullanılamaz.

Koruyucu gaz debisi; ark tipi, erime gücü, iş parçası, gaz memesinin çapı, gaz memesinin iş parçasına olan mesafesine, kaynak pozisyonuna ve ortamdaki hava dolaşımına göre değişmekle birlikte genel olarak kullanılan elektrotun çapının 10 katı (litre/dakika) kadardır. Şekil 1.15'de gaz memesi çapına ve akım şiddetine göre gaz debisi ayarı gösterilmiştir.



**Şekil 1.15** Gaz sarfiyatı, tel çapı, lüle çapı ve akım şiddeti arasındaki ilişki

### 1.3 Önceki çalışmalar:

Tomio Umino, Munenobu Suzuki ve Tomokiko Shida <sup>(4)</sup> 1976 yılında bakır ve bakır esaslı alaşımlarla demir ve demir esaslı malzemelerin kaynağı sırasında kaynak kısımlarında çatlak oluşumlarını engelleyecek yeni bir kaynak yöntem geliştirdiler. Ayrıca bu yöntemle kaynak metali içerisindeki bakır ve demirin ayrılması en az seviyeye çekilerek kaynak kısmının korozyon direncini yükselmişlerdir.

Ahmet Z. Şahin, Bekir S. Yibaş, M. Ahmed ve J. Nickel <sup>(5)</sup> 1998 yılında bakır ve çelik çubukların sürtünme kaynağı ile birleştirilmeleri sonucunda oluşan ısı transferini teorik ve deneysel olarak incelemişlerdir. Kaynak bölgesinde yaptıkları incelemelerin sonucunda kaynağın mekanik özelliklerini etkileyen kaynak parametlerin değişimi ile istatistiksel bir çalışma yapmışlardır.

Araştırmalar ısı tesiri altındaki bölgenin (ITAB)'ın genişliği çevresel ve aksenal yönlerde sıcaklık değişimleriyle etkilendiğini göstermiştir. Daha yüksek sıcaklık değişimlerinde daha geniş ITAB oluşur. Dairesel yönde, kaynak ara yüzeyinde oluşun sıcaklık değişimleri difüzyon işlemi ve ısı tesiri altındaki bölgenin (ITAB) gelişimi için anahtar rol oynamaktadır ve kaynağın kalitesini etkiler. Farklı sıcaklık ve fiziksel özelliklere sahip metallerin sürtünme kaynağı sırasında belli bir miktar yumuşamanın olduğu görölmüştür.

2001 yılında Cemal MERAN <sup>(6)</sup> doktora tezinde pirinç malzemelerin kaynak edilebilirliğini araştırarak, kaynak için uygun parametreleri tespit etmeye çalışmıştır. Kaynak akımı, kaynak hızı, kaynak esnasında kullanılan koruyucu gazın miktarı, elektrot turu, torç açısı, elektrot uç açısı, darbeli akım kullanmak, kaynak edilen malzemenin kimyasal bileşimi gibi faktörlerin kaynak dikişi özelliklerine (nüfuziyet, çekme dayanımı, sertlik, iç yapı, dış görünümu, vs.) etkilerini tespit etmiştir.

S. M. Darwish <sup>(7)</sup> 2004 yılında farklı metallerin nokta kaynağı ile birleştirilmeleri çalışmalarında; pirinç ve çelik levhaların nokta kaynağı ile birleştirilmeleri sırasındaki yapışma yüzeylerindeki gerilmeleri teorik ve deneysel olarak incelemiştir. Çalışmalar şunu göstermiştir ki; benzer metallerin kaynağında gerilim hattı simetrik ve parçaların uçlardan kaynak ara yüzeyine doğru yoğunlaşmıştır. Diğer taraftan, farklı metallerin kaynağında gerilim yoğunlaşması erime noktası daha düşük olan daha zayıf parçaya doğrudur. Kaynak yüzeylerinin arasında kullanılan ara yüz parçası sadece kaynağı güçlendirmekle kalmayıp, aynı zamanda farklı metaller



arasındaki gerilim dengesini de sağlamıştır. Böylece farklı metallerin kaynağında görülen gerilim yoğunlaşması önlenmiştir.

T.A. Mai ve A.C. Spowage <sup>(8)</sup> 2004 yılında farklı metallerin lazer kaynağı ile birleştirilmeleri incelemişlerdir. Farklı metal örneklerinden biri olan bakır ve çeliğin doldurma metali olmadan lazer kaynak yöntemi ile birleştirilmeleri sonucunda kaynak bölgesindeki gerilmeler, mikroyapı, sertlik ve benzer özelliklerini incelemişlerdir. Yüksek enerji yoğunluğu ve bölgesel enerji aktarımı sebebiyle, lazer kaynağı sıcaklık dağılımını sınırlandırmış ve kaynak bölgesini daraltmıştır. Böylece gevrek ara yüz fazların oluşumu önlenmiştir.

Won-Bae Lee, Young-Jig Kim ve Seung-Boo Jung <sup>(9)</sup> 2004 yılında TiAl ve AISI 4140 malzeme arasında sürtünme kaynağının özellikleri incelemişler. Ara yüzeylerde çatlak oluşumunu engellemek, bakırı gerilim gidermeyi önlemesi için saf bakırı her iki metalin arasına ilave etmişlerdir. Kaynak sonrasında bakırın her iki metal yüzeyindeki birleşimini, mikroyapı ve mekanik özelliklerini incelemişlerdir. TiAl gevrek yapısı ve martenzit faz değişimi sırasında hacim genişmesi, TiAl ve AISI 4140 Kaynağı sırasında, kaynak ara yüzeyinde çatlak oluşumuna neden olmuştur. Çatlağın oluşumu ve geniş çaptaki martenzit faz oluşumu ara metal ilavesi ile önlenmiştir. Ara metal olarak kullanılan saf bakır, AISI 4140 tarafında ITAB' in genişliğini azaltmıştır.

Gandham Phanikumar, Sambandam Manjini, Pradip Dutta, Jyotirmoy Mazumder ve Kamanio Chattopadhyay <sup>(10)</sup> 2005 yılında değişik üretim şartlarında sürekli CO<sub>2</sub> altında lazer kaynağı yöntemi ile demir ve bakıra alın

kaynağı uygulamışlardır. Bu çalışma ile kaynak kısmının mekanik ve mikroyapı özelliklerini incelemişlerdir.

I. Magnabosco, P. Ferro, F. Bonolla ve L. Arnberg <sup>(11)</sup> 2006 yılında bakır levhalarla üç farklı paslanmaz levha arasında elektron darbe kaynağı yöntemi ile birleştirme yapmışlardır. Farklı kalınlıktaki numuneler için farklı kaynak parametreleri kullanarak yaptıkları kaynak denemelerinde bakır çelik ara yüzeylerinde ve ana metallerdeki mikro yapı ve sertlik incelemeleri yapmışlardır. Araştırmalar farklı metallerin kaynağının çok hassas olduğunu göstermiştir. Kaynak edilecek metallerin farklı erime noktalarından dolayı, kaynak ara yüzeyinde bakırda çelik tanecikleri ve çelikte de bakır taneciklerinin oluştuğu görülmüştür. Katılaştıran çelik içinde kalan bakırın soğuma sırasında çekmesi kaynak bölgesinde gözeneklere neden olmuştur. Üç numune arasında yapılan kaynaklardaki farklılıklar; şayet işlem parametrelerinin (güç kaynağı, kaynak hızı, kaynak pasosu v.s.) optimizasyonu kesin bir şekilde yapılırsa kaynak işleminin istenildiği gibi yapılabileceğini göstermiştir.

#### **1.4 Çalışmanın amacı:**

Bu çalışmada, silindirik 4140 çelik malzeme yüzeyinde bir yatak vazifesi görecek pirinç malzemenin MIG kaynak yöntemi ile kaynak edilmesi değerlendirilmiştir. Bu dolgu kaynağı uygulaması için gerekli işlem ve aparatlarla ilgili düzenek oluşturulmuştur. Uygulanan kaynak parametrelerin kaynak nüfuziyetine olan etkileri doğrultusunda istenilen kaynak kalitesine ulaşmak için denemeler yapılmıştır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Kullanılan teller

Kaynakta elektrot malzemesi olarak kullanılan bakır, oksijenden arındırılmıştır. (Ek-8). Bakırın oksijenden arındırılması iki metotla yapılır. Bakıra %0.01–0.04 oranında fosfor ilave edilerek oksijen uzaklaştırılır. Alternatif olarak, bakır imali sırasında eriyik bakırın dökümünde karbonlu gazlardan yararlanılır veya koruyucu gaz atmosferi altında işlem yapılır. Bakır içinde oksijen bakır oksit tanecikleri halinde dağılmıştır. Bakır oksitin ergime sıcaklığı bakırdan biraz daha düşüktür. Bu yüzden kaynak sırasında bakır oksit tane sınırlarında birikerek sünekliğin kaybolmasına sebep olur. 700° C üzerindeki sıcaklıklarda Cu (bakır), H<sub>2</sub> (hidrojen) ve CO (karbon monoksit)'i kolaylıkla emebilir. Eğer bu gazlar bakırın içindeki O<sub>2</sub> (oksijen)le birleşirse CO<sub>2</sub> (karbondioksit) ve su buharı oluşur ki bu gazların her ikisi de bakır içerisinde eriyebilme özellikleri olmadığından tane sınırları arasında basınç yaratarak çatlama yol açabilirler. “Hidrojen hastalığı” da denen bu olayı önlemek için bakır fosforla deoksidize edilir. <sup>(12)</sup>

Yardımcı besleme teli olarak kullanılan pirinç tel (Ek-9) arkın direk çarpmasından korumak için bir tampon vazifesi görür. Oluşan ark, çeliğin erimesini azaltır ve erimiş bakır dolgusunun çeliğin tane sınırlarındaki nüfuziyetini en aza indirir. Besleme teli ayrıca, iş parçasının bir tur sırasında, dolguyu tamamlamak için gerekli metal miktarını sağlar <sup>(5)</sup>.

## 2.2. Kullanılan kaynak düzeneği

Kaynak doğru akımla, bakır elektrot pozitif uğta ve ana metal negatif uğta olacak Şekilde yapılır. Torc bir salınım kafasına monte edilir. Salınım deđiŐkenleri zamana ve/veya ağıya bağlı salınım frekansı ve genişliğini içerir. Buna ilave olarak nœtr olarak y¼klenen yardımcı tel (pirinę tel) salınım kafasına konumlandırılır. Őyle ki, elektrot (bakır tel) ile d¼zg¼n bir hizalama sağlanır. Şekil 2.1'de gœsterildiđi gibi belli bir deđiŐtirilebilir geometrik ilişki sağlanır. Elektrotun ve yardımcı telin hizalanması œnemlidir. Elektrot ve besleme teli sisteminin her ikisinde de telin hizalanması için dœnen tipte bir tel doğrultucu kullanılır. Kaynak torcu ve besleme teli, salınımın X, Y ve Z yœnlerinde hareket edebileceği Şekilde yerleŐtirilir. Kaynak torcu ve yardımcı tel, torc açısının 0<sup>0</sup>'den 20<sup>0</sup>'ye kadar deđiŐebilmesini imkân sağlayacak Şekilde konumlandırılır ve kaynak torcu ile yardımcı telin arasındaki açı da deđiŐtirilebilir.

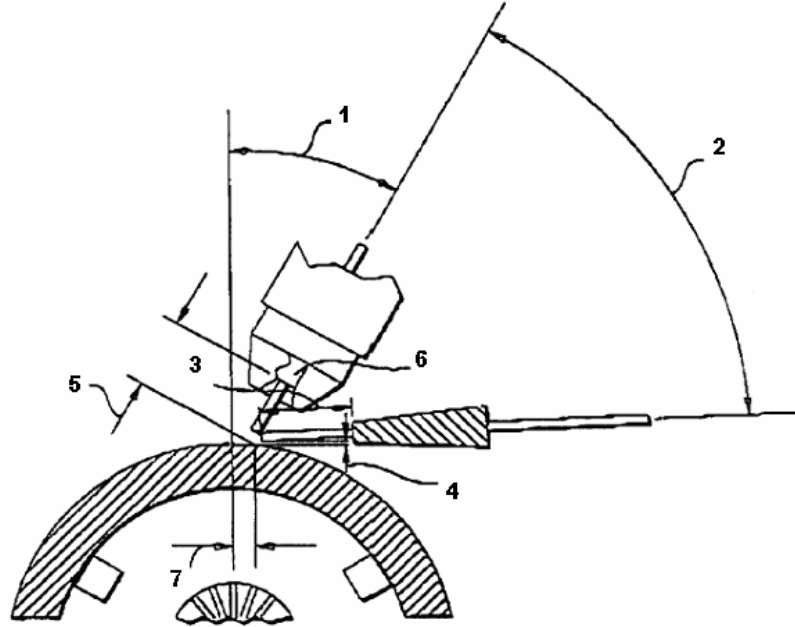
Kaynak edilecek kısım, programlanabilir bir dœnme hızında salınım kafası altında dœner ve değişebilir genişlikte bir kaynak dolgusu sağlayacak Şekilde aşağıda belirtilen tezgah parametrelerin değişimi doğrultusunda tatbik edilir.

- Dœnme hızı,
- Salınım frekansı,
- Elektrot tel besleme hızı,
- Yardımcı tel besleme hızı,
- Torc açısı (  $\alpha$  ),

- Yardımcı telin torc ile yaptığı açı ( 2 ),
- Torc yüksekliği (z yönünde) ( 5 ),
- Torc konumu (x yönünde) ( 6 ),
- Torc-iş parçası merkezi konumu (y yönünde) ( 7 ),

Torcu takip eden metal silindirin iç kısmında, bir su soğutma jeti kullanılır ve torc salınım genişliğini kapsayacak bir su püskürtmesi ile silindirin iç yüzeyini örter.

Torc, torc açısı ( 1 ), yardımcı telin torc ile yaptığı açı ( 2 ), yardımcı tel kılavuz ucunun kaynak edilecek kısma olan mesafesi ( 3 ) ve yardımcı tel kılavuz ucunun kaynak edilecek kısımdan yüksekliği ( 4 ) ile ilişkili olarak ayarlanabilir.



**Şekil 2.1** Elektrot, besleme teli, su jeti ve iş parçasının konumu

Torcun konumu kaynak edilecek kısmın dik ekseninden yatay eksenine doğru olacak şekilde ayarlanabilir. Kaynak edilecek kısım kontrol edilebilen bir dönme hızında salınan torcun altında döner ve istenilen genişlikte bir kaynak dolgusu uygulanır.

Uygulamanın kalitesi, yukarıda belirtilen tezgâh parametrelerinin değişimi ile kontrol edilir.

Gaz metal ark kaynak cihazı bir kaynak adımları serisini kontrol eden, bir kontrol mekanizması kullanarak, programlanabilir. Bu adımlar serisi, bir kaynak tablosu oluşturmak için kullanılabilir. Bu kaynak tablosunun her bir adımı kaynak edilecek kısmın açısal konumuna veya aşağıdaki parametrelerin süresel durumuna göre tarif edilebilir.

- Dönme hızı (RPM),
- Salınım frekansı (salınım sayısı/dakika),
- Elektrot tel besleme hızı (mm/dakika),
- Yardımcı tel besleme hızı (mm/dakika),
- Gerilim (Volt),
- Akım şiddeti (Amper),
- Koruma gazının akış hızı (lt/dak),

Bir kaynak tablosu 6 adımdan oluşur. Verilen genişlikte kaynak edilecek kısmın, tüm çevresi boyunca sürekli bir kaynak dolgusu oluşturmakla ilişkilendirilen *altı aşamalı* kaynak şunları içerir.

- *Kaynak arkını başlatma,*
- *Kaynak yükseltisi,*
- *Kaynak,*
- *Kaynak duruşu,*
- *Kaynağın üst üste gelmesi,*
- *Arkın kesilmesi.*

Ark başladığında, torc salınımda olabilir veya sabit tutulabilir. Kaynak arki başladığı zaman, salınım aralığının üstünde bir eriyik oluşur ve gövde kontrol edilen bir hızla dönmeye başlar. Dönme hızı; elektrot ve yardımcı tellerin çapına, besleme hızlarına ve elektrota uygulanan akım şiddetine bağlıdır.

Gövde tüm çevresinin küçük bir oranında döndüğü sırada kaynak yükseltisi sağlanır. Kaynak yükseltisinin amacı, ilk kaynak dolgusu üstündeki kapatmayı tekrar eritmeyi ilerleten belli bir geometride küçük bir kaynak dolgusu oluşturmaktır.

Kaynak yükseltisinden, tüm çevre boyunca kaynağın büyük bir kısmını gerçekleştirmek amacıyla gerekli *kaynak aşamasına* geçilir. Gövde kendi ekseninde tam bir devir döndüğünde ve kaynak havuzu ilk kaynak dolgusuna ulaştığında ilk kaynak dolgusunun tekrar eritilmesi ve dikişsiz, sürekli çevresel bir kaynak oluşturmak için gövdenin dönmesi durur. Dikişsiz sürekli bir dolgu üretmek için elektrot besleme hızı ve akım değerlerinin zamana bağlı ayarlanabildiği bu evre kaynak duruşudur. Pek çok durumda, yardımcı

telin beslenmesi birleşmede veya kaynak duruşundan hemen önce durdurulur.

Kaynak duruşundan sonra, ilk kaynak dolgusunu kapatmak ve sürekli bir kaynak oluşturmak için gövde tekrar dönmeye başlar. Bu kapatma evresinde, dönme hızı elektrotun besleme hızı ve elektrotun akım değerlerine bağlıdır.

Kapatma evresinden sonra; gövdenin dönmesi durur, torcun salınımı durur ve ark kesilir.

## 2.2 Kullanılan Isıl İşlem yöntemi

Kaynak dolgusundan hemen sonra ısı tesiri altındaki bölgede çatlak oluşumunu önlemek için gerilim giderme tavlama veya ısıl işlem yapılmalıdır.

Isıl İşlemde üç temel basamak vardır <sup>(5)</sup>.

a) Östenitleme,

b) Soğutma,

c) Menevişleme.

**Östenitleme:** Homojen bir östenit tane yapısı elde etmek için iş parçası gaz ısıtılmalı atmosfer kontrollü bir fırında 850-870°C sıcaklıkta yaklaşık 1 saat bekletildi. Çelikte tortu oluşmasını ve karbon azalmasını önlemek için fırın içinde koruyucu bir atmosfer, genellikle azot ile, sağlandı. İş parçası homojen bir sıcaklığa ulaştığı zaman, yağ banyosuna daldırıldı.



**Soğutma:** Soğutma, istenilen mekanik özelliklerin sağlanması için önemlidir. İş parçası yağ banyosuna içine daldırıldı ve 30–40 dakika banyoda soğumaya bırakıldı. Yağ banyosunun sıcaklığı 66–121°C arasında sağlandı ve iş parçasının homojen soğuması için yağ banyosu karıştırıldı.

**Menevişleme:** Banyo sıcaklığına soğutulduktan sonra, iş parçaları üzerinde kalan soğutma yağının temizlenmesi için yıkandı, kurulandı. Sonra iş parçası gaz ısıtımli menevişleme fırınına taşındı. Menevişleme fırını, östenitleme fırını ile aynı tasarlanmıştır. Sadece atmosfer koruması yoktur, doğrudan gaz alevi gönderilir. Menevişleme operasyonu, istenilen mukavemet ve sünekliği sağlamak için sert kırılğan martensit yapıyı yumuşatır. Böylece ani soğuma sonucu oluşacak martensitik yapı önlenmiş olur. Yüksek menevişleme sıcaklığı, daha düşük mukavemet ve daha yüksek süneklik sağlar. Menevişleme işleminde iş parçaları sıcaklığı 560°C olan fırında 2 saat bekletildikten sonra atmosferde soğutulmaya bırakıldı.

Isıl işlem sonrası pirinç dolgu kaynağına ve çelik malzemeye sertlik testi yapıldı. Çelik malzemenin akma ve uzama değerlerine bakıldı. Böylece sertlik dağılımının ve istenilen mekanik özelliklerin karşılandığından emin olundu.

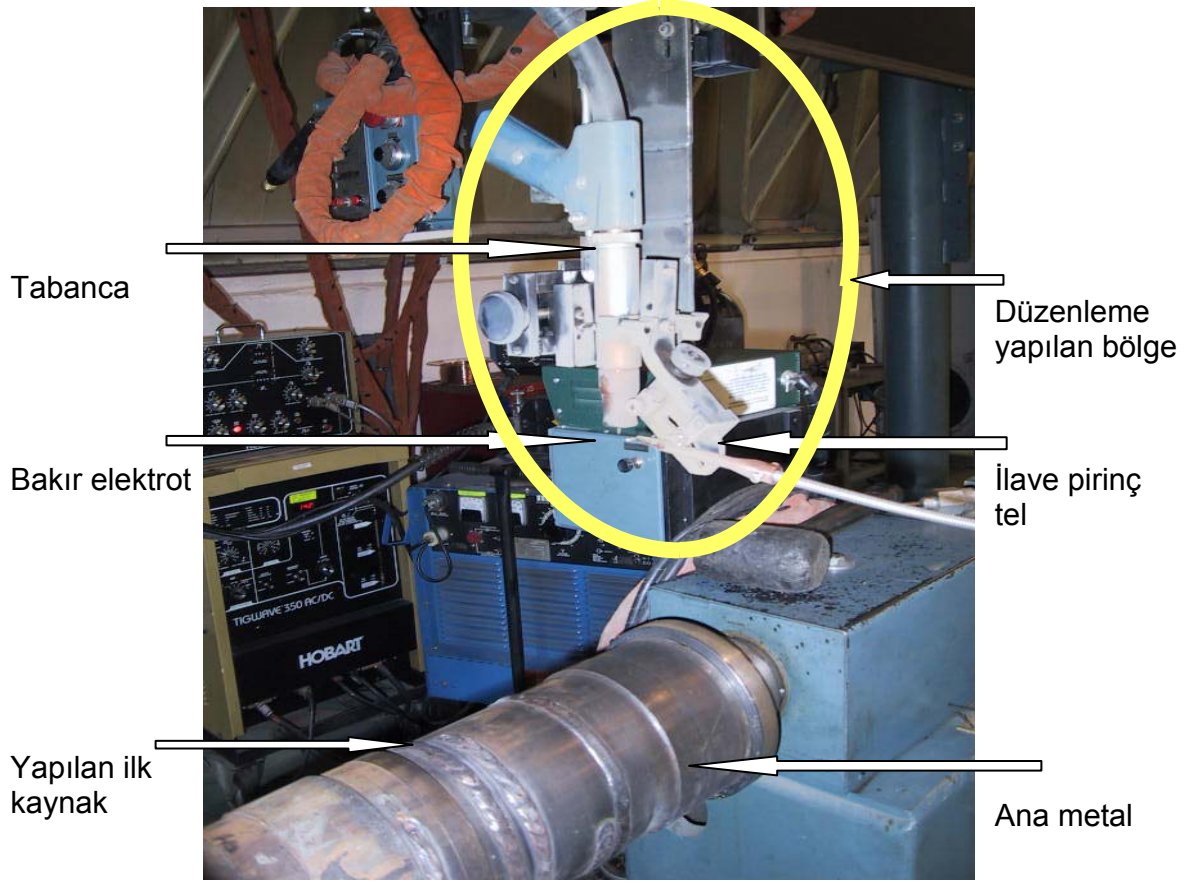
### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Çalışmalarda aŐağıdakiler hedeflenmiŐtir,

- Malzeme üzerine iki ayrı tel (bakır ve pirińç ) besleme yolu ile kaynak yapabilmek,
- Kaynak sonrası kimyasal kompozisyonu sağlayabilmek,
- Kaynak kalitesini (gözenek, çatlak, nufuziyet eksikliği olmadan) temin etmek,
- Kaynak sonrası ana metalden beklenen mukavemet değerlerini sağlamak.

MIG yöntemiyle yapılan kaynak işlemi için kaynak makinesinde düzenleme yapıldı (Şekil 3.1). İŞ parçasına 2,4 mm kalınlığında iki ayrı telin sürülebileceği ilave tel ile MIG kaynağı yapabilmek için, torc sistemi deđiŐtirildi, iki tel sisteminin iş parçasına ve birbirlerine göre açısız konumları belirlendi, iş parçasının kendi ekseni etrafında dönebileceği aparatlar yapıldı.

İŞlemin uygulanması aŐamalarında, dolgu kaynağı yapılacak olan parça tezgâhta kendi ekseni etrafında belli bir hızda dönecek Şekilde devir sayısı ayarlandı.



**Şekil 3.1** Kaynak tezgahında yapılan düzenlemeler

Kaynak sırasında arkın uzunluğu ve çelik gövdedeki erozyon kontrolü önemlidir. Demir miktarı, iş parçasındaki kaynağın kalitesinin bir göstergesidir. Kaynak bittikten sonra dolgu kaynağı belli bir çapa kadar tornalandı (Şekil 3.2.a ve Şekil 3.2.b). Demir miktarını belirlemek için, tornalanmış kaynak dolgusu yüzeyinden az bir miktar dolgu kaynağı talaşı alındı ve asitte çözüldü. Alınan numune atomik gaz soğurma tayf metresi alevi ile test edildi. Test yaklaşık 15 dakika alabilir ve kaynak makinesinin toleranslar dışında çalışıp çalışmadığını belirlemek için önemli bir araçtır <sup>(5)</sup>.



**Şekil 3.2.a** Kaynak sonrası iş parçası



**Şekil 3.2.b** Kaynak sonrası iş parçasının kaba tornası

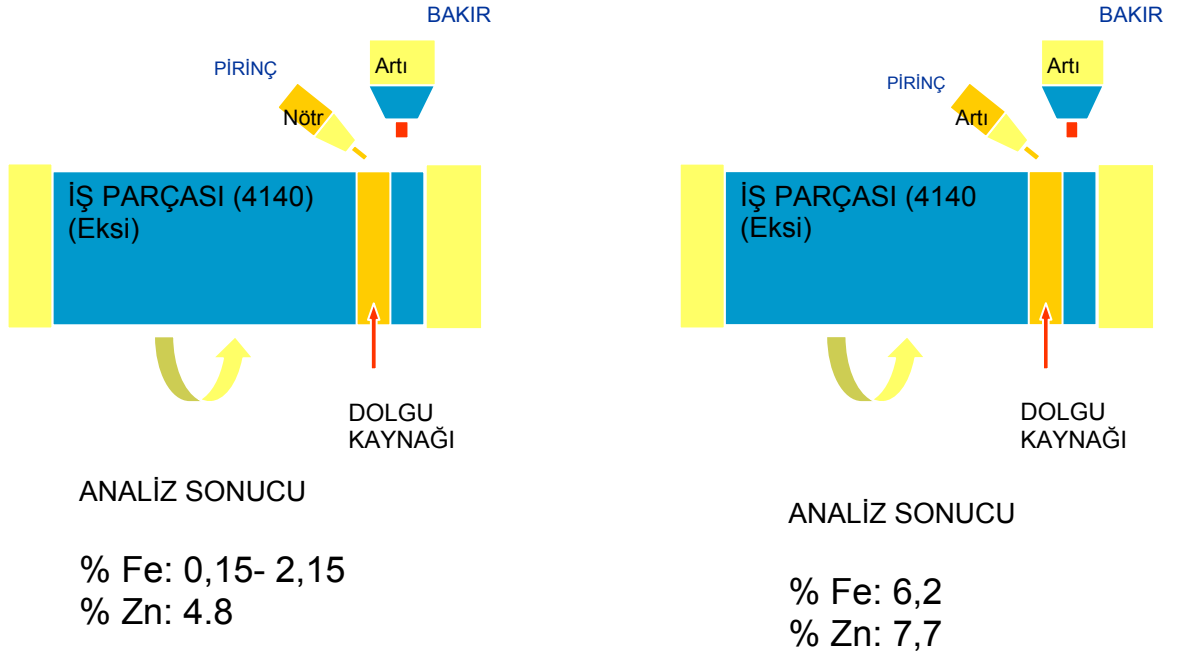
İlk yapılan kaynak denemesinde ana metal artı kutupta ve bakır elektrot eksi kutupta olacak şekilde ayarlar yapıldı. Dolgu bölgesinden alınan numunelere yapılan kimyasal analiz sonucunda demir miktarının %17 çinko miktarının %2,5 olduğu görüldü. Aşırı miktarda demir erimesinin olduğu bu durumdan vazgeçildi ve kutuplar değiştirilerek, ana metal eksi, bakır elektrot artı kutupta olacak şekilde çalışmalara devam edildi,

Demir miktarının aşağı çekilmesi amaçlanarak ikinci kaynak yapıldı. Çevresel yapılan kaynak denemesi sonucunda, yüksek akım değerlerinde demir oranının %11, çinko oranının %4,2 olduğu görülmüştür. Düşük akım değerlerinde demir %7,2, çinko %4,6 oranında görülmektedir. Akımın düşürülmesi sonucu ana metalden daha az demir erimesi sağlanmış ve biraz daha fazla çinkonun kaynak havuzuna girmesi sağlanmıştır,

Makine üzerinde yapılan ilave değişiklikler sonucu torc hareketinin zik-zak hareket yapması sağlandı. Ayrıca kaynak dolgusunda yüksek nüfuziyetten dolayı meydana gelen demir miktarının artmaması için iş parçasının kaynak esnasında içerden soğutulması sağlandı.

Sağa sola zik zak hareketleri ile ilerleme yapılarak kaynak kabiliyeti kazanmak için yapılan çalışmaların sonucunda, yüksek amper değerinde %Fe: 3,9, %Zn: 4,7 olduğu görülmüştür. Akım düşürülerek kaynağa devam edilmiş ve ilk yapılan kaynakta %Fe: 17, %Zn: 2,5 iken gelinen nokta %Fe: 0.15, %Zn: 4,6 olmuştur,

İki ilave tele de akım verilerek yapılan son denemede (Şekil 3.3) Zn oranının %7.7 olduğu görülmüştür. Fakat pirinç tele akım vermenin olumsuz etkisi demirdeki artışa sebep olmuştur.



**Şekil 3.3** Besleme teline akım vermenin kaynağa etkisi

Ark kesilmesini önleme ve dolgu metali içerisinde bulunması gereken çinko içeriğinin artırılmasını hedefleyen çalışmalarda 2.4 mm çaplı bakır ve pirinç teller yerine 1,6 mm çaplı teller kullanıldı.

1.6 mm çap bakır elektrot ve 1.6 mm çap pirinç elektrot teller ile yapılan çalışmalar K harfi ile kodlanmış ve 1 (bir) den başlayarak numaralandırılmıştır. Kaynak bittikten sonra kimyasal analiz yapılarak kaynak dolgusundaki demir (%Fe) ve çinko (%Zn) miktarları incelendi.

K1, K2, K3 ve K4 olarak isimlendirilen iş parçalarından alınan analiz sonuçları çizelge 3.1'deki gibidir. Kaynağın başladığı bölgeden ( 20 derece) alınan numuneler A harfi ile (K1A gibi), tam karşısından (200 derecede) alınan numuneler ise B harfi ile (K1B gibi) gösterildi.

**Çizelge 3.1** Kaynak numunelerindeki Zn ve Fe değişimleri

	% Zn	% Fe
K1A	10,0	2,00
K1B	11,5	0,92
K2A	10,0	0,96
K2B	11,8	0,25
K3A	9,5	2,33
K3B	10,5	0,55
K4A	9,5	2,1
K4B	10,0	0,75

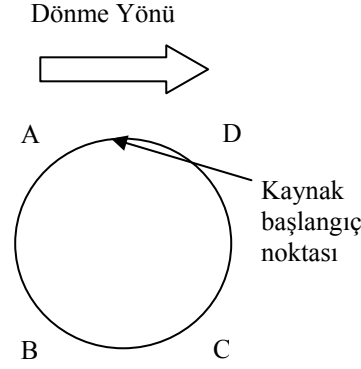
Yukarıdaki değerler incelendiğinde kaynağın A harfi ile belirttiğimiz başlangıç kısımlarında çinko miktarının, B harfi ile belirttiğimiz kaynak bitiminde elde edilen değerlerden çok az dūřuk olmasına rağmen; demir miktarında daha bŸyŸk oranda bir değişim sŸz konusudur. Bu değişimin nedenlerini belirleyebilmek için kaynak gerilimi 2 volt dūřŸrŸlerek, diğer kaynak parametreleri aynı kalmak şartıyla iki deneme daha yapıldı. Elde edilen değerler incelendiğinde (izelge 3.2) gerilimdeki bu ufak dūřŸřŸn sonucu etkilemediği gŸrŸldŸ.

**Çizelge 3.2** Kaynak numunelerindeki Zn ve Fe değişimleri

	% Zn	% Fe
K5A	10,8	0,54
K5B	9,5	2,2
K6A	10,7	0,44
K6B	9,0	2,2

Bir sonraki denemede ilave olarak, kaynak dolgusu yapılan kısım içerden su ile soğutuldu. Yapılan iş 159 mm çapa tornalandı. İş parçasının kaynak edilecek kısımdaki dış çapı 156 mm, iç çapı 130mm ve kalınlığı 13mm dir. İçin dönüş yönüne göre 90 derece aralıklarla dört farklı yerden numune talaş alındı. Alınan numuneler K7 diye adlandırıldı. Kaynağın başlama noktasından hemen sonra alınan numuneler A harfi ile belirtildi (şekil 3.4). Kaynağın bitim noktasına yakın yerden alınan numuneler D harfi ile belirtildi. Böylece, kaynağın başlangıcından bitim noktasına kadar çinko ve demir miktarlarındaki değişim gözlendi.





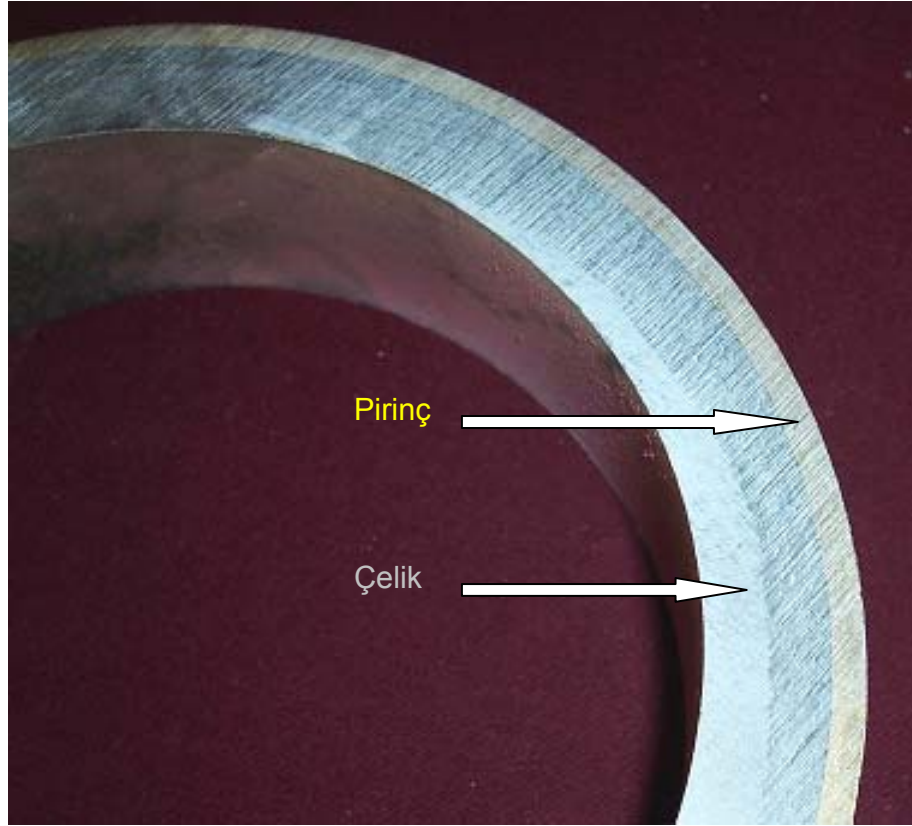
**Şekil 3.4** Kaynak numunelerini alma biçimi

Aşağıdaki analiz sonuçları (Çizelge 3.3) incelendiğinde K7 numunesinde kaynak başlangıcından bitime kadar kaynak havuzunda çinko miktarının artış eğiliminde olduğu gözlemlendi. Demir miktarının ise sadece kaynak başlangıcında yüksek olduğu ve daha sonra düşerek kaynak bitimine kadar kararlı bir seyir izlendiği görüldü. Kaynak başlangıcında oluşan yüksek sıcaklık daha fazla çinkonun (erime= 420<sup>0</sup>C, buharlaşma= 907<sup>0</sup>C) buharlaşmasına neden olmuş ve soğutmanın etkisiyle azalan ısı çinkonun buharlaşmasını azaltmış ve böylece kaynak havuzundaki çinko miktarı artmaya başlamıştır. Kaynak başlangıcında oluşan ark ve 1000<sup>0</sup>C nin üzerindeki yüksek sıcaklık demir (erime = 1537<sup>0</sup>C) nüfuziyetini artırmış daha sonra soğutmanın yardımı ile iş parçası üzerinde kaynak sıcaklığından dolayı oluşan ısı dağılımı kararlı hale getirilmiş bu da demir nüfuziyetini kaynak bitimine kadar kararlı kılmıştır.

**Çizelge 3.3 Kaynak numunelerindeki Zn ve Fe değişimleri**

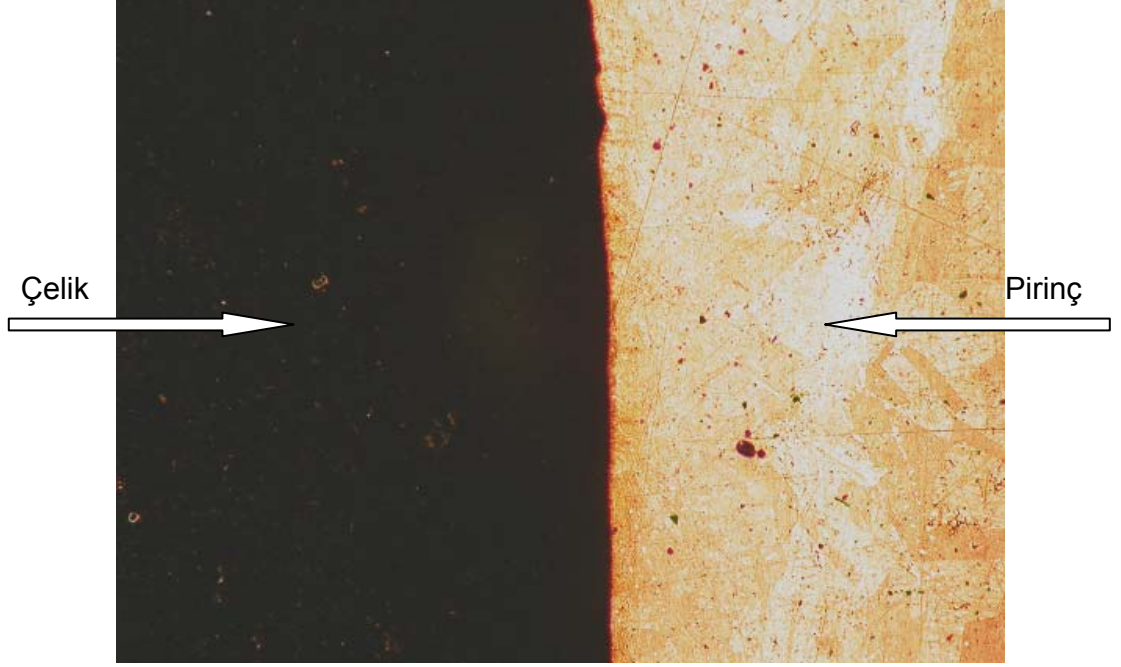
	% Zn	% Fe
K7-A	5,8	1,17
K7-B	8,6	0,45
K7-C	9,8	0,37
K7-D	10,3	0,65

Kaynak sonrası iş parçalarının kesiti alınarak (Şekil 3.5) sıvı penetrasyon ile kontrol edildi. Çatlak ve gözenek olmadığı tam yapışmanın sağlandığı görüldü.

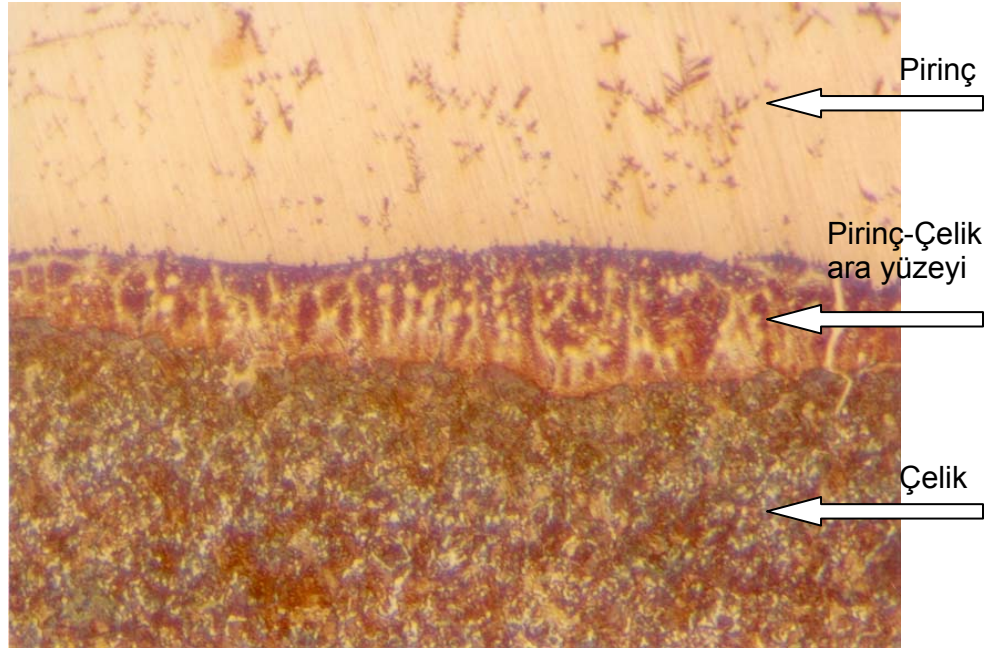


**Şekil 3.5** Sıvı penetrasyonla kaynak kesitinin incelenmesi

Kaynak sonrası pirinç malzeme ve çelik malzeme arayüzü optik metalografi ile incelendi. (Şekil 3.6)



**Şekil 3.6.a.** Çelik-Pirinç Arayüzeyi ( X50 büyütme),



**Şekil 3.6.b.** Çelik-Pirinç Arayüzeyi ( X100 büyütme),

Bakır esaslı malzemelerde malzemeye bağılı olarak genellikle 400-600<sup>0</sup>C arasında yeniden kristalleşme tavi yapılır. Kaynak sonrası iç gerilmeleri gidermek için <sup>(13)</sup> iş parçasına 1 saat 450<sup>0</sup>C de gerginlik giderme yapıldı.

Isıl işlem sonrasında iş parçasının mekanik özelliklerini tespit etmek için çelik malzemenin akma ve uzama değerleri ile, dolgu kaynağının ve çelik malzemenin sertlik değerlerine bakıldı (Çizelge 3.4). K7'de su soğutma nedeniyle akma mukavemetinin, sertliğin ve uzamanın arttığı görülmüştür.

**Çizelge 3.4** Mekanik test sonuçları

	Akma noktası (Mpa)	Uzama (%)	Dolgu sertliği (HRE)	İş parçasının sertliği (HRC)
K5	1110	8,2	76	34
K6	1114	8,1	76	35
K7	1290	11	79	37

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Kaynama noktası düşük olan çinko ve kadmiyum gibi malzemelerin kaynağında ve bunları içeren pirinç gibi alaşımlarda metalin buharlaşarak kaybolması neticesinde alaşım özelliklerinin değişmesine ve kaynağın zorlaşmasına sebep olabileceği gibi sağlığa zararlı metal tozlarının kaynakçı tarafından teneffüs edilmesine neden olur<sup>(5)</sup>. Yapılan ilk çalışmalarda çok yoğun bir duman ve sıçramaların olduğu gözlemlendi. Bunun sebebinin ortaya çıkan yüksek sıcaklıkta (1000<sup>0</sup>C üzeri) pirinç içerisindeki çinkonun buharlaşması (erime = 420<sup>0</sup>C, buharlaşma = 907<sup>0</sup>C) olduğu kanaatine varılmıştır.

Her dört iş parçası içinde (K1,K2,K3,K4) kaynak başlangıç (A bölgesi) bölgesinden alınan numunelerin analiz sonuçları değerlendirildiğinde çinko miktarlarının düşük, demir miktarlarının yüksek olduğu görülmüştür. Kaynak başlangıcında elektrot ile ana malzeme arasında oluşan arkta dolayı oluşan yüksek sıcaklık, kaynak banyosunda daha fazla demir nüfuziyeti olmasına neden olmuştur. Kaynak başlangıcında oluşan yüksek sıcaklık çinkonun buharlaşmasına kaynak banyosunda azalmasına neden olmuştur. Kaynağın kararlı duruma geldiği, sıcaklığın kaynak başlangıcına göre daha az olduğu, ısı dengesinin sağlandığı, B bölgesi olarak tanımladığımız kısımdan alınan numunelerde demir miktarının azaldığı dolayısıyla nüfuziyetin düştüğü ve çinko kaybının azaldığı görülmüştür. Buradan elde edilen veriler ışığında tüm kaynak işlemi sırasında nüfuziyet (demir miktarına) ve çinko miktarına etki eden sıcaklığı kararlı kılmak için sistem soğutma suyu ile desteklenmiştir.

Uygulanan soğutma suyu ile ısı tesiri altındaki bölge (ITAB) sınırlandırılarak taneler arası nüfuziyet azaltılır <sup>(13)</sup>.

İlk dört denemeye kadar makineden çekilen akım 380 – 400 arasında olduğu görüldü. İlk dört işte sıkça nozul patladı veya eridi. Kaynak sırasında sıçrayan metal zerrecikleri, nozula yapışarak gaz akımını sonuçta kaynak dikişinin kalitesini bozduğu görüldü. Kullanılan akıma ve diğer kaynak parametrelerine bağlı olarak nozulun belirli aralıklarla temizlenmesi gerekmiştir.<sup>(1)</sup>.

Kaynak sırasında nozulun içinde kaynak cürufu birikti. Bu da zaman zaman kaynak havuzuna damlıyor ve kaynağın kalitesini bozuyordu. Daha önceki denemelerde kaynak öncesinde iş parçasının üzerine sürülen temizlik malzemesi (flux) bu sefer nozulun içine sürüldü. Yapılan denemelerde flux sürülmüş nozulda kaynak kalitesini bozacak miktarda cüruf kalmadığı gözlenmiştir. Ayrıca çinkodan kaynaklanan duman oluşumunun da daha az olduğu görüldü. Kaynak sonrası, kaynak kesitlerine yapılan sıvı penetrasyon testinde flux sürülmeyen kısımlarda yapışmama olduğu görüldü.

Kaynak sırasında kullanılan flux sayesinde kaynağın kesintisiz daha akıcı ve daha az sıçrama ile gerçekleştiği görüldü. Dolgu kenarlarının daha iyi olduğu görüldü.

Kaynak yöntemine ve koruyucu gaz türüne bağlı olarak kaynağa başlamadan önce parçaların belli bir sıcaklığa kadar tavlınması ve kaynak süresince bu sıcaklığın muhafaza edilmesi sonucu yapışmama gibi hataların önüne geçilebilir. Fakat bu şartlarda bile gözenek oluşumunu önlemek zordur<sup>(5)</sup>.

Yapılan ilk denemelerde gaz atmosferinin iyi sağlanamaması, soğutma tertibatındaki sızdırmazlık problemi ve çevre şartlarının olumsuz etkileri Şekil'4.1 de gözüken problemlere neden olmuştur. Yüksek sıcaklıkta buharlaşan soğutma suyu, ortamdaki hava akımının etkisiyle yeterli gaz atmosferi sağlanamayan kaynak havuzuna girmiştir. İş parçasından enine alınan kesitte, dolgu kaynağı ve iş parçası arasına sızan soğutma suyu buharı iki farklı metalin birbirine nüfuziyetini olumsuz etkilemiştir. Dolgu tabakası, ana metalden kolayca ayrılmıştır.



**Şekil 4.1** Olumsuz çevre şartlarının kaynağa etkisi

Soğutma suyu aparatı yeniden tasarlanarak, soğutma suyundaki sızdırmazlık problemi giderildi. Böylece ortamda su buharının oluşması önlendi. Kaynak sırasında oluşan zararlı çinko dumanı bir vakum makinesi ile kaynak bölgesinden uzaklaştırıldı. Koruyucu gaz atmosferi ortamdaki hava

akımlarından etkilenmeyecek şekilde perdelendi. Böylece kaynak sırasında gaz atmosferinin türbülansı önlendi ve koruyucu gazın kaynak bölgesinde daha etkin bir şekilde işlevini yapması sağlandı.

Yukarıda belirtilen olumsuz çevre şartlarının kaldırılması ve doğru kaynak parametrelerinin kullanılması ile yapılan kaynaktan sonra, kaynak dolgusu bir kimyasal çözelti ile kaldırıldı<sup>(12)</sup>. Böylece dolgu metalinin yapışması olarak tanımlanan, doldurma metalinin kaynak esnasında çelik malzemede sebep olduğu erimenin etkileri görüldü. (Şekil 4.2a Şekil 4.2b)



**Şekil 4.2a** Dolgu metali kaldırılmış çelik malzeme





**Şekil 4.2b** Dolgu metali kaldırılmış çelik malzeme

Kaynak sırasında pirinçteki çinkonun buharlaşması da gözeneğe yol açan etkilerden biri olduğu kanaatine varılmıştır.

Isıl işlemden sonra yapılan ölçümlerde ana malzemedeki (4140) sertlik 34–37 HRC ve pirinçte 76–79 HRE olduğu ve yapılan çekme testlerinde çelik malzemenin akma değerinin 1000 MPa üstünde olduğu görüldü.

Sabit gerilimli bir kaynak makinesinde elektrot çapı azaltıldığında nüfuziyetin azaldığı görüldü. Nüfuziyetteki azalmanın, elektrot artı kutba bağlandığında da gerçekleştiği görüldü.

Kaynak parametrelerindeki değişimin kaynak nüfuziyetine etkileri göz önüne alınarak 4140 çelik malzemeye MIG metodu ile pirinç dolgu kaynağı uygulaması yapılmış ve sonrasında ısıl işlem ile istenilen mekanik özellikler sağlanmış ve yapılan testlerle bu işlem doğrulanmıştır.

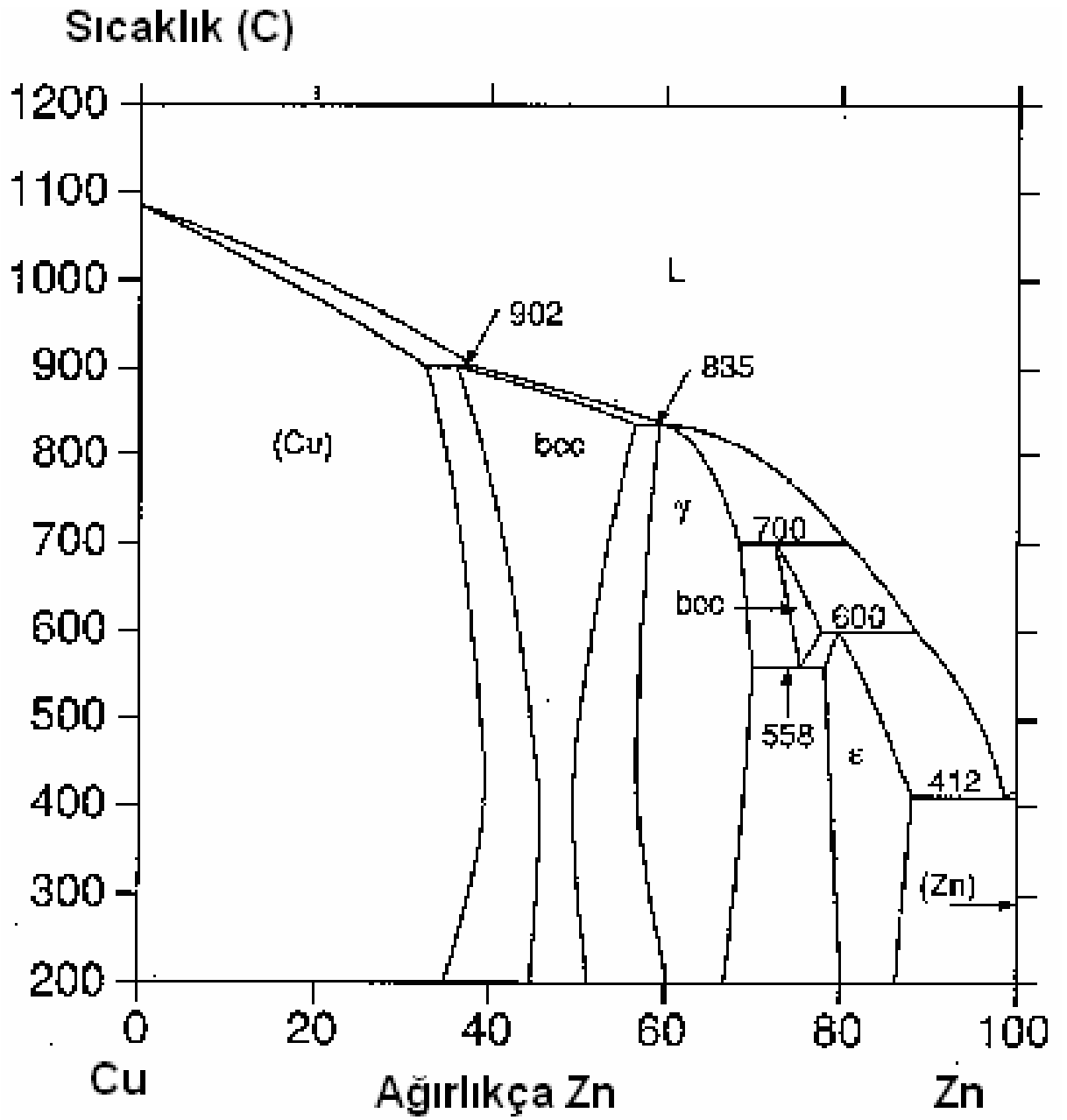
## 5. KAYNAKLAR

1. Gaz Altı Kaynak Yöntemleri, Yrd. Doç. Dr. İbrahim ERTÜRK
2. Mühendis ve Makine, Eylül 95.
3. MIG-MAG Eriyen Elektrot ile Gazaltı Kaynağı, Prof. Dr Müh. Kutsal TÜLBENTÇİ.
4. Tomio Umino, Munenobu Suzuki ve Tomokiko Shida. U.S Patent No:3.935.417,(1976)
5. Ahmet Z. Şahin, Bekir S. Yibaş, M. Ahmed ve J. Nickel. Journal of Materials Processing Technology 82 (1998) 127–136
6. Cemal Meran. Pirinç Malzemelerin Kaynak Edilebilirliği ve Uygun Kaynak Parametrelerinin Tespiti, Doktora Tezi, 2001.
7. S. M. Darwish. International Journal of Adhesion & Adhesives 24 (2004) 347–354
8. T.A. Mai ve A.C. Spowage. Materials Science and Engineering A 374 (2004) 224–233
9. Won-Bae Lee, Young-Jig Kim ve Seung-Boo Jung. Intermetallics 12 (2004) 671–678
10. Gandham Phanikumar, Sambandam Manjini, Pradip Dutta, Jyotirmoy Mazumder, Ve Kamanio Chattopadhyay. Metallurgical And Materials Transactions A Volume 36a, August 2005—2137
11. I. Magnabosco, P. Ferro, F. Bonolla ve L. Arnberg. Materials Science and Engineering A 424 (2006) 163–173
12. MIL-HDBK-756.

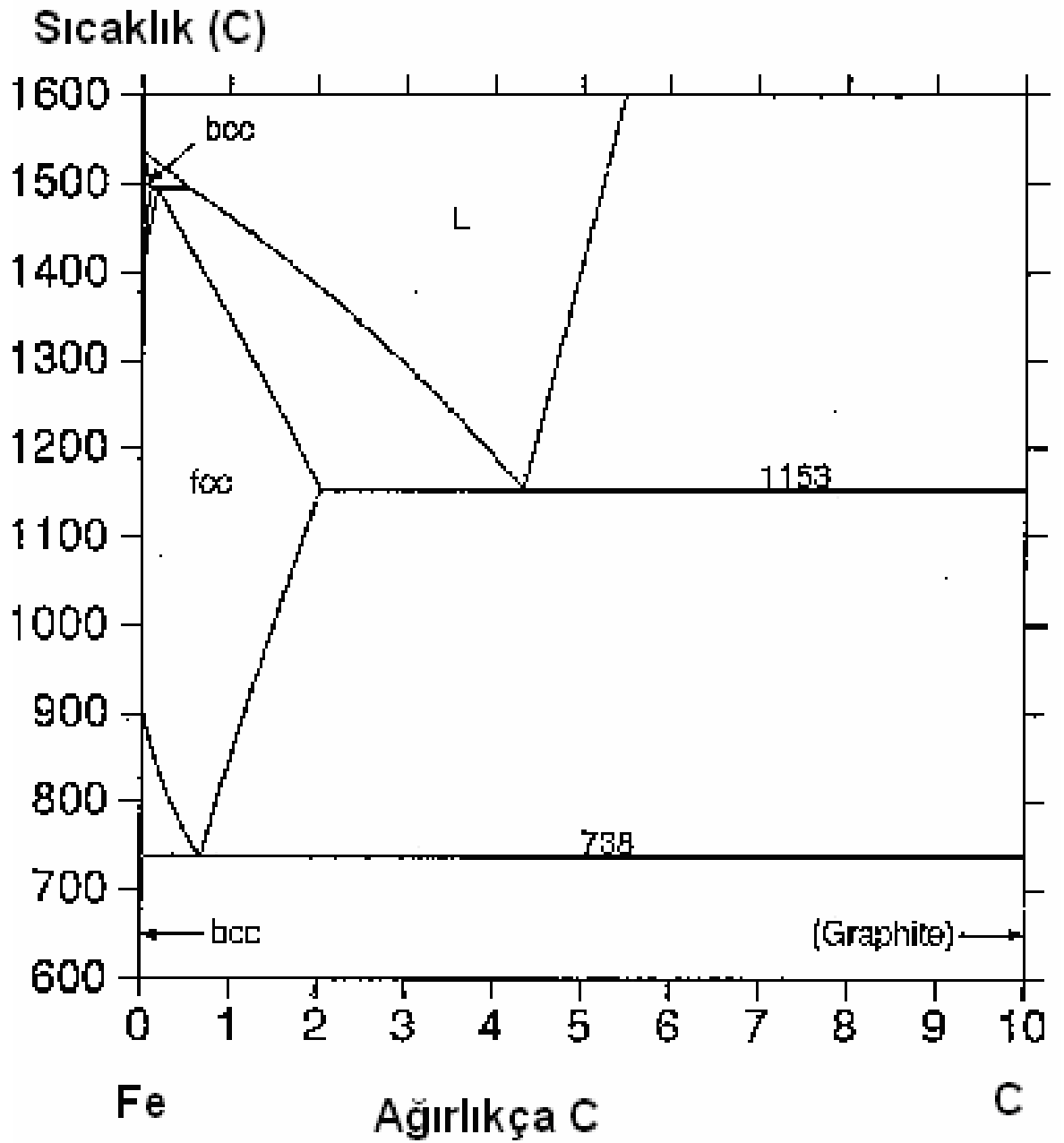
13. Demir Dışı Metallerin Kaynak Tekniği, SEGEM.
14. <http://web.mse.kth.se/dt/pd>
15. <http://www.efunda.com>

## 6. EKLER

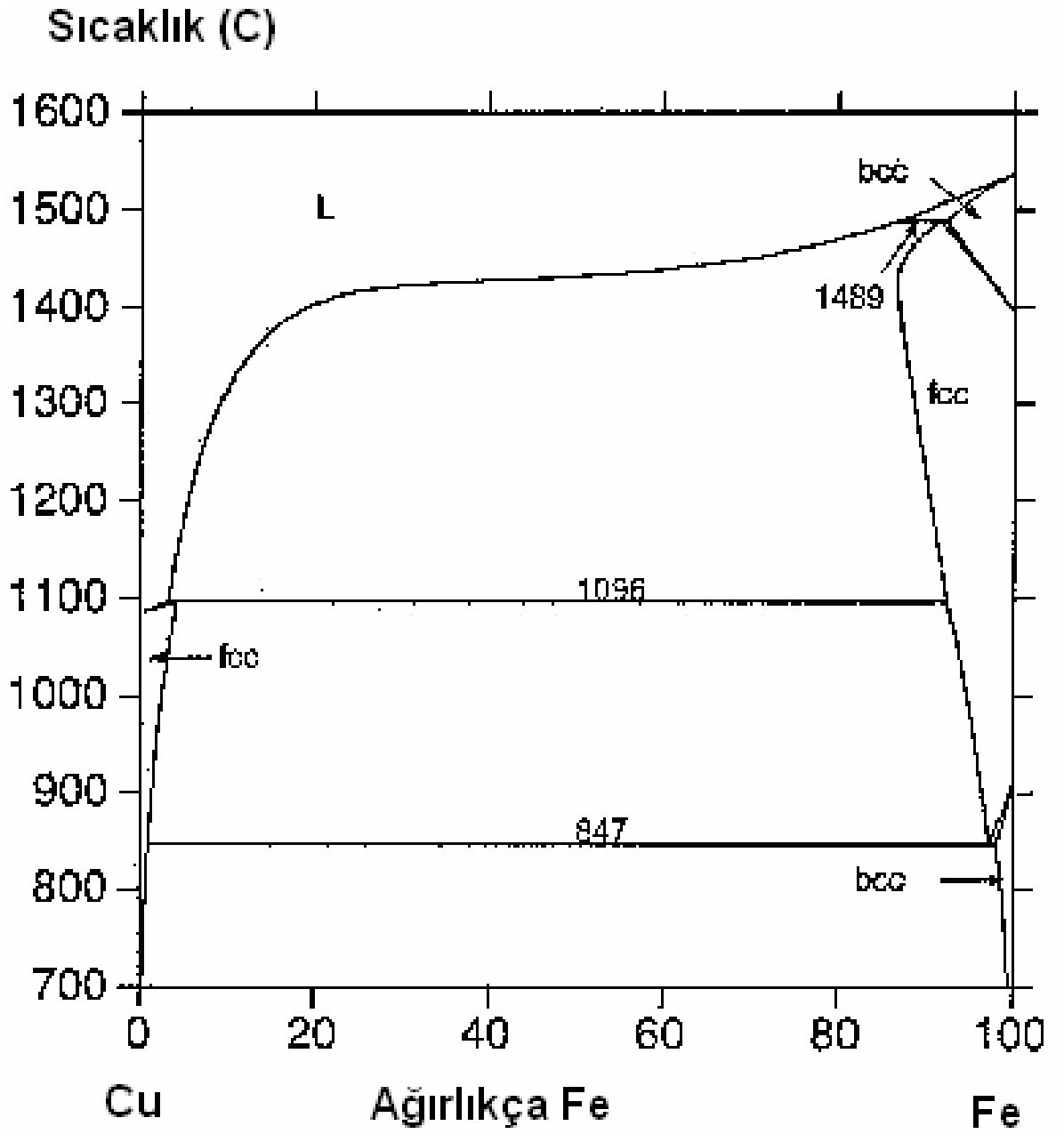
- EK-1;** Bakır - çinko faz diyagramı,
- EK-2;** Demir - karbon faz diyagramı,
- EK-3;** Bakır - demir faz diyagramı,
- EK-4;** Kullanılan çelik malzemenin raporu,
- EK-5;** Kullanılan bakır telin raporu,
- EK-6;** Kullanılan pirinç telin raporu,
- EK-7;** Çelik ana malzemenin özellikleri,
- EK-8;** Bakır telin malzeme özellikleri,
- EK-9;** Pirinç telin malzeme özellikleri,



EK-1 Bakır – çinko faz diyagramı <sup>(14)</sup>



EK-2 Demir - karbon faz diyagramı<sup>(14)</sup>



EK-3 Bakır – demir faz diyagramı <sup>(14)</sup>



Müşteri / Customer	Müşteri Sip. No./ Your Order No.	Sip.No./ Our Order No.	Belge Normu/Document Norm	Tarih / Date	Sayfa /Page
MKEK MÜHÜRAT FAB.MÜD.		1 2 2 05 04976	EN 10204/3.1	7/10/2005	1
Kalite / Quality	Kesit / Dimension	Döküm No./ Heat No.	Ağırlık / Weight (Kg)	Sip. Miktarı / Order (Kg)	Adet / Quantity
SAE 4140	K 142.9 X142.9 MM	05 1576	9000		12
Malzeme / Product YİMUŞATILMIŞTIR. DÖVME İŞLEMİNE UYGUNDUR.					

ÇELİK YAPIM METODU : ARK OCAĞI, POTA PİRİNİ , VAKUMDA GAZ ALMA  
POTA KİMYASAL ANALİZİ (4):

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Cu	Sn
.40	.26	.79	.016	.021	.97	.19	.11	.017	.26	.018

MEKANİK ÖZELLİKLER

SERTLİK

H8

217

TANE BÜYÜKLÜĞÜ MAKRO DAĞILAMA (ASTM E-381)

(ASTM E-112)	S	R	C
7 - 8	1	2	2

1 100 US, KARIŞIKLIK VE YÜZEY ÇATLAK TESTİ YAPILMIŞTIR.

BÜKME TESTİ SONUCU ÇATLAK GÖZLENMEMİŞTİR. (ASTM A 675)



YUKARIDA BELİRTİLEN MALZEMELERİN TEST EDİLDİĞİ VE SİPARİŞ ŞARTLARINA UYGUN OLDUĞU ONAYLANIR.





# CERTIFICATE

**GEDİK KAYNAK  
SANAYİ ve TİCARET A.Ş.**

EN 10204  
2.2 3.1

Ankara Cad. No:28 Şeyhii  
34913 Pendik - İSTANBUL  
Tel. : 0216 378 50 00 (Pbx)  
Fax : 0216 378 21 24  
0216 378 20 44  
www.gedik.com.tr  
E-mail: gedik@gedik.com.tr

Purchaser **MAKİNA KİMYA KIRIKKALE MAKİNA FABRİKASI** Nr. **F-1965**  
Order No \_\_\_\_\_ Date **24.03.200**  
Brand Name **GEKATEK R 1 L (CuSn)**  
Specification **AWS.SFA 5.7**  
Classification **ER Cu**  
Size **1.60 mm**  
Quantity **300** Kg Piece  
Serial No **14-035241-201** Heat No: **14-035241-201**

Welding Polarity \_\_\_\_\_ Welding Current \_\_\_\_\_ Arc Voltage \_\_\_\_\_ Shielding Gas \_\_\_\_\_ Preheat \_\_\_\_\_ Interpass Temp. \_\_\_\_\_

Chemical Composition (%)								Weld Metal	<input checked="" type="checkbox"/>	Wire	<input type="checkbox"/>
Serial Heat	Sn	Si	Mn	P	Al	Pb	Cu				
14-035241-201	0,760	0,360	0,450	0,020	0,010	0,010	Rest				

Mechanical Properties of All Weld Metal						
Serial Heat	Heat Treatment	Yield Point N/mm <sup>2</sup>	Tensile Strength N/mm <sup>2</sup>	Elongation% Lo=50 mm	Impact Strength ISO-V °C Joule	
---	---	---	---	---	---	---

Radiographic Test	Hardness

Comment:

Quality Department

**EK-7** Bakır tel raporu,

Sipariş No / Order no :  
Sipariş Tarihi/Order date :

## TEST RAPORU/INSPECTION CERTIFICATE

Müşteri/Customer :	MKEK
Alaşım/Alloy :	CuZn20
Ölçü/Dimension :	1,60 MM

Rapor no/Report No : 2013/2006  
Tarih / Date : 10.03.2006

Specification:  
DIN 17660  
DIN 1791

Üretim Lot Numarası/ Lot numbers : 2006051111/409

### Kimyasal Analiz/Chemical composition 3.1 EN 10204:2004

İmpuritelere/Impurities	Birim/Unit	İstenen/Ideal		Ölçülen/Actual	
		Min.	Max.	Min.	Max.
Cu	%	79	81	79,5	81
Fe	%	.....	0,05	.....	0,016
Pb	%	.....	0,05	.....	0,004
Ni	%	.....	0,3	.....	0,002
Sn	%	.....	0,1	.....	0,001
Zn	%	.....	REST	.....	REST
Al	%	.....	0,02	.....	0

### Mekanik Özellikler/Mechanical properties

		İstenen/Ideal		Ölçülen/Actual	
		Min.	Max.	Min.	Max.
Sertlik/Hardness (HV..)	HB	.....	.....	.....	.....
Akma Dayanımı/Yield strength (R <sub>0,2</sub> )	N/mm <sup>2</sup>	.....	.....	.....	.....
Çekme Dayanımı/Tensile strength (Rm)	N/mm <sup>2</sup>	.....	.....	385	412
Uzama/Elongation	%	.....	.....	14	19
Kristal Yapı/Grain size	μ	.....	.....	.....	.....

### Ölçü Kontrolü/Dimensional control

		İstenen/Ideal		Ölçülen/Actual	
		Min.	Max.	Min.	Max.
Kalınlık/Thickness	mm	1,58	1,62	1,59	1,61
Genişlik/Width	mm	.....	.....	.....	.....
Eğrilik/Arrow	mm/m	.....	.....	.....	.....

EN 10204:2004 şartlarını karşılamaktadır/This test report matches EN 10204:2004 standard

40.F.85 Rev.03 Rev. Tar. 01/09/2005

Veliköy Sanayi Bölgesi  
59500 Çerkezköy-Tekirdağ  
Tel : (0282) 747 70 85 (Pbx)  
Fax : (0282) 747 68 80

  
www.ozermetal.com  
ozer@ozermetal.com

EK-8 Pirinç Tel Raporu,

## AISI 4140

### Kompozisyon

Element	Weight %
C	0.38-0.43
Mn	0.75-1.00
P	0.035 (max)
S	0.04 (max)
Si	0.15-0.30
Cr	0.80-1.10
Mo	0.15-0.25

### Mekanik Özellikler

Properties	
Yoğunluk ( $\times 1000 \text{ kg/m}^3$ )	7.7-8.03
Poisson Oranı	0.27-0.30
Elastik Modulus (GPa)	190-210
Mukavemet (Mpa)	655.0
Akma Mukavemeti (Mpa)	417.1
Uzama (%)	25.7
Kesit Daralması (%)	56.9
Sertlik (HB)	197
Darbe Mukavemeti (J) (Izod)	54.5

### EK-9 Çelik ana malzemenin özellikleri <sup>(15)</sup>

## UNS C18900

### Kompozisyon

Element	Ağırlıkça %
Cu	98.75
Sn	0.75
Si	0.3
Mn	0.20

### Mekanik Özellikler

Özellikler	
Yoğunluk ( $\times 1000 \text{ kg/m}^3$ )	8.8-8.94
Poisson Oranı	0.34
Elastik Modulus (GPa)	117
Mukavemet (Mpa)	262-655
Akma Mukavemeti (Mpa)	62-359
Uzama (%)	48
Kesit Daralması (%)	

### EK-10 Bakır Telin malzeme özellikleri <sup>(15)</sup>

## UNS C24000

### Kompozisyon

Element	Weight %
Cu	80.0
Zn	20.0

### Mekanik Özellikler

Özellikler	
Yoğunluk ( $\times 1000 \text{ kg/m}^3$ )	8.8-8.94
Poisson Oranı	0.34
Elastik Modulus (GPa)	117
Mukavemet (Mpa)	290-862
Akma Mukavemeti (Mpa)	83-448
Uzama (%)	55
Kesit Daralması (%)	

**EK-11** Pirinç Telin malzeme özellikleri <sup>(15)</sup>