

**GEMİ İNŞAATI NDA ALÜMİNYUM KAYNAĞI  
VE ALÜMİNYUM TEKNE İMALATI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Mih. Burak BAYINDIR**

**Anabilim Dalı : MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ**

**Program : MALZEME VE İMALAT BÖLÜMÜ**

**HAZİRAN 2005**

**GEMİ İNŞAATINDA ALÜMİNYUM KAYNAĞI  
VE ALÜMİNYUM TEKNE İMALATI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Müh. Burak BAYINDIR  
(503011093)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 9 Mayıs 2005  
Tezin Savunulduğu Tarih : 1 Haziran 2005**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. H. Oktay BODUR  
Diğer Jüri Üyeleri Prof. Dr. Adnan DİKKİCİ OĞLU  
Prof. Dr. Tahsin KUT**

**HAZİRAN 2005**

## **ÖNSÖZ**

Çalışmamda Alüminyum ve alaşımlarının özelliklerini, alüminyum kaynağını ve alüminyum tekne yapımını inceledim

Tez çalışmamda bana yardımcı olan hocam Prf. H Oktay BODUR'a ve tezin ilerlenmesinde bana destek olan Mki ne mühendisi arkadaşım Cem ALAYBEYOĞLU ve Geni inşaatı mühendisi Erol ÇOBAN'a içten teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım

**Mayıs 2005**

**Burak BAYINDIR**

## **İÇİNDEKİLER**

### **KISALTMALAR**

**vii**

### **TABLO LİSTESİ**

**viii**

### **ŞEKİL LİSTESİ**

**ix**

### **SEMBOL LİSTESİ**

**x**

### **ÖZET**

**xi**

### **SUMMARY**

**xii**

## **1. GİRİŞ**

**1**

### **1.1. Giriş ve Çalışmanın Amacı**

**1**

## **2. KAYNAK PROSESLERİ**

**2**

### **2.1. Giriş**

**2**

### **2.2. Kaynağın sınıflandırılması**

**3**

#### **2.2.1. Kaynaklanan malzemeye göre sınıflandırma**

**3**

#### **2.2.2. Kaynağın amacına göre sınıflandırma**

**4**

#### **2.2.3. Kaynağın yapılış şekline göre sınıflandırma**

**5**

## **3. ALÜMİNYUM TARİHÇESİ VE ÖZELLİKLERİ**

**6**

### **3.1. Alüminyumun tarihçesi ve avantajları**

**6**

### **3.2. Alüminyumun genel ve fiziksel özellikleri**

**6**

#### **3.2.1. Oksit**

**8**

#### **3.2.1.1. Ph değerinin oksitlenme hızında etkisi**

**9**

#### **3.2.2. Coğrafi bilgi sisteminin bileşenleri**

**9**

#### **3.2.3. Elektriksel iletkenlik**

**10**

#### **3.2.4. Isıl karakteristikleri**

**11**

#### **3.2.5. Alüminyum mukavemet özellikleri, elektriksel iletkenlik**

**11**

#### **3.2.6. Soğuk şekil değiştirme**

**12**

#### **3.2.7. Sıcak şekil değiştirme**

**12**

#### **3.2.8. Isıl işleme**

**12**

#### **3.2.9. Alüminyumun safiyet dereceleri**

**13**

### **3.3. Alüminyum korozyon tipleri**

**14**

#### **3.3.1. Eş yayılı korozyon**

**14**

#### **3.3.2. Hitting**

**14**

#### **3.3.3. Aralık korozyonu**

**16**

#### **3.3.4. Pullanma korozyonu**

**16**

### **3.4. Galvanik korozyon**

**17**

#### **3.4.1. Galvanik korozyon kaideleri**

**17**

#### **3.4.1.1. Bir elektrolitin varlığı**

**20**

#### **3.4.1.2. İki metal arasındaki elektrik sürekliliği**

**20**

#### **3.4.2. Potansiyel kavramı**

**21**

## **4. ALÜMİNYUM BİÇİMLERİ VE ALAŞIM SİNFLANDIRILMASI**

**23**

### **4.1. Alüminyumun tarihçesi ve avantajları**

**23**

### **4.2. Alüminyum alaşımları sınıflandırılması**

**23**

|                                                                              |           |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.2.1. İnal tarzına göre Alüminyum alaşımları                                | 23        |
| 4.2.1.1. Haddelendirilmiş alaşımları                                         | 23        |
| 4.2.1.2. Dökümlü alaşımları                                                  | 23        |
| 4.2.2. Alüminyum alaşımlarının kimyasal yapısına göre sınıflandırılması      | 23        |
| 4.2. Alüminyum alaşımlarının sınıflandırılması                               | 23        |
| 4.2.1. İnal tarzına göre alüminyum alaşımları                                | 23        |
| 4.2.2. Alüminyum alaşımlarının kimyasal yapısına göre sınıflandırılması      | 23        |
| 4.2.3. Alüminyum alaşımlarının ısıl işlem durumuna göre sınıflandırılması    | 24        |
| 4.3. Çeşitli inşaat sektöründe kullanılan en yaygın alüminyum alaşımları     | 24        |
| 4.3.1. 6xxx Serisi Alüminyum alaşımlarının özellikleri                       | 27        |
| 4.3.2. Alüminyum alaşımları neden çelik inşaat sektöründe kullanılıyor       | 30        |
| <b>5. ÇELİK İNŞAAT DAKİ DİĞER MALZEMELERİN ALÜMİNYUMA GÖRE FARKLILIKLARI</b> | <b>31</b> |
| 5.1. Alüminyum ile çalışmak                                                  | 31        |
| 5.1.1. Alüminyum bakımı                                                      | 31        |
| 5.1.2. Alüminyum ile uyumluluk                                               | 31        |
| 5.2. Fiberglas ile çalışmak                                                  | 31        |
| 5.3. Ahşap ile çalışmak                                                      | 32        |
| 5.3.1. Sert ahşaplar                                                         | 32        |
| 5.3.2. Yumuşak ahşaplar                                                      | 32        |
| 5.4. Çelik ile çalışmak                                                      | 33        |
| <b>6. BOYAMA</b>                                                             | <b>34</b> |
| 6.1. Tipik bir boya sistemi                                                  | 34        |
| 6.1.1. Yıkama astarı                                                         | 34        |
| 6.1.2. Anti korozyon astar                                                   | 34        |
| 6.1.3. Son kat boyalar                                                       | 35        |
| 6.2. Uygulama koşulları                                                      | 35        |
| 6.2.1. Boyama öncesi önlemler                                                | 35        |
| 6.2.2. Kurutma                                                               | 35        |
| 6.3. Astarların ve üst tabakaların kontrolü                                  | 35        |
| 6.3.1. Astarların test edilmesi                                              | 35        |
| 6.3.1.1. Viskozite                                                           | 35        |
| 6.3.1.2. Kalınlık                                                            | 36        |
| 6.4. Son kat boyaların test edilmesi                                         | 36        |
| 6.4.1. Viskozite                                                             | 36        |
| 6.4.2. Kalınlık                                                              | 36        |
| 6.5. Alüminyum teknede boyama öncesi yüzey hazırlıkları ve boya tipleri      | 36        |
| <b>7. ALÜMİNYUM VE ALAŞIMLARININ KAYNAĞI</b>                                 | <b>38</b> |
| 7.1. Alüminyum ile çalışmak                                                  | 38        |
| 7.2. Alüminyum kaynak çeşitleri                                              | 39        |
| 7.2.1. Gaz altı kaynağı                                                      | 39        |
| 7.2.1.1. TIG kaynağı                                                         | 39        |
| 7.2.1.2. MIG kaynağı                                                         | 40        |
| 7.2.2. Çelik inşaatı sanayinde de kullanılan plazma arkı ile kaynak          | 41        |
| 7.2.2.1. Hızlı plazma ark kaynağında kullanılan teller                       | 41        |
| 7.2.2.2. Hızlı plazma ark kaynağında birleştirme türleri                     | 41        |
| 7.2.2.3. Alüminyum plazma ark kaynağı                                        | 42        |
| 7.2.2.4. Sonuç                                                               | 43        |

|                                                                         |           |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 7.2.3. Alüminyum alaşımlarının direnç nokta kaynağı                     | 44        |
| 7.2.3.1. Elektrik direnç nokta kaynağı                                  | 44        |
| 7.3. Kaynak işlemlerinde koruyucu gaz seçimi                            | 54        |
| 7.3.1. Koruyucu gazlar                                                  | 56        |
| 7.3.1.1. Koruyucu gaz çeşitleri                                         | 56        |
| 7.3.1.2. Koruyucu gazların otomasyon kurabilme olasılığı                | 61        |
| 7.3.1.3. Koruyucu gazların koruyuculuk etkisi                           | 61        |
| 7.3.1.4. Koruyucu gazların ark kararlılığına etkisi                     | 63        |
| 7.3.1.5. Koruyucu gazların kaynak dişi şekline etkisi                   | 63        |
| 7.4. Kaynak ağız hazırlama                                              | 63        |
| 7.5. Kaynak dişlerinin düzeltilmesi                                     | 64        |
| 7.6. Kaynak öncesi yüzey hazırlama                                      | 64        |
| 7.6.1. Mekanik temizleme                                                | 65        |
| 7.6.2. Çözücü ile temizleme                                             | 66        |
| 7.6.3. Kimyasal aşındırıcı ile temizleme                                | 66        |
| 7.7. Kaynak metal özellikleri                                           | 66        |
| 7.8. Kalite kontrol                                                     | 67        |
| 7.8.1. Onay prosedürleri                                                | 67        |
| 7.8.2. Kaynak edilmiş bağlantıların muayene edilmesi                    | 68        |
| 7.8.3. Kaynak hataları                                                  | 68        |
| 7.9. Kaynak çubukları kaynak kabiliyeti                                 | 69        |
| 7.10. Alüminyum alaşımlarının kaynak kabiliyeti                         | 70        |
| 7.11. Alüminyum ve alaşımlarının kaynağı neden Çelik kaynağından zordur | 71        |
| 7.12. Kalite kontrol                                                    | 72        |
| 7.12.1. Çarpılma                                                        | 72        |
| 7.12.2. Şekil değiştirme nedenleri                                      | 73        |
| 7.13. Alüminyum kaynak onarım yapılırken dikkat edilecek hususlar       | 73        |
| 7.14. Alüminyum kaynağında atmosfer şartlarının etkileri                | 74        |
| 7.14.1. Esas metal depolanması                                          | 75        |
| 7.15. Esas metal ve elektrotların depolanması                           | 75        |
| 7.15.1. Esas metal depolanması                                          | 75        |
| 7.15.2. Tel elektrotların depolanması                                   | 76        |
| 7.16. Alüminyum bittinlerinin kaynağı                                   | 76        |
| 7.17. Alüminyum malzeme de görülen başlıca tasarım hataları             | 78        |
| 7.17.1. Birleştirme tasarımı                                            | 79        |
| 7.18. Gaz altı kaynağında maliyet hesabı                                | 81        |
| 7.18.1. Koruyucu gaz maliyeti                                           | 81        |
| 7.18.1.1. Tüketilen gaz                                                 | 81        |
| 7.18.2. Tüketilen tel maliyeti                                          | 81        |
| 7.18.3. İşçilik maliyeti                                                | 82        |
| 7.18.4. Enerji maliyeti                                                 | 83        |
| 7.18.5. Toplam maliyet                                                  | 83        |
| <b>8. ALÜMİNYUM ARAÇLARIN BAKIMI VE TEMİZLİĞİ</b>                       | <b>84</b> |
| 8.1. Leke tipleri                                                       | 84        |
| 8.2. Metal yüzeylerinin temizliği                                       | 85        |
| 8.3. Temizlik ve bakım ürünlerinin seçimi                               | 85        |
| 8.4. Alüminyum ile uyum                                                 | 86        |
| 8.5. Yıkama                                                             | 86        |
| 8.6. Dağlama ve cilalama                                                | 86        |

|                                      |           |
|--------------------------------------|-----------|
| 8 7. Zımparalanma                    | 87        |
| 8 8. Buz kürecikleri ile temizleme   | 87        |
| <b>9. ALÜMİNYUM KAYNAKÇI EĞİTİMİ</b> | <b>88</b> |
| <b>10. SONUÇ</b>                     | <b>90</b> |
| <b>KAYNAKLAR</b>                     | <b>91</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ</b>                      | <b>92</b> |

## KI SALT MALAR

|              |                              |
|--------------|------------------------------|
| <b>GMA W</b> | : Gaz metal ark kaynağı      |
| <b>GRP</b>   | : Fiber glas                 |
| <b>GPS</b>   | : Global Positioning System  |
| <b>ITAB</b>  | : Isı tesiri altındaki bölge |
| <b>MAG</b>   | : Metal aktif gaz kaynağı    |
| <b>MG</b>    | : Gaz metal ark kaynağı      |
| <b>SMA W</b> | : Ötülü elektrot kaynağı     |
| <b>Ta</b>    | : Hava sıcaklığı             |
| <b>TIG</b>   | : Gaz Tungsten ark kaynağı   |
| <b>Tm</b>    | : Metal sıcaklığı            |

## TABLO LİSTESİ

|                                                                                                                                                      | <u>Sayfa No</u> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| <b>Tablo 3.1.</b> Isıl işleme işleme tabi tutulmayan şekillendirilmiş alüminyum alaşımlarının fiziksel özellikleri ve kaynak edilebilirlikleri ..... | 9               |
| <b>Tablo 3.1</b> Alüminyumun mukavemet özellikleri .....                                                                                             | 10              |
| <b>Tablo 3.2</b> Alüminyum alaşımlarının tavlama, çökelme sıcaklık ve zamanları.                                                                     | 12              |
| <b>Tablo 3.3</b> Potansiyel ölçeği .....                                                                                                             | 16              |
| <b>Tablo 3.4</b> Hareketli Deniz suyunda alaşımların gerilimleri .....                                                                               | 17              |
| <b>Tablo 4.1.</b> Bazı Alüminyum alaşımlarının özellikleri ...                                                                                       | 23              |
| <b>Tablo 6.1.</b> Alüminyum Teknelerde Kullanılan Boya Tipleri .....                                                                                 | 67              |
| <b>Tablo 7.1.</b> Alüminyumalın kaynağı ile ilgili ağız hazırlama verileri .....                                                                     | 68              |
| <b>Tablo 7.2</b> Korumucu Gaz Çeşitleri .....                                                                                                        | 50              |
| <b>Tablo 7.3</b> Korumucu Gazların önemli özellikleri .....                                                                                          | 58              |
| <b>Tablo 7.4</b> Ağız Hazırlama .....                                                                                                                | 59              |
| <b>Tablo 7.5</b> Kaynak Hataları ve Sebepleri .....                                                                                                  | 63              |
| <b>Tablo 7.6</b> Nisbi nem Karşılık gelen çiğ noktası .....                                                                                          | 70              |
| <b>Tablo 7.7.</b> Isıl işleme tabi tutulan şekillendirilmiş alüminyum ve alaşımların fiziksel özellikleri ve kaynak edilebilirlikleri .....          | 72              |
| <b>Tablo 7.8</b> Isıl işleme tabi tutulmayan dökümlü alüminyum alaşımlarının fiziksel özellikleri ve kaynak edilebilirlikleri .....                  | 73              |
| <b>Tablo 7.9</b> Bazı metallerin yığılma yoğunlukları .....                                                                                          | 77              |
| <b>Tablo 7.10.</b> İç köşeli kişilerinde yığılan metal miktarı .....                                                                                 | 78              |

## **İÇİNDEKİLER**

### **KISALTMALAR**

**vii**

### **TABLO LİSTESİ**

**viii**

### **ŞEKİL LİSTESİ**

**ix**

### **SEMBOL LİSTESİ**

**x**

### **ÖZET**

**xi**

### **SUMMARY**

**xii**

## **1. GİRİŞ**

**1**

### **1.1. Giriş ve Çalışmanın Amacı**

**1**

## **2. KAYNAK PROSESLERİ**

**2**

### **2.1. Giriş**

**2**

### **2.2. Kaynağın sınıflandırılması**

**3**

#### **2.2.1. Kaynaklanan malzemeye göre sınıflandırma**

**3**

#### **2.2.2. Kaynağın amacına göre sınıflandırma**

**4**

#### **2.2.3. Kaynağın yapılış şekline göre sınıflandırma**

**5**

## **3. ALÜMİNYUM TARİHÇESİ VE ÖZELLİKLERİ**

**6**

### **3.1. Alüminyumun tarihçesi ve avantajları**

**6**

### **3.2. Alüminyumun genel ve fiziksel özellikleri**

**6**

#### **3.2.1. Oksit**

**8**

#### **3.2.1.1. Ph değerinin oksitlenme hızında etkisi**

**9**

#### **3.2.2. Coğrafi bilgi sisteminin bileşenleri**

**9**

#### **3.2.3. Elektriksel iletkenlik**

**10**

#### **3.2.4. Isıl karakteristikleri**

**11**

#### **3.2.5. Alüminyum mukavemet özellikleri, elektriksel iletkenlik**

**11**

#### **3.2.6. Soğuk şekil değiştirme**

**12**

#### **3.2.7. Sıcak şekil değiştirme**

**12**

#### **3.2.8. Isıl işleme**

**12**

#### **3.2.9. Alüminyumun safiyet dereceleri**

**13**

### **3.3. Alüminyum korozyon tipleri**

**14**

#### **3.3.1. Eş yayılı korozyon**

**14**

#### **3.3.2. Hitting**

**14**

#### **3.3.3. Aralık korozyonu**

**16**

#### **3.3.4. Pullanma korozyonu**

**16**

### **3.4. Galvanik korozyon**

**17**

#### **3.4.1. Galvanik korozyon kaideleri**

**17**

#### **3.4.1.1. Bir elektrolitin varlığı**

**20**

#### **3.4.1.2. İki metal arasındaki elektrik sürekliliği**

**20**

#### **3.4.2. Potansiyel kavramı**

**21**

## **4. ALÜMİNYUM BİÇİMLERİ VE ALAŞIM SİNFLANDIRILMASI**

**23**

### **4.1. Alüminyumun tarihçesi ve avantajları**

**23**

### **4.2. Alüminyum alaşımları sınıflandırılması**

**23**

|                                                                               |           |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.2.1. İnal tarzına göre Alüminyum alaşımları                                 | 23        |
| 4.2.1.1. Haddelendirilmiş alaşımları                                          | 23        |
| 4.2.1.2. Dökümlü alaşımları                                                   | 23        |
| 4.2.2. Alüminyum alaşımlarının kimyasal yapısına göre sınıflandırılması       | 23        |
| 4.2. Alüminyum alaşımlarının sınıflandırılması                                | 23        |
| 4.2.1. İnal tarzına göre alüminyum alaşımları                                 | 23        |
| 4.2.2. Alüminyum alaşımlarının kimyasal yapısına göre sınıflandırılması       | 23        |
| 4.2.3. Alüminyum alaşımlarının ısıl işlem durumuna göre sınıflandırılması     | 24        |
| 4.3. Çeşitli inşaat sektöründe kullanılan en yaygın alüminyum alaşımları      | 24        |
| 4.3.1. 6xxx Serisi Alüminyum alaşımlarının özellikleri                        | 27        |
| 4.3.2. Alüminyum alaşımları neden çelik inşaat sektöründe kullanılıyor        | 30        |
| <b>5. ÇELİK İNŞAAT DAKİ DİĞER MALZEMELERİN ALÜMİNYUMA GÖRE FARKLI LİKLERİ</b> | <b>31</b> |
| 5.1. Alüminyum ile çalışmak                                                   | 31        |
| 5.1.1. Alüminyum bakımı                                                       | 31        |
| 5.1.2. Alüminyum ile uyumluluk                                                | 31        |
| 5.2. Fiberglas ile çalışmak                                                   | 31        |
| 5.3. Ahşap ile çalışmak                                                       | 32        |
| 5.3.1. Sert ahşaplar                                                          | 32        |
| 5.3.2. Yumuşak ahşaplar                                                       | 32        |
| 5.4. Çelik ile çalışmak                                                       | 33        |
| <b>6. BOYAMA</b>                                                              | <b>34</b> |
| 6.1. Tipik bir boya sistemi                                                   | 34        |
| 6.1.1. Yıkama astarı                                                          | 34        |
| 6.1.2. Anti korozyon astar                                                    | 34        |
| 6.1.3. Son kat boyalar                                                        | 35        |
| 6.2. Uygulama koşulları                                                       | 35        |
| 6.2.1. Boyama öncesi önlemler                                                 | 35        |
| 6.2.2. Kurutma                                                                | 35        |
| 6.3. Astarların ve üst tabakaların kontrolü                                   | 35        |
| 6.3.1. Astarların test edilmesi                                               | 35        |
| 6.3.1.1. Viskozite                                                            | 35        |
| 6.3.1.2. Kalınlık                                                             | 36        |
| 6.4. Son kat boyaların test edilmesi                                          | 36        |
| 6.4.1. Viskozite                                                              | 36        |
| 6.4.2. Kalınlık                                                               | 36        |
| 6.5. Alüminyum teknede boyama öncesi yüzey hazırlıkları ve boya tipleri       | 36        |
| <b>7. ALÜMİNYUM VE ALAŞIMLARININ KAYNAĞI</b>                                  | <b>38</b> |
| 7.1. Alüminyum ile çalışmak                                                   | 38        |
| 7.2. Alüminyum kaynak çeşitleri                                               | 39        |
| 7.2.1. Gaz altı kaynağı                                                       | 39        |
| 7.2.1.1. TIG kaynağı                                                          | 39        |
| 7.2.1.2. MIG kaynağı                                                          | 40        |
| 7.2.2. Çeşitli inşaat sanayinde de kullanılan plazma arkı ile kaynak          | 41        |
| 7.2.2.1. Hızlı plazma ark kaynağında kullanılan teller                        | 41        |
| 7.2.2.2. Hızlı plazma ark kaynağında birleştirme türleri                      | 41        |
| 7.2.2.3. Alüminyum plazma ark kaynağı                                         | 42        |
| 7.2.2.4. Sonuç                                                                | 43        |

|                                                                         |           |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 7.2.3. Alüminyum alaşımlarının direnç nokta kaynağı                     | 44        |
| 7.2.3.1. Elektrik direnç nokta kaynağı                                  | 44        |
| 7.3. Kaynak işlemlerinde koruyucu gaz seçimi                            | 54        |
| 7.3.1. Koruyucu gazlar                                                  | 56        |
| 7.3.1.1. Koruyucu gaz çeşitleri                                         | 56        |
| 7.3.1.2. Koruyucu gazların otomasyon kurabilme olasılığı                | 61        |
| 7.3.1.3. Koruyucu gazların koruyuculuk etkisi                           | 61        |
| 7.3.1.4. Koruyucu gazların ark kararlılığına etkisi                     | 63        |
| 7.3.1.5. Koruyucu gazların kaynak dişi şekline etkisi                   | 63        |
| 7.4. Kaynak ağız hazırlama                                              | 63        |
| 7.5. Kaynak dişlerinin düzeltilmesi                                     | 64        |
| 7.6. Kaynak öncesi yüzey hazırlama                                      | 64        |
| 7.6.1. Mekanik temizleme                                                | 65        |
| 7.6.2. Çözücü ile temizleme                                             | 66        |
| 7.6.3. Kimyasal aşındırıcı ile temizleme                                | 66        |
| 7.7. Kaynak metal özellikleri                                           | 66        |
| 7.8. Kalite kontrol                                                     | 67        |
| 7.8.1. Onay prosedürleri                                                | 67        |
| 7.8.2. Kaynak edilmiş bağlantıların muayene edilmesi                    | 68        |
| 7.8.3. Kaynak hataları                                                  | 68        |
| 7.9. Kaynak çubukları kaynak kabiliyeti                                 | 69        |
| 7.10. Alüminyum alaşımlarının kaynak kabiliyeti                         | 70        |
| 7.11. Alüminyum ve alaşımlarının kaynağı neden Çelik kaynağından zordur | 71        |
| 7.12. Kalite kontrol                                                    | 72        |
| 7.12.1. Çarpılma                                                        | 72        |
| 7.12.2. Şekil değiştirme nedenleri                                      | 73        |
| 7.13. Alüminyum kaynak onarım yapılırken dikkat edilecek hususlar       | 73        |
| 7.14. Alüminyum kaynağında atmosfer şartlarının etkileri                | 74        |
| 7.14.1. Esas metal depolanması                                          | 75        |
| 7.15. Esas metal ve elektrotların depolanması                           | 75        |
| 7.15.1. Esas metal depolanması                                          | 75        |
| 7.15.2. Tel elektrotların depolanması                                   | 76        |
| 7.16. Alüminyum bçimlerini kaynağı                                      | 76        |
| 7.17. Alüminyum malzeme de görülen başlıca tasarım hataları             | 78        |
| 7.17.1. Birleştirme tasarımı                                            | 79        |
| 7.18. Gaz altı kaynağında maliyet hesabı                                | 81        |
| 7.18.1. Koruyucu gaz maliyeti                                           | 81        |
| 7.18.1.1. Tüketilen gaz                                                 | 81        |
| 7.18.2. Tüketilen tel maliyeti                                          | 81        |
| 7.18.3. İşçilik maliyeti                                                | 82        |
| 7.18.4. Enerji maliyeti                                                 | 83        |
| 7.18.5. Toplam maliyet                                                  | 83        |
| <b>8. ALÜMİNYUM ARAÇLARIN BAKIM VE TEMİZLİĞİ</b>                        | <b>84</b> |
| 8.1. Leke tipleri                                                       | 84        |
| 8.2. Metal yüzeylerinin temizliği                                       | 85        |
| 8.3. Temizlik ve bakım ürünlerinin seçimi                               | 85        |
| 8.4. Alüminyum ile uyum                                                 | 86        |
| 8.5. Yıkama                                                             | 86        |
| 8.6. Dağlama ve cilalama                                                | 86        |

|                                      |           |
|--------------------------------------|-----------|
| 8 7. Zımparalanma                    | 87        |
| 8 8. Buz kürecikleri ile temizleme   | 87        |
| <b>9. ALÜMİNYUM KAYNAKÇI EĞİTİMİ</b> | <b>88</b> |
| <b>10. SONUÇ</b>                     | <b>90</b> |
| <b>KAYNAKLAR</b>                     | <b>91</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ</b>                      | <b>92</b> |

## KI SALT MALAR

|              |                              |
|--------------|------------------------------|
| <b>GMA W</b> | : Gaz metal ark kaynağı      |
| <b>GRP</b>   | : Fiber glas                 |
| <b>GPS</b>   | : Global Positioning System  |
| <b>ITAB</b>  | : Isı tesiri altındaki bölge |
| <b>MAG</b>   | : Metal aktif gaz kaynağı    |
| <b>MG</b>    | : Gaz metal ark kaynağı      |
| <b>SMA W</b> | : Ötülü elektrot kaynağı     |
| <b>Ta</b>    | : Hava sıcaklığı             |
| <b>TIG</b>   | : Gaz Tungsten ark kaynağı   |
| <b>Tm</b>    | : Metal sıcaklığı            |

## ŞEKİL LİSTESİ

|                                                                                             | <u>Sayfa No</u> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Şekil 3.1 : Alüminyumun pitting korozyonu .....                                             | 13              |
| Şekil 3.2 : Alüminyumun aralık korozyonu .....                                              | 15              |
| Şekil 3.3 : Alüminyumun pullanma korozyonu .....                                            | 15              |
| Şekil 3.4 : Çalışan bir pilin çalışma prensibi.....                                         | 18              |
| Şekil 3.5 : Alüminyum ve diğer metaller arası yalıtı mt ekniği .....                        | 19              |
| Şekil 4.1 : MGS tersanesinde yapılmış inşaat halindeki alüminyum bot....                    | 24              |
| Şekil 4.2 : Norveç'te inşaatı yapılmış kıyı emiyeti botu .....                              | 24              |
| Şekil 4.3 : İnşaat halindeki alüminyum tekneden görünüş.....                                | 25              |
| Şekil 4.4 : Norveç'te yapılmış alüminyum tekneden bir görünüş .....                         | 26              |
| Şekil 4.5 : Kıyı emiyeti alüminyum botunun baş taraf görünüşü.....                          | 27              |
| Şekil 4.6 : Alüminyum botun ters çevrilmiş haldeki görünüşü .....                           | 27              |
| Şekil 7.1 : Alüminyum gaz kaynağı .....                                                     | 34              |
| Şekil 7.2 : Alüminyum TIG kaynağı .....                                                     | 35              |
| Şekil 7.3 : Plazma ark kaynağındaki birleştirme türleri ve ağız hazırlığı ...               | 37              |
| Şekil 7.4 : Elektrik direnç nokta kaynağının AlCuMg <sub>2</sub> sacındaki iç yapısı...     | 41              |
| Şekil 7.5 : Nokta kaynağı İşleminin dirençlerle birlikte şematik yapısı .....               | 42              |
| Şekil 7.6 : Çeliğin ve alüminyumun nokta kaynağında elektrotlar arası<br>toplamdirenç ..... | 42              |
| Şekil 7.7 : AlCu4Mg1 sacı üzerinde direnç nokta kaynağı için akı melektröt<br>kuvveti ..... | 44              |
| Şekil 7.8 : Malzemenin nokta kaynağına uygunluğunu etkileyen faktörler...                   | 45              |
| Şekil 7.9 : Alüminyum üzerinde oksit tabakasının durumu .....                               | 45              |
| Şekil 7.10 : Akımtipi ve naki ne türünün elektrot ömrüne etkisi .....                       | 48              |
| Şekil 7.11 : AlCu4Mg1 T3 sacı üzerinde nokta kaynağı için parametreler ...                  | 49              |
| Şekil 7.12 : Direnç nokta kaynağını atelye deneyleri .....                                  | 50              |
| Şekil 7.13 : Argon ve helyum gazlarının kaynak dişi şekilleri .....                         | 53              |
| Şekil 7.14 : Argon, oksijen ve karbondioksit gazının kaynak dişine etkisi                   | 55              |
| Şekil 7.15 : Karbondioksit Gazının Metal Geçiş Formuna Etkisi .....                         | 56              |
| Şekil 7.16 : Alüminyumdaki Hidrojen çözünürlüğünün sıcaklıkla değişimi                      | 57              |
| Şekil 7.17 : Kaynak onarımı .....                                                           | 69              |
| Şekil 7.18 : GTAW ve GMAW için tipik birleştirme geometrileri .....                         | 75              |
| Şekil 9.1 : Kaynak girişi ve çıkışı.....                                                    | 84              |

## SEMBOL LİSTESİ

|           |                                        |
|-----------|----------------------------------------|
| <b>A</b>  | : Amper                                |
| <b>°C</b> | : Derece cinsinden sıcaklık ölçüsü     |
| <b>e</b>  | : Elektron                             |
| <b>°F</b> | : Fahrenheit cinsinden sıcaklık birimi |
| <b>K</b>  | : Kelvin cinsinden sıcaklık ölçüsü     |
| <b>Kn</b> | : Kilonewton, kuvvet birimi            |
| <b>Mv</b> | : Milli volt                           |
| <b>N</b>  | : Newton                               |
| <b>UV</b> | : Ultraviyole                          |
| <b>μm</b> | : Mikron                               |
| <b>V</b>  | : Volt                                 |
| <b>Ω</b>  | : Ohm direnç birimi                    |

## GE M İ NŞ AATI NDA ALÜ M İ NYUM KAYNAĞ I VE ALUM İ NYUM TEKNE İ MALATI

### ÖZET

Al ü m i nyum yeryüzünde oksijen ve silisyumdan sonra en çok bulunan üçüncü ele nent ol masına rağmen, endüstriyel çapta üretimi 1886 yılında elektroliz yöntemi ni n kullanıl maya başlanması ile gerçekleşmiştir. Al ü m i nyum nede niyeti n geliş mesi nde öne mli görev yapmaktadır. Al ü m i nyum hafif ol ması, korozyona karşı mukave neti, kolay şekil verilebilirliği gi bi özellikleri nede niyle gemi inşaatı alanında da kullanılmaktadır. Al ü m i nyumun çeliğ e göre maliyeti ni nfazla ol ması, daha az mukavi m ol ması ve kaynak yapım nda çelik kaynağı na göre daha çok özen istemesi al ü m i nyumun gemi inşaat'ta kullanı m nı kısıtlamaktadır. Buna ilave olarak Al ü m i nyumun üzeri ndeki doğal oksit tabakası nı n kaynak işle mi ni engellemesi nden dolayı bu tabakanı n kaynaktan önce gi derilmesi zorunlu l uğu, Al ü m i nyumun kaynak işle mi öncesi yüzeyi ni n çok te niz ol ma zorunlu l uğu Al ü m i nyum kaynağı nı n Çelik kaynağı na göre daha zor yapan ve gemi inşaatında Al ü m i nyum kullanı m nı kısıtlayan etkenlerden biridir. Al ü m i nyumun ısıtıld ı ğ nda renk değ iş tir me mesi, ış ı ğ yansıt ma ması, kaynaktan önce oksit gi der me işle mi gi bi çeliğ e göre bir çok farklı özelliğ i ni n bulunması Al ü m i nyum kaynağı nı yapacak ele manları nda ek olarak eğ iti mal ması zorunlu l uğunu ortaya çı kar maktadır. Bu çalış ma nda, Al ü m i nyumun Gemi inşaatı alanında kullanı m nı, özellikleri ni, al ü m i nyum kaynağı nı, al ü m i nyum kaynağı nı n çelik kaynağı ile farklılı kları nı, al ü m i nyum kaynağı nda di kkat edil mesi gereken konuları, al ü m i nyum ala ş ı mları nı n korunması ve boyanması nı, gemi inşaatı alanında kullanılan al ü m i nyum ala ş ı mları nı n özellikleri ni, al ü m i nyum gaz altı kaynağı nda ( GMA W) maliyet hesabı nı n neleri n fonksiyonu ol duğunu inceledi m

## ALUMINUM WELDING IN SHIP BUILDING AND ALUMINUM SHIP BUILDING

### ÖZET

Aluminum is the third most found element in the world after Oxygen and Silicon. However, production of Aluminum in industry started after being used in electrolysis method in 1886. Aluminum has an important effect on improving technology. Aluminum is being used in ship building because of being thin, having corrosion resistance and taking easily shape. However, aluminum is very expensive and having less strength according to steel, because of this reason aluminum is not mostly used in ship building especially. In addition, Aluminum has a natural oxide layer which prevents welding and Aluminum surface must be cleaned before welding. Because of these specialties, Aluminum using in ship building is not preferred mostly. Aluminum has different specialties for example, Aluminum color does not change while heating, Aluminum does not reflect light and before welding, oxide layer on surface must be removed. These specialties must be taught by teachers to Aluminum welders to make a good Aluminum welding. In this study, I examined using of aluminum in ship building, specialty of aluminum, aluminum welding, welding differences between steel & aluminum, special rules for aluminum welding, aluminum protection and painting specialties of aluminum alloys which are used in ship building and which factors affect the financiality of Gas Metal Arc Welding (GMAW).

## 1. GİRİŞ

Metaller, medeniyetin gelişmesinde önemli görev yapmaktadır. Bu gelişme süresinde, alüminyum kadar önemli rol oynayan az sayıda metal bulunur. Alüminyum kendine has özellikleri ile, çok eski çağlardan beri bilinen, ağaç, bakır, demir ve çelik gibi bir çok malzemeden daha çok önem kazanmış bulunmaktadır. 19 Yüzyılını ikinci yarısından beri endüstriyel çapta üretilen çok genç bir metal olmasına rağmen, bugün bakır ve alaşımları, kurşun, kalay, çinko gibi tüm demir dışı metalleri toplam kullanımdan daha çok miktarda kullanılmaktadır.

Günümüzde özellikle gemi sanayinde ufak boyutlu gemi ve tekne yapımında yaygın şekilde kullanılmaktadır. Alüminyumun hafifliği, korozyona karşı direnci, işlenme kolaylığı bakımından alüminyum tekne yapımında tercih sebebi ise de maliyetin fazla olması ve çelikten az mukavim olması da alüminyum kullanımını kısıtlamaktadır.

Çalışmada, alüminyum özellikleri, alüminyum teknenin diğer tekne yapım malzemelere göre farklılıkları, alüminyum kaynağı, kaynak esnasında dikkat edilmesi gereken konular, alüminyum alaşımlarının korunması ve boyanması, alüminyum araçların bakım ve temizliği konularında detaylı bilgiler verilmiştir.

## 2 KAYNAK PROSESLERİ

### 2.1 Giriş

Kaynak ve lehimleme ana birleştirme prosesleridir. Bu proseslerin endüstriyel uygulamaları basit bir ambalaj kutusunun lehimlenmesinden büyük bir yük gemisinin kaynak vasıtasıyla kütleli olarak bir bütün haline getirilmesini kapsayan geniş bir yelpazeye sahiptir. Kaynak ve lehimle birleştirilen en az iki veya daha fazla sayıdaki parça arasında kısmi veya tam ergime ile birleştirme hattı boyunca düzenli veya yarı düzenli bir kristal yapı oluşturur.

Kaynak, metalik veya plastik malzemelerin sırasıyla basınç veya her ikisinin birlikte etkisi altında bir malzeme ilavesi ile veya ilave malzeme kullanmadan gerçekleştirilen bir birleştirme işlemidir. Katkı malzemesi olarak birleştirilen parçalarla aynı cinsten malzeme veya benzer ergime sıcaklığına sahip malzemeler kullanılır.

İki metal arasında kristal yapıyı (bağlantı bölgesinde atomların belirli bir kristal sisteminde dizilmeleri) meydana getirerek birleşmenin sağlanabilmesi için parçaların atomları arasında uyumluluk ve atomların birbirlerine karşı ilgilerinin olması gerekir. İdeal metalürjik bağın olması için:

- Absorbe edilmiş gaz, yağ ve oksitlerden arındırılmış düz ve uyumlu yüzeyler.
- Empürite (gayri safsızlık) içermeyen metal.
- Tek kristalli veya benzer kristalografik yapı ve yönelmeye sahip iki metal gerekmektedir. **Ank ve Özgöktüğ (1978)**

Yukarıda belirtilen şartların laboratuvar ortamında bile sağlanması oldukça güç olup, pratik uygulamada bütünüyle gerçekleştirilmesi hemen hemen imkansızdır. Neticede bu güçlükleri aşabilmek için çeşitli kaynak metotları geliştirilmiştir. Yüzey kabalığı, kuvvet etkisiyle plastik deformasyon oluşturulması veya ergitme ile yekpare parça üretimi yoluyla aşılmıştır. Katı hal kaynağında, yüzeydeki kirlenmiş tabaka kaynak öncesi mekanik veya kimyasal yöntemlerle temizlenir veya metalin

yeterli derecede plastik akışı ile kaynak bölgesini n dışına çıkarılması sağlanır. Sıvı metal havuzcuğunun oluşturduğu ergitme kaynağında empüriteler fluks maddelerinin kullanımıyla ortamdan uzaklaştırılırlar. Vakuum altında gerçekleştirilen katı hal veya ergitme kaynağında empüriteler kolaylıkla etkisiz hale getirilebilirler ve bağlanma rahatlıkla gerçekleştirilebilir. ( Connor, 1991)

Değişik kaynak prosesleri arasındaki farklılıklar sadece sıcaklık ve basıncın meydana getirilmesi veya uygulanmasındaki değişikliklerden kaynaklanmaz. Kaynak öncesi metal yüzeyini temizlenmesi ve kaynak sırasında oksitlenme ve kirlenmeyi önlemek amacıyla ile yürütülen işlemler açısından da farklılık gösterir. Yüksek sıcaklıklardaki işlem metallerinin çoğunluğunun çevreden olumsuz şekilde etkilenmesi ne neden olur. Tam ergime olursa metal kompozisyonunda değişimler meydana gelebilir. Kaynak esnasındaki ısıtma ve soğutma periyotları metalürjik yapıyı ve dolayısıyla metal kalitesini etkileyebilir. Bu etkiler ve muhtemel sonuçları bir ürünün dizaynında ve birleştirme prosesinin seçiminde dikkate alınmalıdır. Özetle kaliteli bir kaynak ;

- Yeterli bir basınç ve ısı kaynağı.
- Metali temizleme ve oksidasyondan koruma.
- Tehlikeli metalürjik etkilerden (kalıntı gerilmeler ve korozyon) kaçınma veya telafi etme tedbirlerini gerektirir.

## 2.2 Kaynağın Sınıflandırılması

Kaynak yöntemlerinin sınıflandırılması aşağıdaki esaslara göre yapılmaktadır.

- Kaynaklanan malzemeye göre ( Metal ve plastik)
- Kaynağın amacıyla göre ( Birleştirme ve doldurma)
- Kaynak usullerine göre ( El kaynağı, yarı otomatik ve tam otomatik)

### 2.2.1 Kaynaklanan Malzemeye Göre Sınıflandırma

#### i-) Metal Kaynağı

**a-) Ergitme Kaynağı:** Kaynaklanacak malzemenin kaynak bölgesini korumasına göre aşağıdaki alt sınıflara ayrılır.

- a-1-) Gaz ergitme kaynağı ( Oksi-asetilen vb.)
- a-2-) Drenç ergitme kaynağı
- a-3-) Dökümergeitme kaynağı

a-4-) Elektron bombardmanı ile ergitme kaynağı

a-5-) Lazer ışını ile ergitme

a-6-) Alüminyum termal ergime kaynağı

a-7-) Ark ergitme kaynağı

a-7-1-) Açık ark kaynağı

• Metal elektrot ile kaynak • Karbon elektrot ile kaynak

a-7-2-) Ötülü ark kaynağı

• Yalıtılmış (Ötülü) elektrot ile kaynak

• Toz altında kaynak

a-7-3-) Koyucu gazla ark kaynağı

• Atomik Hidrojen kaynağı

• Soy gaz koruyucu gaz ile kaynak (TIG MIG MAG vb)

**b-) Basınç Kaynağı:** Metalik malzemelerin ısıtılarak veya ısıtılmaksızın basınç altında birleştirilmesi dir. Aşağıdaki sınıflara ayrılır.

b-1-) Soğuk Basınç kaynağı

b-2-) Ultrasonik kaynak

b-3-) Ocak kaynağı

b-4-) Sürtünme kaynağı

b-5-) Döküm basınç kaynağı

b-6-) Elektrik direnç kaynağı

b-7-) Gaz basınç kaynağı

b-8-) Elektrik ark basınç kaynağı

b-9) Difüzyon kaynağı

**ii-) Hastik Kaynağı:** Uygulama şekillerine göre aşağıdaki sınıflara ayrılır.

a-) Ultrason kaynağı b-) Sürtünme kaynağı c-) Titreşim kaynağı d-) Sıcak levha veya eleman kaynağı

e-) Sıcak gaz kaynağı f-) İmplantasyon kaynağı g-) Solvent kaynağı

## 2.2.2 Kaynağın Amacına Göre Sınıflandırma

Kaynak yapılaşma amacı na göre a-) Birleştirme b-) Dolgu kaynağı olarak ikiye ayrılır.

**a-) Birleştirme Kaynağı:**

İki yada daha çok sayıdaki parçayı birleştirerek çözünmez bir bütün haline getirir.

### **b-) Dolgu Kaynağı:**

Bir iş parçasının veya malzemenin hacmindeki bir eksiği doldurmak veya hacmini genişletmek ve ayrıca korozyon veya aşındırıcı etkilere karşı korumak amacıyla ile malzemenin üzerinde sınırlı bir alan boyunca yapılan kaynaktır.

### **2.2.3 Kaynağın Yapılış Şekline Göre Sınıflandırma**

- El kaynağı: Kaynak aleti ile sevk edilen bir alet vasıtasıyla yapılır.
- Yarı mekanize kaynak: Kaynak el yerine kısmen mekanize edilmiş bir araç ile yapılır.
- Tam mekanize kaynak: Kaynak tamamen mekanize edilmiş bir teçhizat ile yapılır.
- Otomatik kaynak: Hem kaynak, hemde kaynak edilen parçaların değiştirilmesi gibi bütün işlemler mekanize edilmiştir. ( Onaran, 2000)

### **3. ALÜMİNYUMUN TARİHÇESİ ve GENEL ÖZELLİKLER**

#### **3.1 Alüminyumun Tarihçesi ve Avantajları**

Alüminyum yeryüzünde oksijen ve Silisyumdan sonra en çok bulunan üçüncü element olmasına rağmen, endüstriyel çapta üretimi 1886 yılında elektroliz yönteminin kullanılmaya başlanması ile gerçekleşmiştir. Alüminyum diğer çok kullanılan metaller olan demir, kurşun ve kalay gibi, doğada bileşikler halinde bulunur. Alüminyum oksit halindeki bileşikten ilk ayıran ve elde eden kişi, 1807 yılında, Sir Humphrey Davy olmuştur. Daha sonra, Hans Christian Oersted, Frederick Wöhler ve Henry Sainte-Daire Deville, Alüminyum eldesinde yenilikler getirmişlerdir. Alüminyumun endüstriyel çapta üretimi ise, 1886 yılında ABD’de Charles Martin Hall ve Fransa’da Paul T. Heroult’un birbirlerinden habersiz olarak yaptıkları elektroliz yöntemi ile başlamıştır. Bu günümüzde halen kullanılan yöntem olduğundan, 1886 yılı Alüminyum endüstrisinin başlangıç yılı olarak kabul edilir. 1886 yılında Werner von Siemens’in dinamoyu keşfi ve 1892 yılında K.J. Bayer’in, boksitten alümina eldesini sağlayan Bayer prosesini bulması ile Alüminyumun endüstriyel çapta üretimi çok kolaylaşmış ve bu en genç metal, demir Çelikten sonra dünyada en çok kullanılan ikinci metal olmuştur. (Davis, 1987)

#### **3.2 Alüminyumun Genel ve Fiziksel Özellikleri**

Metaller, medeniyetin gelişmesinde önemli görev yapmaktadır. Bu gelişme sürecinde, Alüminyum kadar önemli rol oynayan az sayıda metal bulunur. Alüminyum kendine has özellikleri ile, çok eski çağlardan beri bilinen, ağaç, bakır, demir ve Çelik gibi birçok malzemenin daha çok önem kazananmış bulunmaktadır. 19. yüzyılını ikinci yarısından beri endüstriyel çapta üretilen çok genç bir metal olmasına rağmen, bugün bakır ve alaşımları, kurşun, kalay ve çinko gibi tüm demir dışı metallerin toplam kullanımından daha çok miktarda kullanılmaktadır. (Davis, 1987)

Alüminyumun genel özellikleri aşağıda özetlenmiştir :

- Alüminyum hafiftir. Aynı hacimdeki bir Çelik malzemenin ağırlığının ancak üçte biri kadar ağırlıktadır.
- Alüminyum hava şartlarına, yiyecek maddelerine ve günlük yaşamda kullanılan pek çok sıvı ve gazlara karşı dayanıklıdır.
- Alüminyumun yansıtma kabiliyeti yüksektir. Gümüşü beyaz renginin bu özelliğinden katkısı ile beraber gerek iç gerekse dış mîmarî için cazibeli bir görünüme sahiptir. Alüminyumun bu güzel görünümü, anodik oksidasyon (el oksal), lake maddeleri vs. gibi uygulamalar ile uzun müddet korunabilir. Hatta, birçok uygulamada tabii oksit tabakası bile yeterli olur.

Çeşitli Alüminyum alaşımlarının mukavemeti, normal yapı çeliğinin mukavemetine denk veya daha yüksektir.

- Alüminyum elastik bir malzemedir. Bu nedenle ani darbelerle karşı dayanıklıdır. Ayrıca, dayanıklılığı düşük sıcaklıklarda azalmaz. (Çeliklerin, düşük sıcaklıklarda ani darbelerle karşı mukavemeti azalır.)
- Alüminyum işlenmesi kolay bir metaldir. Öyle ki, ince folyo veya tel haline getirilebilir.
- Alüminyumun ısı ve elektriği bakır kadar iyi iletir.
- Alüminyumla şekil vermek için döküm dövme, haddeme, presleme, ekstrüzyon, çekme gibi tüm metotlar uygulanabilir.

#### Alüminyumun Fiziksel Özellikleri

|                           |                                 |
|---------------------------|---------------------------------|
| Atom ağırlığı             | 26,97                           |
| Özgül ağırlık             |                                 |
| Dökme Alüminyum           | 2,65-2,69 (gr/cm <sup>3</sup> ) |
| Hadde Alüminyum           | 2,7 (gr/cm <sup>3</sup> )       |
| Ergime noktası            | 658 °C                          |
| Kayama noktası            | 1800 °C                         |
| Isı geçirgenlik katsayısı | 173 W/m K                       |
| Sıcaklık etki ile uzama:  |                                 |
| 0..50 C                   | 1,17 (mm/m)                     |
| 100 C                     | 2,38 (mm/m)                     |
| 200 C                     | 4,94 (mm/m)                     |

|                       |              |
|-----------------------|--------------|
| 400 °C                | 10,60 (mm/m) |
| 500 °C                | 13,70 (mm/m) |
| Kendini çekme miktarı | % 1,7..1,8   |

Katı hal den sıvı hale geçerken meydana gelen hacim büyümesi % 6,5  
(Davis, 1987)

### 3.2.1 Oksit

Alüminyum oksijene maruz kaldığında hemen oksitlenir. Isıl işlemler ve nemli depolama şartları oksit kalınlığını arttıracak, süsleme, nemari ve aşınma direnci uygulamaları için elektro kimyasal anotlama işlemi uygulanmış gibi olacaktır. Alüminyumun yüzeyindeki doğal oksit, asal gaz kaynak arkları veya tozlar vasıtasıyla giderilebilecek inceliktedir. Bununla beraber yüzeydeki daha kalın oksit, mekanik veya kimyasal araçlarla kaynak öncesi giderilmelidir.

Alüminyum oksit, esas metal alaşımların ergime sıcaklığından çok daha yüksek olan 2050 °C civarında (yaklaşık olarak Alüminyum alaşımların kendi ergime sıcaklığının 3 katı sıcaklıkta) erir. (Onaran, 2000) Kaynak esnasında esas metalin oksit tabakasından çok daha önce ergeyeceği bellidir. Isıl işleme tabi tutulan Alüminyum alaşımlarının kaynağında doğal oksitler asal ark vasıtası ile parçalanabilir. Bununla beraber, ısı işlem uygulanabilen Alüminyum alaşımları belirli bir ısı işlemi için yüksek sıcaklığa çıkarıldığından ısı işlem uygulanmayan alaşımlarda bulunandan daha kalın bir oksit tabakası biçimlenecektir. Oksit giderilmediğinde veya yeri değiştirildiğinde yetersiz ergimeye neden olacaktır. Oksidi gidermek için klorür ve florür içeren tozların kullanıldığı bazı birleştirme işlemlerinde kullanımı sırasında korozyon problemi ihtimalinden kaçınmak için birleştirme işleminden sonra bu tozlardan birleştirme yeri arındırılmalıdır. Bu konutta kullanmaksızın oksidi giderebilen asal gaz ark kaynak işlemlerinin kullanımı geniş ölçüde ön plana çıkarır.

Alüminyum oksit, bir elektriksel yalıtkandır. Yeterince kalın olduğunda anodik kaplamalarda olduğu gibi ark başlatmayı önleyebilir. Bu durumda, oksit uzaklaştırılması sadece kaynak yapılacak yerde değil aynı zamanda şase bağlantısının yapıldığı yerde de gereklidir. Bir ısı işlem veya nemli atmosferde depolanmanın neden olabileceği gaz metal ark kaynak (GMAW) elektrotundaki kalın bir oksit tabakası torcun temas ucunda, kötü kaynakla sonuçlanan kararsız elektriksel akı yönü değişikliği meydana getirebilir. (Ank, 1989)

### 3.2.1.1 pH Değeri nin Oksitlenme Hız ında Etkisi

Oksit fil minin bozulma hız ı pH değeri tarafından belirlenir. Asit ve alkalin ortamda çok hızlı ve pH nötr lüğüne yakın (pH 5-9) ortamda çok yavaştır. Nehir ve kaynak suyu ve musluk suyu gibi doğal sular genellikle 7 civarında bir pH değeri ne sahiptir.

Oksit fil mt üm bu ortamlarda çok kararlıdır ve herhangi bir ilave koruma ol nadan Al ümi nyumdan yapılmış ticari araçlarda tavanların ve diğer ekipmanların uzun ömr ünü açıkl a naktadır.

Yaygın inancın aksine, ıslak bir çevrede Al ümi nyum ve alaşı mlarının korozyon direnci tahmin edilirken pH hesaba katılacak tek kriter değildir. Asit ve baz ti pi de öne mli dir. Bu yüzden hidrolik ve sülfürik gibi H drojen asitleri Al ümi nyum ve alaşı mlarına karşı çok agresiftir ve etki oran ı asit yoğunluğu ile artar. Konsantre nitrik asit Al ümi nyum üzerinde etkiye sahip değildir, gerçekte onun okside et me eyle mi aslında oksit tabakasını çok az takviye eder. Aynı şeyler alkalin ortamlarda geçerli dir: Kostik soda ve potasyum düşük konsantrasyonlarda bile Al ümi nyum ve alaşı mlarına zarar verirken, aynı pH lı sıv ı amonyak eriyikleri daha az zarar verir. (Shackelford, 1998)

### 3.2.2 H drojen Çözünülebilirli ğ i

Ergimiş Al ümi nyumda H drojen çok hızlı çözünür. Buna karşılık H drojen katı Al ümi nyum i çinde hiç çözünmez. Bu da Al ümi nyum kaynağ ında gözeneg i n birinci sebebi olarak tanı mlanır. Yüksek sıcaklıklarda kaynak banyosu çok m i ktarda H drojen soğutul m as ına m üsaade eder ve katılaşma esnas ında H drojen çözünürlüğü çok m i ktarda azalır. Etkili çözünebilirlik sın ır ını aşan H drojen, katılaşan kaynaktan kaçamadı ğ ında gözenek ol uř turur.

Sağlam kaynakların yapılab il mesi i çin esas metal ve ilave metal üzerindeki yağlayıcı, yüzeydeki nem veya H drojen içeren oksit, bir su soğut mal ı torcun nozul u i çinde nem yoğ uş mas ı veya su sızı ntısı, koruyucu gaz i çerisindeki nem uzaklaştırıl mal ıdır. Al ümi nyum Magnезyum alaşı mları (5xxx serisi), H drojen içeren oksit ol uş umu yönünden en hassas alaşı mlardır. (ed Davis, 1987) Mıkaralara sarıl mış haldeki ç ıplak tel elektrot, kuru ve ısıtıl mış bir bölgede anbarlanmal ıdır. Nem, H drojen içeren oksitten, toz özl ü elektrotlarda yapıld ı ğ ı gibi ısıtılarak uzaklaştırılmaz.

### 3.2.3 Elektriksel İletkenlik

Ark kaynağı esnasında, şase kablosu parçanın herhangi bir yerine tutturulabilir. Gerek Alüminyum üzerindeki yalıtkan oksit ve gerekse Çelik masa üzerindeki pasın elektrik akımını kötü iletmesine neden olabilir. Bu nedenle şase kablusunun Çelik çalışma masasına tutturulması tercih edilir. Temas noktalarında ark oluşumu, Alüminyum yüzeyinde bozulma yapabilir. Alüminyum alaşımları, yüksek elektrik iletkenliğine sahip olup saf Alüminyum Tablo 3.1’de gösterildiği gibi saf bakırın elektrik iletkenliğinin %62’sine sahiptir. (Shackelford, 1998)

**Tablo 3.1:** Isıl İşleme Tabii Tutulmayan Şekillendirilmiş Alüminyum Alaşımlarının Fiziksel Özellikleri ve Kaynak Edilebilirlikleri.

| Esas Alaşım | Yaklaşık Erime Aralığı °C | 25 °C’de Isıl İletkenlik W/mK | Elektrik İletkenliği (a) %IACS | Kaynak edilebilirlik (b) |         |              |        |        |
|-------------|---------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------|---------|--------------|--------|--------|
|             |                           |                               |                                | Gaz                      | Toz Ark | Asal Gaz Ark | Direnç | Basınç |
| 1060        | 646-657                   | 234                           | 62                             | A                        | A       | A            | B      | A      |
| 1100        | 643-657                   | 222                           | 59                             | A                        | A       | A            | A      | A      |
| 1350        | 646-657                   | 234                           | 62                             | A                        | A       | A            | B      | A      |
| 3003        | 643-654                   | 193                           | 50                             | A                        | A       | A            | A      | A      |
| 3004        | 629-654                   | 163                           | 42                             | B                        | A       | A            | A      | B      |
| 500         | 632-654                   | 200                           | 52                             | A                        | A       | A            | A      | A      |
| 5050        | 624-652                   | 193                           | 50                             | A                        | A       | A            | A      | B      |
| 5052        | 607-649                   | 138                           | 35                             | A                        | A       | A            | A      |        |
| 5083        | 574-638                   | 117                           | 29                             | C                        | C       | A            | A      | C      |
| 5086        | 585-641                   | 125                           | 31                             | C                        | C       | A            | A      | B      |
| 5154        | 593-643                   | 125                           | 32                             | C                        | C       | A            | A      | B      |
| 5254        |                           |                               |                                |                          |         |              |        |        |
| 5454        | 602-646                   | 134                           | 34                             | B                        | B       | A            | A      | B      |
| 5456        | 568-638                   | 117                           | 29                             | C                        | C       | A            | A      | C      |

a) 20 °C’de eşdeğer hacim

b) Kaynak edilebilirlik derecesi: A kolayca kaynak edilebilir; B çoğu uygulamalarda kaynak edilebilir, ancak özel teknik veya ilave metal alaşım gerektirir; C sınırlı kaynak edilebilir; X tavsiye edilmeyen metaldir.

Yüksek elektrik iletkenliği sebebiyle demir esaslı elektrotlarda olduğu gibi elektrotta direnç ısınması olmadığından GMAW tabancalarında uzun temas ucu kullanabilir. Uzun temas uçları çoklute temas noktaları sağlayarak iyi akımgöçürdüklerinden tercih edilirler. Kısa temas uçları ile ark yapma, Alüminyumda sadece birkaç temas mümkün olduğunda tabii oksit yalıtım sebebiyle vasattır. Bu olay özellikle sabit gerilim gücü ünitesi ve yüksek akımdalganmalarına neden olan yüksek elektrot besleme hızı kullanıldığında doğrudur. Alüminyumun manyetik olmama özelliği, ark

üfleme problemi en aza indirir. Bu özelliği sebebiyle kaldırma ve yükleme için manyetik kaldırma aparatları yerine vakumlu kaldırma cihazları gereklidir.

### 3.2.4 Isıl Karakteristikleri

Alüminyumun ısı iletkenliği, çeliğin altı katı civarındadır. Alüminyum alaşımlarının ergime sıcaklığı demir esaslı alaşımların ergime sıcaklığının altında olmasına rağmen özgül ısısının yüksek olması sebebiyle Alüminyumun kaynağı için daha yüksek ısı girişi gerekir. Buna rağmen bir kaynak yavaş hızla yapıyorsa ısı arkın önünde ilerleyebilir, kaynak parametrelerinin devamlı ayarı gerekir. Düzenli kaynak şartlarının çoğu uyumlu kaynak hızları ile yüksek ısı girişlerine zorlar. Yüksek ısı iletkenlik, kaynak işlemi vasıtası ile ısı girişinde Alüminyum değişimlere hassas hale getirir. Özellikle GMAW gibi daha hızlı kaynak işlemleri ile nüfuziyet ve ergime farklılıklarından kaçınmak için sabit bir ısı girişi gerekir. Radyografik muayene tabi tutulacak parçalarda Alüminyumda en sağlam kaynakların yapılması için sabit akımtipi bir güç ünitesi ile GMAW tercih edilir. Alüminyumun en sağlam kaynakların yapılması için sabit akımtipi bir güç ünitesi ile GMAW tercih edilir. Alüminyumun ısı genleşmesi çeliğinki katı civarındadır ve Alüminyum kaynakları katılaşma sırasında hacim olarak %6 büzülür. (Smith, 1996)

### 3.2.5 Alüminyumun Mukavemet Özellikleri

Mukavemet özellikleri, malzemenin derecesine ve imal şekline bağlıdır. Saf Alüminyumun dinamik mukavemeti, statik mukavemetinin yaklaşık 0.4 ile 0.45 katıdır. (Davis, 1987) Soğuk şekil değiştirilmiş Alüminyum kaynak yapıldığı takdirde, geçiş bölgesinin mukavemeti düşer. Madenler soğuk şekil değiştirme ile kazandıkları mukavemeti iade ederler. Kaynak esnasında da parça tavlandığı için mukavemeti düşmektedir. Kaynak parça soğuduktan sonra soğuk olarak çekilebilirse, yine eski mukavemetini kazanır. Bu çekileme sırasında parçanın kalınlığından kaybetmesine dikkat edilmelidir.

**Tablo 3.2: Alüminyumun Mukavemet Özellikleri**

| Özellikler                            | Döküm Al. | Hadde Al.     | Isıl işleme tabi tutulmuş Al. |
|---------------------------------------|-----------|---------------|-------------------------------|
| Çekme muk. (Kg/ mm <sup>2</sup> )     | 9...12    | 18...28       | 7...11                        |
| Akma muk. (Kg/ mm <sup>2</sup> )      | 3...4     | 16...24       | 5...8                         |
| Uzama (%)                             | 18...25   | 3...5         | 30...45                       |
| Büzülme (%)                           | 40 ... 55 | 60...85       | 80...95                       |
| Sertlik (Brinell)                     | 24...32   | 45...60       | 15...25                       |
| Elastik Modülü (Kg/ mm <sup>2</sup> ) |           | 6000 ... 7000 |                               |

**3.2.6 Soğuk Şekil Değiştirme**

Alüminyum oda sıcaklığında soğuk şekil değiştirdiği takdirde, çekme ve akma mukavemeti yükselir. Bunun yanında uzama miktarı ve şekil değiştirme kabiliyeti azalır. Bu artma ve azalma, şekil değiştirme derecesine bağlıdır. Şekil değiştirme derecesine göre de Alüminyum yumuşak 1/16 sert, 1/8 sert, 1/4 sert, 1/2 sert ve 1/1 sert olmak üzere kısımlarına ayrılır. Sert (şekil değiştirmiş) Alüminyum, yumuşak Alüminyumdan daha az bir korozyon mukavemetine sahiptir. Mesala %9.5 saflık derecesinde bulunan bir Alüminyum 7 kg/ mm<sup>2</sup> çekme mukavemetine ve %35’de uzama miktarına sahip olmasına rağmen; %20 derecesinde bir soğuk şekillendirmeye tabi tutulursa, çekme mukavemeti 10 kg/ mm<sup>2</sup>’e yükseldiği gibi uzama miktarı da %15’e düşer. Şekil değiştirme derecesi %40’a yükselirse, mukavemet 12 kg/ mm<sup>2</sup> ve uzama da %12 değerini alır. (Davis, 1987)

**3.2.7 Sıcak Şekil Değiştirme**

Alüminyumun sıcak şekil değiştirmesi ( boruların, profillerin ve sacların sıcak olarak bükülmesi .... gibi ) her zaman mümkündür. Daha önce soğuk şekil değiştirmiş bir Alüminyum parça, sıcak şekil değiştirilebilir. Ama, kaynak işleminde olduğu gibi mukavemet düşer. Sıcak şekil değiştirme sıcaklığı 300-450 ° C arasındadır. (Smith, 1996)

**3.2.8 Isıl İşlemin Esası**

Soğuk şekil değiştirmiş bir malzeme tavlansa kendi normal sertlik ve mukavemetini tekrar kazanır. Soğuk şekil değiştirmeden önceki sertlik ve mukavemeti kaybeder. Taneler tekrar normal şeklini alır. ( rekristalizasyon olayı )

Al ümniyum ile ısıtıl işlem neticesinde sertleşen Al ümniyum alaşımları arasında şu fark vardır. Al ümniyum tavlandıktan sonra mukavemetinden bir miktar kaybeder ve yalnız soğuk şekil değiştirme neticesinde sertleşir. Sertleşen Al ümniyum alaşımları, belirli bir sıcaklığa kadar tavlandıktan sonra, su verilip bu sıcaklıklarda belli bir süre bekletilerek mukavemeti ve sertliği yükseltilebilir. Bu bekletmeye çökelme sertleşmesi denir. Bu tarzda sertleşen malzemelere, çökelme sertleşmesiyle sertleşen alaşımlar adı verilir. Çökelme bazen belli sıcaklıkta bazen de oda sıcaklığında yapılır. Birinci hale suni ve ikinci hale de doğal çökelme adı verilir. Bazen birinci şekle sıcak ve ikinci şekle de soğuk çökelme setleşmesi adı verilir. Suni çökelmede malzeme gayet kısa bir zamanda sertleşir.

Tablo 3.3 Al ümniyum ve Alaşımlarının Tavlama, Çökelme Sıcaklık ve Zamanı

| Alaşımcısı | Tavlama sıcaklığı (°C) | Tavlama zamanı (Saat) | Çökelme sıcaklığı (°C) | Çökelme zamanı (Saat) |
|------------|------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| Al MgSi    | 510-530                | 1/2..1.5              | Oda sıcaklığında       | 5 gün                 |
|            |                        |                       | 150 ila 170° C de      | 8-12 saat             |
| Al Cu Mg   | 495-505                | 1/2..1                | Oda sıcaklığında       | 5 gün                 |
| Al Zn Mg   | 450-460                | 1...3                 | Oda sıcaklığında       | 10 gün                |
|            |                        |                       | 125 °C de              | 24saat                |
| Al MgSi Pb | 510-530                | 1/2-1.5               | Oda sıcaklığında       | 5 gün                 |
|            |                        |                       | 150 ila 170° C de      | 8-12 gün              |
| Al Cu MgPb | 495-505                | 1/5..1                | Oda sıcaklığında       | 5 Gün                 |
|            |                        |                       | 160 ila 170° C de      | 8-12 Gün              |

### 3.2.9 Al ümniyumun Safiyet Dereceleri

Gıda ve elektrik endüstrisinde kullanılan Al ümniyum %99.99 safiyet derecesindedir. Al ümniyum borular ve saclar %99.5 ila %99.8 bazen de %98 ila %99 derecesinde saftır. (Davis, 1987) Diğer kısımlar genellikle Silisyum ve demirden ibarettir. Al ümniyumun içeriğinde bulunan demir ( $Al_3Fe$ ), Al ümniyum özelliklerine pek etki etmez. Ama Silisyum ne kadar az olsa bile Al ümniyumun özelliklerini değiştirir. Al ümniyum 250-350 °C arasında tavlendiği takdirde, katı eriyik halinde bulunan Silisyum Al ümniyumdan ayrılır. 350 °C nin üzerinde de tekrar katı eriyik haline

geçer. Silisyumun ayrılması ile Alüminyumun mukavemeti düşer. Yani, Alüminyum 250 ila 350 °C sıcaklıklar arasında gayet düşük bir mukavemete sahiptir. Bunun için soğurken bu sıcaklık arası nı çabuk geçmek gerek. Bu suretle Alüminyumun katı eriyik halinden ayrılması önlenmiş olur. Kaynak dişi 400 °C den itibaren çabuk soğutulursa mukavemet düşmesi meydana gelmez. Parçayı birdenbire suya daldırarak, soğuma işlemini gerçekleştirilir.

### **3.3 Alüminyum Korozyon Tipleri**

#### **3.3.1 Eş Yayılı Korozyon**

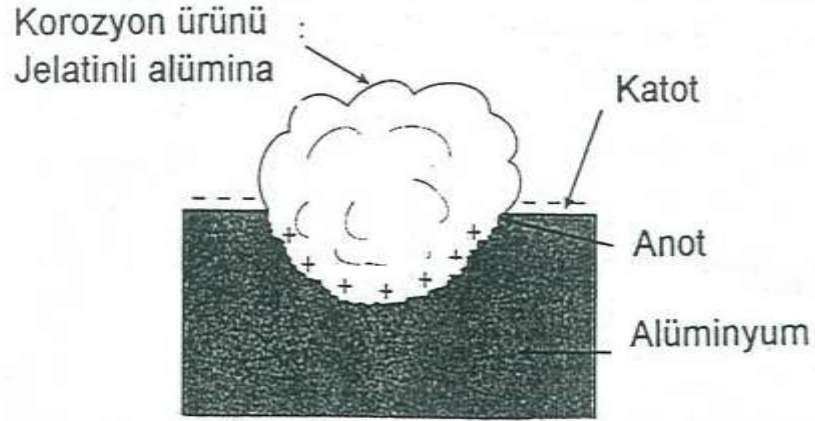
Bu tip korozyon çok asit veya çok alkalin pH ortamlar da meydana gelir. Metali tüm yüzey alanı üzerinde kalınlıktaki düzenli, üniform bir azalmayı gösterir. Bozulma oranı, su içindeki eriyikteki asit ve baz tipine bağlı olarak yılda birkaç mikrondan saatte birkaç mikrona kadar değişebilir. Örneğin %5 hidrolik asit eriyiğinde, Alüminyumun bozulma oranı ortamsıcaklığında yıllık kalınlık kaybı 0.01 mm'dir.

pH değerinin nötr'e yakın olduğu slak bir ortamda, eş yayılı korozyon ölçülecektedir. Eğer bir ortamda tek korozyon tipinin eş yayılı korozyon olduğunu biliyorsak ve bu ortamda kalınlıktaki yıllık azalmayı bilerek, önceden tanımlanmış çalışma ömrü için 'korozyon toleransını' belirlemek mümkün olabilir. Gerçekte bu yaklaşım kullanıcı tarafından yakından izlenen çok özel uygulamalar için başarılı olmaktadır.

#### **3.3.2 Pitting**

Korozyonun bu çok lokalize şekli bir çok metal ve alaşımda görülür ve malzeme de oluşan oyuklarla kendini gösterir. Bu oyukların çap ve derinliği bir çok faktöre göre değişir. Bunlar metalin kendisine özgü (alaşım tipi, imalat prosesi) ortama özgü (mineraltuzlarının konsantrasyonu) veya çalışma şartlarına özgü faktörleridir. Örneğin tozlu ortama maruz kalma ve bakımsızlığı.

Alüminyum ve alaşımları Ph değerinin nötr'e yakın olduğu ortamlarda pitting'e karşı hassastır. Bunlar şebeke suyu, deniz suyu, nem gibi bütün doğal ortamlardır. Diğer yaygın metallerin aksine bu korozyon tipi Alüminyum için önemlidir çünkü çukurlar da hidratlı jelatinli Alüminyum oksit'in  $Al(OH)_3$  çok iri beyaz kabarcıkları tarafından örtülür. Kabarcık oyuktan çok daha büyüktür.



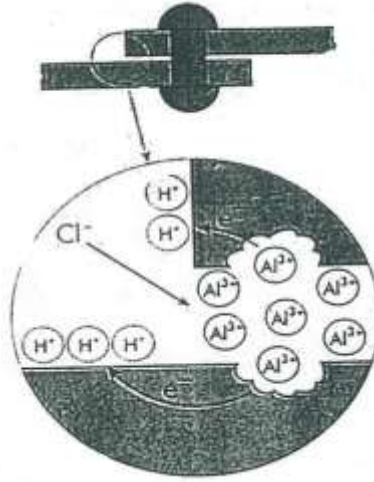
**Şekil 3.1 : Alüminyumun Pitting Korozyonu**

İncelme, lokal yırtıklar, boşluk nedeni ile doğal oksit filmini bozulduğu alanlarda pitting oluşur. Bununı malat şartları, ekler ve benzeri nedenleri vardır. İmalat, bükme ve kaynak esasında ezilen ve çizilen bölgelerin nemli bir ortamda sadece bir iki hafta içinde pitting'in oluşmasına ortam oluşturan alanlar olduğu deneyimle görülmüştür. Kullanıcı için önemli olan çukurların bir kere oluşuktan sonra ne hızda derinleştiğidir. Çinko gibi suda çözülebilir korozyon ürünleri olan metallerin aksine Alüminyum ve Alüminyum oksit'in korozyon ürünleri suda çözülmez ve oluştuğunda çukurun yüzeyindeki metale yapışır. Bu demektir ki Alüminyum ve alaşımlarının pitting korozyonu bir çok ortamda hızla azalır, örneğinsu ve nem. Hem doğal şartlar altında korumasız Alüminyum ve Alüminyum alaşımlarının kullanılması hemde laboratuvar şartlarında yapılan deneyler gösterir ki, çukurlar bir kez oluşuktan sonra derinleşme eğilimi göstermez.

5000 ve 6000 serisi alaşımlar ve Silisyum veya magnezyum alaşımdökümlerden yapılmış ticari araçların doğal ortamlarda ve tüm hava şartlarında herhangi bir koruma olmadan niçin yıllarca hizmet verebileceğini açıklayan pitting hızındaki bu yavaşlamadır. Alüminyum alaşımlardan yapılmış yarı-bitmiş ürünler açık havada veya nemli bir iç ortamda saklandığı zaman onlar, depolanamıllk haftaları esnasında yüzeysel pitting'e dayanabilir. Tecrübe bunların aylarca süren depolama sonrası çok nemli atmosferde veya deniz ortamında bile nadiren 0.1 mm'i aşan derinliklerde mikroskobik çukurlar olduğunu gösterir. Atmosfer yüksek toz konsantrasyonu tarafından kirlenmiş ise bir kez oluşuktan sonra bu ufak çukurlar büyümektedir.

### 3.3.3 Aralık Korozyonu

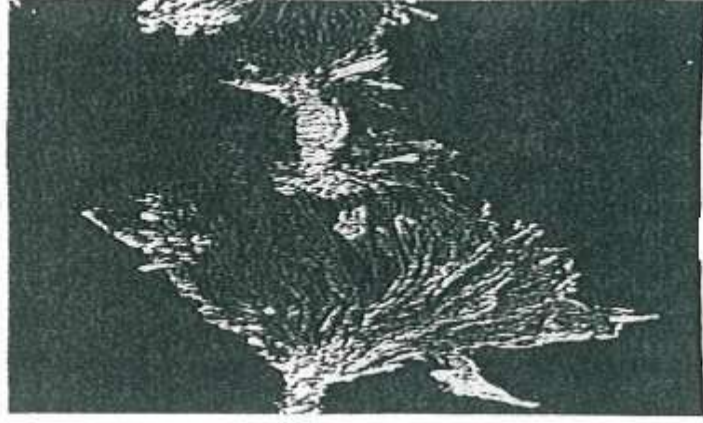
Tortu hücumu olarak da bilinen bu korozyon şekli, suyun nüfuz ettiği ve tazelenmemiş (Şekil 3.2) tortu altında oyuklarda meydana gelir. Alüminyum da, çatlak korozyonu oyuğa girişi hızlı şekilde tıkayan Alüminyum oksit çökeltmesi nedeniyle az bir ilerleme yapacaktır. Uzun bir zaman suyla karşı karşıya gelmiş civatalanmış veya perçinleşmiş bir montaj söküldüğü zaman, iki plaka arasında sürekli bir Alüminyum oksit tortusu sıklıkla görülür. Bununla birlikte, parçalar montaj edilirken uzun vadede korozyon için bir yer sağlayabilen oyuklardan kaçınmak esastır. Sıçrayan suya maruz kalan veya temizleme için içine girilemeyen yapılarda sürekli kaynak dışlarından kaçınılmalıdır.



Şekil 3.2: Alüminyumun Aralık Korozyonu

### 3.3.4 Pullanma Korozyonu

Pullanma, hadde veya ekstrüzyon yönüne paralel ilerleyen düzlemler boyunca yayılan bir korozyon tipidir. (Şekil 3.3). Düzlemler arasında bu tip korozyon ismini aldığı soğan kabuklarının soyulması gibi, korozyon ürünlerinin şişmesi ile, yavaş yavaş yüzeyden ayrılan ince metal yapraklardır. Haddelenen veya ekstrüzyon ile yassılaştırılmış taneler ile iyi şekilde pekleşmiş metallerde meydana gelir. Bu Alüminyumüretimi sürecine bağlı olarak 5000 serisi alaşımlarda çok ufak bir risktir. Ticari araçlarda ve aksesuarlarında genellikle kullanılan Alüminyum ısıl işlemler (Q H11, H16, H22, H24) bu tip korozyona eğilimli değildir. (Shackelford, 1998)



**Şekil 3.3 :** Alüminyumun Pullanma Korozyonu

### **3.4 Galvanik Korozyon**

Potansiyel ölçeğindeki (Tablo 3.4) sıralamasından dolayı Alüminyum ve alaşımları çoğu metalden özellikle ticari araçların üretiminde kullanılan Çelik ve bakırlı alaşımlardan daha elektronegatiflerdir. (Shackelford, 1998) Bu nedenle prensipte Alüminyum normal veya paslanmaz Çelik parçalarla temas içinde olduğu durumlarda galvanik korozyon riski doğururlar.

#### **3.4.1 Galvanik Korozyon Kaideleri**

Farklı tipte iki metal veya alaşım bir sülfürik asit eriyiği gibi ıslak iletken bir ortamda ci vatalarla elektrikle ilişkili veya doğrudan temasta iken, iki metalden biri bütününlüğünü kaybetmez iken diğeri tüketilir.

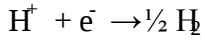
**Tablo 3.4:** Potansiyel Öçeği

| ALAŞI M         | BOZUL MA M İKTARI |
|-----------------|-------------------|
| Paslanmaz Çelik | - 100             |
| Titanyum        | - 150             |
| Bronz           | - 360             |
| İriç            | - 360             |
| Bakır           | - 360             |
| Kurşun          | - 510             |
| Çelik           | - 610             |
| Dökme demir     | - 610             |
| Kadmiyum        | - 700             |
| Alüminyum       | - 750             |
| Çinko           | - 1130            |
| Magnezyum       | - 1600            |

Bu, pili şekillendiren bir elektrolitte bakır/çinko çift'ini n klasik durumdur (Şekil 3.4). Anot, aşağıdaki oksidasyon reaksiyonuna uğrayarak tüketilir:

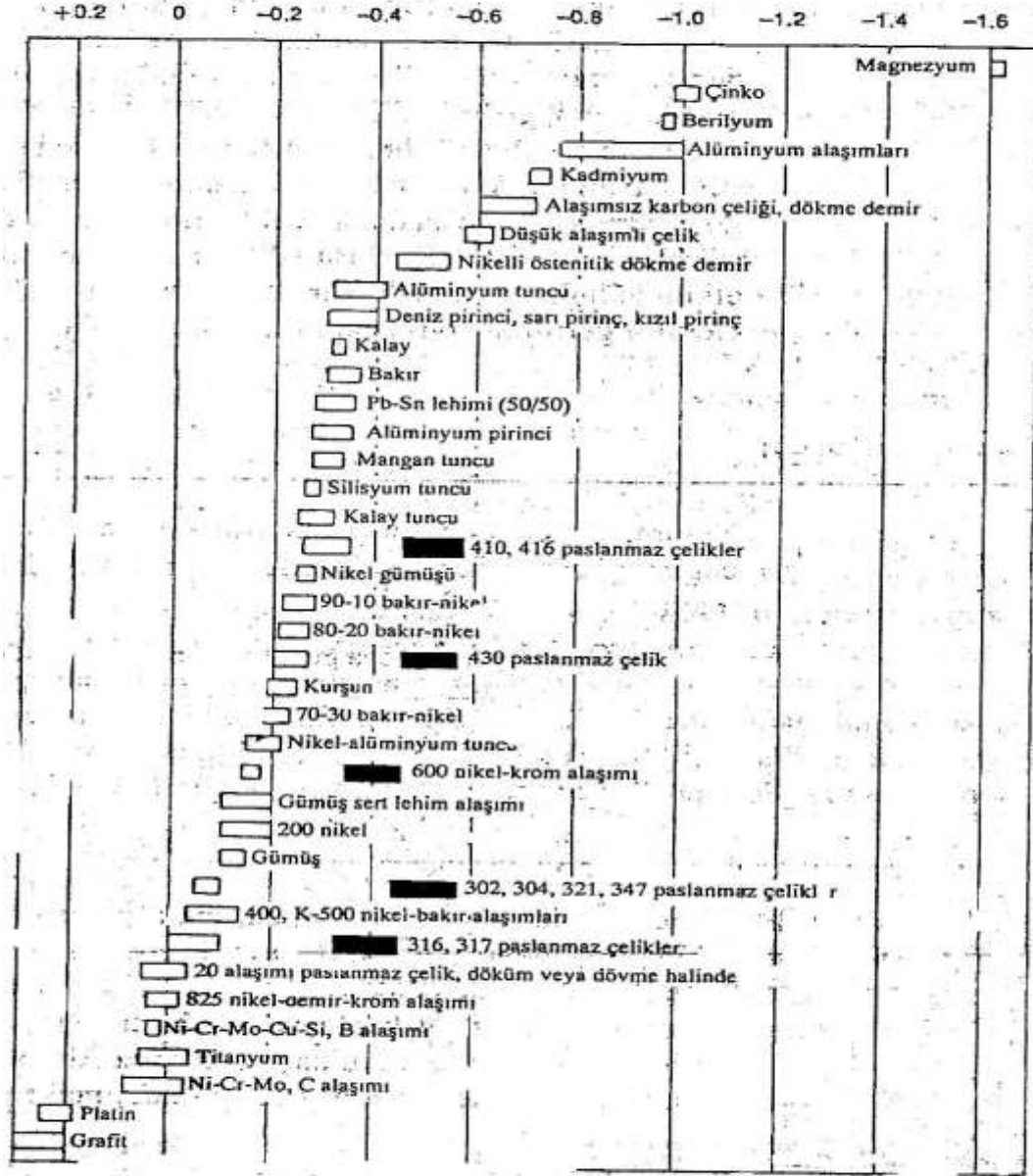


Katot, bir azaltma reaksiyonunun yeri dir, genellikle  $H^+$  iyonları suda mevcuttur, aşağıdaki gibi:



**Tablo 3.5:** Hareketli Deniz Suyunda Alaşımların Gerilimleri

Hareketli (250-500 cm/s) Deniz Suyunda  
Yenim Gerilimleri, Sıcaklık Aralığı 10-26 °C



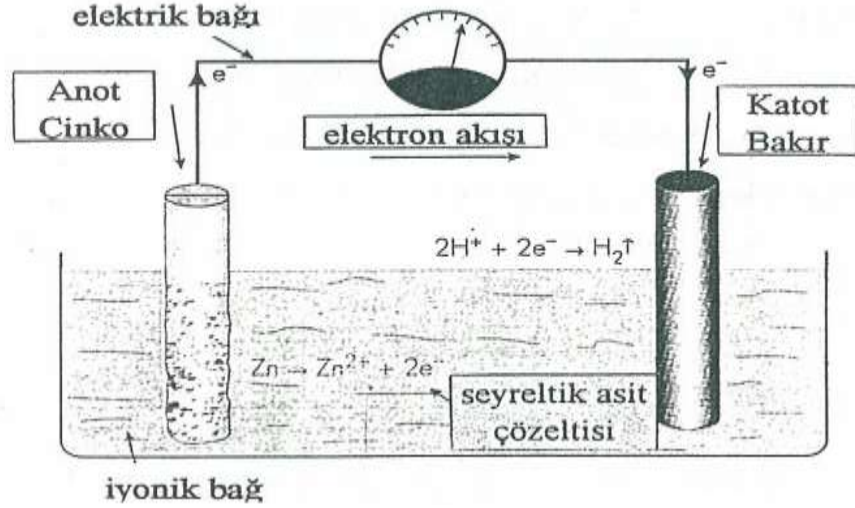
Alaşımlar, hareketli deniz suyundaki gerilimlerine göre sıralanmıştır. **■** ile Asaretilenen alaşımlar, düşük hızda veya az havalandırılmış suda ve kapalı alanlarda etkin hale geçerek, -0.5 volt civarında bir gerilim gösterir.

Reaksiyon Hidrojen açığa çıkarır. Açığa çıkmış Hidrojen miktarı, anotta çözülmiş metalin kütlesiyle doğrudan ilişkili değildir. Standart sıcaklık ve basınç şartları altında (20 °C ve 1020 mili bar) 27 gram oksitlenmiş Alüminyum için 33.6 litredir. Alüminyumun galvanik korozyonu için toplam reaksiyon aşağıdaki gibidir;

$$Al + 3 H_2O \rightarrow Al(OH)_3 + 3/2 H_2$$

Bu basitleşmiş denklemlerle galvanik korozyon için aynı zamanda yerine getirilmesi gereken 3 şartı gösteriyor. Bu 3 şart:

- Bir elektrolitin varlığı
- Elektrik sürekliliği
- Farklı metal tipleri



Şekil 3.4: Galvanik bir pilin çalışma prensibi

#### 3.4.1.1 Bir Elektrolitin Varlığı

Metaller arasındaki temas alanı su ile ıstılmalıdır. Daha iletken ortam daha fazla galvanik korozyon demektir ve bu yüzden cıva gibi birkaç bin ohm kazanan direnci olan deniz suyu gibi tuzlu bir eriyikte daha yoğundur. Temas alanını ıslatmak için sulu sıvı olmadıkça zaman iki farklı metal arasında galvanik korozyondan dolayı risk olmayacaktır.

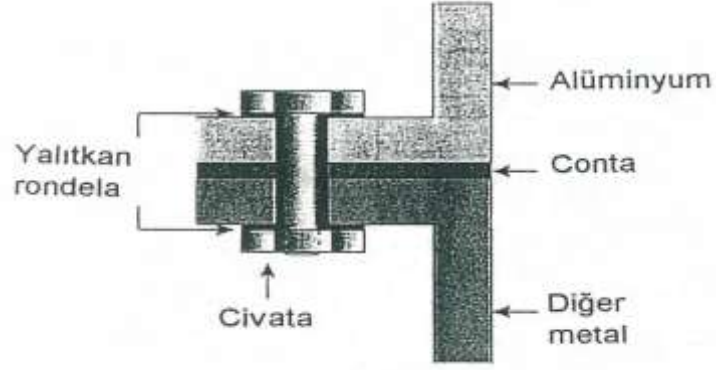
#### 3.4.1.2 İki Metal Arasındaki Elektrik Sürekliliği

Bu yada iki metal arasında doğrudan temas ile yada civatalar gibi bir bağlantı ile başılır. Mümkün olduğunca dikkatli bir şekilde iki metali birini diğerinden izole etmek galvanik korozyondan kaçınmanın basit bir yoludur. Bu, yüksek bir ohmik direnç yerleştirilerek başılır.

Bu direnç, neopren veya diğer uygun bir polimer gibi yalıtım malzemesidir. (Şekil 3.5) Herhangi bir galvanik pildeki gibi, elektrotlardaki elektro kimyasal reaksiyonları (örneğin metallerin yüzeyinde) geciktiren veya yavaşlatan herhangi bir şey, onun çıkışını küçültür. Bu polarizasyon olarak adlandırılır. Galvanik korozyonun yapısında, iki metal arasındaki temas alanında korozyon ürünlerinin toplanması prosesi yavaşlatır. Bu Alüminyum yüzeyinde gelişen Alüminyum oksit'e uygulanır.

Uzun süre (aylarca) suya daldırdıktan sonra herhangi bir yalıtımlı madan birlikte civatalanmış Çelik ve Alüminyum levhalar içeren karma montajlar sökülüğünde, temas alanında çok yoğun bir Alüminyum oksit çöğü kez bulunur.

Genelde galvanik korozyon sınırlı olacaktır çünkü metaldeki Alüminyum oksit, iyonların değış tokuşunu sürekli kontrol edecektir.



**Şekil 3.5:** Alüminyum ve diğer metal arasındaki yalıtım tekniğı

Teoride, anodik metalin bozulma hızını belirleyen akım yoğunluğu katodik yüzey /anodik yüzey şeklindedir. Pratikte bu oran çok küçük anlama sahiptir çünkü galvanik korozyon temas bölgesinde veya yakınında meydana gelir ve bu nedenle iki alan eşit olarak göz önüne alınmalıdır. Diğer bir şekilde ifade verirse, bakır veya bakırlı alaşımlardan yapılmış ve daldırılmış bir Alüminyum levha veya yapıya ilişkin küçük bir parça (vida gibi), Alüminyum parçasının büyüklüğü her ne olursa olsun temas noktasında galvanik korozyona neden olacaktır.

### 3.4.2 Potansiyel Kavram

Bu, bir metalin oksidasyona eğilimini ölçen termodinamik bir kavramdır. Daha elektronegatif potansiyel, okside olmak için metaline eğilimi daha fazladır. Potansiyel bir referans elektroda karşı ve tanımlanmış bir ortamda ölçülür, genellikle standartlara uydurulabilen bileşime sahip çok iyi bir iletkenidir.

Mühendisler, referans olarak doymuş kalomel elektroda karşı normal olarak ölçülmüş bozulma potansiyelleri'ni kullanılır. Potansiyeller milivolt olarak ifade edilir ve ölçümler Mv e.c.s' olarak verilir. Sonuç metal ve alaşımlarının bir ölçөгüdür.

Bu potansiyel ölçeğindeki sıralanma, sulu bir ortamda (özellikle deniz suyu) temas halindeki iki metal den hangisinin saldırıya uğrayacağını önceden tahmin etmek için kullanılabilir.

- Her ikisi de elektronegatif potansiyele sahip ise, o daha elektronegatif olacaktır.
- Diğer elektropozitifse, o elektronegatif metal olacaktır.

Örneğin aşağıdaki çiftte, çinko korozyona uğrayacaktır.

Çinko  $E_d = -1130$  mV

Demir  $E_d = -610$  mV

Tecrübe, temas halindeki iki metal arasında en azından 100 mV'luk bir potansiyel farkı olduğu zaman, galvanik korozyonun meydana geldiğini göstermektedir. Potansiyel ölçeğindeki sıralamasından dolayı Alüminyum ve alaşımları, şartlar doğru ise diğer yaygın metale hemen hemen her montajda pilin anodu olacak ve böylece galvanik korozyon eğilimi olacaktır.

## **4 ALÜMİNYUM BİÇİMLERİ VE ALAŞI MSIN FLARI**

### **4.1 Alüminyum Bçimleri**

- Kalıplık Alüminyum
- Saf ticari külçe
- Alaşım Küçeler
- Reflektör levha ve rulo
- Alüminyum levha
- Alüminyum folyo

### **4.2 Alüminyum Alaşımın Sınıflandırılması**

#### **4.2.1 İmal Tarzına Göre Alüminyum Alaşımın**

Alüminyum alaşımın imal tarzına göre 2 ana gruba ayrılır.

##### **4.2.1.1 Haddelenen Alaşımın**

Bu alaşımın da, tabii sert yani ısıtma işlemi neticesinde sertleşmeyen alaşımın ve ısıtma işlemiyle sertleşen alaşımın olmak üzere iki kısma ayrılır.

##### **Isıtma İşlemi Neticesinde Sertleşen Alaşımın**

- Al Mg Si
- Al Cu Ni
- Al Cu Ni
- Al Cu
- Al Zn Mg

**Tabii Sert Alaşımın:** Bu alaşımın başlıcaları şunlardır

- Al Mg
- Al Mg Mn
- Al Si
- Al Mn

##### **4.2.1.2 Döküm Alaşımın**

Alüminyum katılan alaşım elemanları mukavemet özelliklerini yükseltir. Özellikle mukavemet artar. Başlıca alaşım elemanları; magnezyum, Manganez, Silisyum, bakır, çinko ve bazen de kurşun, Nikel ve titandan ibarettir.

#### **4.2.2 Alüminyum Alaşımının Kimyasal Yapısına Göre Sınıflandırılması**

Alüminyum'a çeşitli özellikler vermesi için çeşitli metaller karıştırılır. İlave edilen metallere göre sınıflandırma yapılır. Bir alaşım 4 rakamdan oluşan notasyon ile

tanımlanır. (Davis, 1987) Birinci rakam Alüminyum ilâve edilen esas metali gösterir. AB D no rakamlarına göre ;

|      |                                             |
|------|---------------------------------------------|
| 1XXX | : Alaşımız Alüminyum                        |
| 2XXX | : Bakırlı Alüminyum alaşı m                 |
| 3XXX | : Manganezli Alüminyum alaşı m              |
| 4XXX | : Silisyumlu Alüminyum alaşı m              |
| 5XXX | : Magnezyumlu Alüminyum alaşı m             |
| 6XXX | : Silisyum ve magnezyumlu Alüminyum alaşı m |
| 7XXX | : Çinkolu Alüminyum alaşı m                 |

#### 4.2.3 Alüminyum Alaşımlarının Isıl İşlem Durumuna Göre Sınıflandırılması

Alüminyum yarı mamul veya mamuller üretildikten sonra belirli fiziksel özelliklere sahip olmaları için bazı işlemlerden geçirilirler. Genel olarak Alüminyum alaşımları iki gruba ayrılırlar;

- Isıl İşlem uygulanabilir alaşımlar
- Isıl İşlem uygulanamayan alaşımlar

Her iki grup için tatbik edilen işlemleri tanımlamak amacıyla kullanılan notasyonlar mevcuttur.

#### 4.3 Gemi İnşaat Sektöründe Kullanılan En Yaygın Alüminyum Alaşım

6XXX alaşımları, ekstrüzyon yöntemi ile üretilir ve görünümünün bozulmaması, yıllarca korunması için anodik oksidasyon (el oksal) ile renkli veya renksiz olarak kaplanırlar. 6XXX alaşımları arasında da en yaygın kullanılanlar, birbirlerine son derece yakın kimyasal bileşime fiziksel özelliklere sahip olan 6063, 6060 veya Al MgSi 0,5 alaşımlarıdır. (Davis 1987)

Al Mg gemi inşaat sektöründe kullanılan en önemli Alüminyum alaşımlarından biridir. Doğal sertlikteki (çökelmeyle sertleşmeyen) Alüminyum malzemelerden en önemlisidir. Bu malzemenin, ağırlık Alüminyumla (Al 99,5) karıştırılabilir nitelikte korozyon dayanımı vardır. Hatta, alkali ve tuz içeren korozyon ortamlarına (deniz suyu) karşı, ağırlık Alüminyumdan daha dayanıklıdır, fakat her durumda dayanıklı değildir. Artan magnezyum miktarıyla birlikte, korozyona ve gerilme çatlak korozyonuna eğilim artar. Özellikle %5'den fazla Mg içerenlerde bu durum

olduğundan, bugün teknikte kullanılan alaşımlarda magnezyumun üst sınırı %5.5 (Al Mg 5) kadardır. Al Mg 4.5 Mı gibi birtür alaşımlar, öncelikle gemi yapımında ve özellikle çatı kaplamalarında uluslar arası olarak kullanılır. Mangan ilavesi sonucunda, alaşımın diğer kullanımyerleri taşıt yapımında maddeleri endüstrisi, aparat yapım ve optik endüstrisi dir.

**Tablo 4 1: Bazı Alüminyum Alaşımlarının Özellikleri**

| Birincil Alüminyum Alaşımı  | 5083                                                                                 | 6082                                                                                 | 7075                                                                                 |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Kimyasal Bileşimi           | Al Mg 4.5 Mı                                                                         | Al MgSi 1                                                                            | Al Zn Mg Cu 1.5                                                                      |
| Standart                    | - AFNOR A G 4 5 MC<br>- UN 7790<br>- BS NB                                           | - BS HB0<br>- AFNOR A SGM0.7<br>- UN 3571                                            | - UN 3735                                                                            |
| Ebatlar                     | 1000* 2000, 1250* 2500<br>1500* 3000<br>( Diğer kalınlıklar ve ebatlar isteğe bağlı) | 1000* 2000, 1250* 2500<br>1500* 3000<br>( Diğer kalınlıklar ve ebatlar isteğe bağlı) | 1000* 2000, 1250* 2500<br>1500* 3000<br>( Diğer kalınlıklar ve ebatlar isteğe bağlı) |
| Gerilme Gücü                | min 275 N mm <sup>2</sup>                                                            | 240-310 N mm <sup>2</sup>                                                            | 480-530 N mm <sup>2</sup>                                                            |
| Akma Dayamlığı              | min 125 N mm <sup>2</sup>                                                            | 250 N mm <sup>2</sup>                                                                | 340-450 N mm <sup>2</sup>                                                            |
| Uzunluk ( A5 %)             | max 17                                                                               | 8-10                                                                                 | 7-8                                                                                  |
| Binel Sertlik HB            | min 70                                                                               | 95                                                                                   | 120-140                                                                              |
| Spesifik Ağırlık (yoğunluk) | 2.66 kg/dm <sup>3</sup>                                                              | 2.7 kg/dm <sup>3</sup>                                                               | 2.8 kg/dm <sup>3</sup>                                                               |
| Isı İletkenliği             | 110-120 W m <sup>-1</sup> K                                                          | 170 W m <sup>-1</sup> K                                                              | 130-160 W m <sup>-1</sup> K                                                          |
| Elektrik İletkenliği        | 17 M Ch m mm <sup>2</sup>                                                            | 27 M Ch m mm <sup>2</sup>                                                            | 17-20 m Ch m mm <sup>2</sup>                                                         |
| Elastisite Modülü           | 71.000 N mm <sup>2</sup>                                                             | 72.000 N/ mm <sup>2</sup>                                                            | 72.000 N/ mm <sup>2</sup>                                                            |
| Lineer Isıl Genleşme        | 23.8 * 10 <sup>-6</sup> / K                                                          | 23.4                                                                                 | 23.3                                                                                 |
| İşlenebilirlik              | Orta                                                                                 | Orta                                                                                 | Yüksek                                                                               |
| Kaynak Edilebilirlik        | Yüksek                                                                               | Orta                                                                                 | Düşük                                                                                |
| Gilalama                    | Düşük                                                                                | Düşük                                                                                | Yüksek                                                                               |
| Paslanmaya Dirençli         | Yüksek                                                                               | Orta                                                                                 | Düşük                                                                                |



**Şekil 4 1 :** Mıdenci Gemi Sanayi nde Yapıl mış İnşaat halindeki A l ü m i n y u m T e k n e



**Şekil 4 2 :** N o r v e ç ' t e İ n ş a a t ı Y a p ı l m ı ş 17.5 M e t r e B o y u n d a k i K ı y ı E m n i y e t i A l ü m i n y u m B o t u



**Şekil 4.3 :** İnşaat Halindeki Alüminyum Tekneden Bir Görünüş

#### **4.3.1 6xxx Serisi Alüminyum Alaşımlarının Genel Özellikleri**

AA 6XXX serisi alaşımlar, Magnezyum (Mg) ve Silisyum (Si) iktiva ederler. Bu elementlerin ve içindeki diğer empürilerin (Fe, Cu, Mn, Zn, gibi) belirli sınırlar içinde farklı değerlerde olmaları, alaşımların kullanılma yerine göre farklı özelliklerde üretimi sağlarlar. Demir (Fe) miktarı 0,20 % veya daha düşük olan 6XXX serisi alaşımlarda, polisaj yapıldığında parlak yüzey elde edilir. Fe miktarının bu değerden yüksek olması durumunda, renk grileşmeye başlar, parlaklık donuklaşır. Mat yüzey elde edilmesi için de Fe miktarı en az 0,18 % olmalıdır. (David, 1987) Fe miktarı yükseldikçe o ölçüde rahat ve cazibeli mat yüzey elde edilir.

Mg ve Si miktarlarının, yapay yaşlandırma ısı işlemi (termik) sonrası sertliğinde büyük önemi vardır. Ancak, ısı işlemi sonrası maksimum sertlik temini için bu elementlerin üst sınırlarda olması ise, üretimin düşük hız ile yapılmasını gerektirir.

Aşağıda tipik bir 6XXX alaşım olan AA 6063 alaşımının kimyasal bileşim limitleri gösterilmiştir. (David, 1987)

|    |             |
|----|-------------|
| Si | 0.20-0.60 % |
| Mg | 0.45-0.90 % |
| Fe | 0.35 % max. |

Gr 0 10 % max.

Cu 0 10 % max.

Zn 0 10 % max.

Mn 0 10 % max.

Ti 0 10 % max.

Diğer alaşımlar 0 05 % maksimum ve her biri toplam 0 15 % maksimum

6XXX serisi (Al-Mg-Si) alaşımları içinde en çok kullanılanlar 6060, 6063 ve Al-Mg-Si 0 5 alaşımlarıdır. Bunların kimyasal bileşimleri genelde aynı olup, alt ve üst limitlerde nüans farklılıkları gösterirler.



**Şekil 4 4:** Norveç'te yapılmış Alüminyum Tekneden bir görünüş



**Şekil 4 5 :** Denize İndirilmeye Hazır Alüminyum Kıyı Emniyeti Botunun Baş Taraf Görünüşü



**Şekil 4 6 :** İnşaat halindeki Alüminyum teknenin ters çevrilmiş şekilde görünüşü

#### **4.3.2 Alüminyum Aşınmalar Nedeni İle İnşaat Sektöründe Kullanılıyor**

Aşınmalarla ilgili olarak deniz suyuna mukavim hale getirilmiş Alüminyum oluşturdugu oksit yüzeyi sayesinde kendini dış şartlara karşı mükemmel korur. Çeliğe göre çok

pahalı olan Alüminyum malzeme aynı tekneyi yarı ağırlıkta yapmak mümkün olduğundan, pasa karşı önlem ve boya gerektirmediğinden ve tekne gövdesi bitmiş tekne bedelinin ancak küçük bir kısmını oluşturduğundan, son hesaba sac tekneye göre %10-15 daha pahalı bir çözümdür.

Tekne inşasına uygun Alüminyum alaşımları Alüminyum, Mangan ve Silisyum alaşımlarından meydana gelir. Alüminyum galvanik korozyona çok yatkın bir malzemedir. Bu nedenle başka bir metalle bir araya getirildiğinde Alüminyumdaki korozyona uğrayan taraf olacaktır. Dolayısıyla Alüminyum gövde diğer metallere karşı daima yalıtılmış olmalıdır (örneğin krom vidalar yalıtılarak Alüminyuma bağlanmalıdır). Alüminyum teknenin ıslak sirtinesine atılacak bir bakır paranın tekneyi eninde sonunda delerek kesinlikle batmasına neden olacağı iddia edilir.

Alüminyum tekneler bakım gerektirmeleri, hatta aslında boyaya da ihtiyaç duymaları, işleme kolaylıkları (ancak kaynak işlemi çeliğe göre biraz daha uzmanlık gerektirir) ve hafiflikleri yanında sağlamlıkları nedeniyle iddialı ve pahalı tekneler, süper ve mega yatlar dünyasında çok sık rastlanan kıymetli ürünlerdir. Alüminyum tekneler elektrik korozyonuna karşı iyi korunmuş olmalıdırlar.

## **5. GEMİ YAPIMINDA KULLANILAN DİĞER MALZEMELERİN ALÜMİNYUMA GÖRE FARKLI LIKLARI VE ALÜMİNYUM İLE TEKNE YAPIMINDA DİKKATE ALINMASI GEREKEN HUSUSLAR**

Alüminyum tekne yapımı için mükemmel bir madde olsa da iyi bir sonuç için önemli birkaç noktaya dikkat edilmesi gerekir. Hasar gördüğünde ve korunmadığında Alüminyum da korozyona uğrar. Alüminyum yeni i mal edildiğinde yüzeyinde ince oksitlenmiş bir tabaka oluşur. Denizde ve nemli ortamlarda Alüminyum üzerindeki oksit tabakası onu uzun süre koruyamaz. Tekneniz yeni iken ve henüz problemlerle karşılaşmamışken Alüminyum teknenizi korozyondan korumak için alacağınız tedbirler sizi gelecekte büyük masraf gerektiren onarımlardan koruyabilir.

### **5.1 Alüminyum ile Çalışmak**

#### **5.1.1 Alüminyum Bakım**

Teknenizde sürtünmeye ve korozyona açık bölgelerin boya sistemi sık sık kazınacak ve tamir edilecektir. Dikkatli bir yıllık gözlem ile tüm kaynak yerleri gözden geçirilirse bu problemler ilerlemekten önlenir.

#### **5.1.2 Alüminyum ile Uyumluluk**

Alüminyum bazı bakır bazlı zehirli boyalar ile reaksiyona girerek ciddi korozyon problemlerine yol açabilir. Bu yüzden bakır oksit ve metalik bakır içeren zehirli boyalar hiçbir zaman Alüminyum üzerinde kullanılmamalıdır.

### **5.2 Fiberglas ile Çalışma**

Fiberglas veya diğer adıyla GRP, polyster reçine ile cam elyafın veya cam elyaf kuşağı ile güçlendirilmiş şeklidir. Bu karışım bir kere sertleştiğinde sağlam ve rijit bir yapı oluşturur. Düzgün dış yüzey ise koruyucu bir polyster reçine tabakası ile kaplanmıştır. Açık avantajlarına rağmen, deneyler ve deneyimler fiberglasın deniz suyuna ve güneş ışığına çok uzun süre dayanmadığını göstermiştir. Farkında olduğumuz gereken 2 problem vardır. Fiberglas osmoza dayanıksızdır ve jelkot aşırır.

Bunun sebebi güneş ışığında bulunan UV (ultraviyole) ışınıdır. Pasta-cıla ile koruma bu durumu geciktirebilir, ama yüzeyi korumak için boya gerekecektir.

### **5.3 Ahşap ile Çalışmak**

Günümüzde tekne yapımında kullanılan tek doğal ürün ahşaptır. Fiber teknelerden daha fazla bakım gerektirse de, bakımlı bir ahşap tekne görülduğünde hemen her zaman kıskanç bakışları üzerinde toplanmaktadır. Tahtanın doğası gereği atmosferde bulunan nem içine çekerek şişer ve ahşabın tipine göre çeşitli oranlar ve açılarda hareket eder. Ahşap üzerine atılacak boya veya verniğin bu hareketleri karşılayabilecek kadar esnek yapıda olması gerekir. Ahşap içindeki nem oranına bağlı olarak mantar saldırılarına da açıktır, nemli tahta çürür ve dağılır. Bazı deniz canlıları (kurt gibi) da ahşapı yiyerek beslenir. Ahşabın kaliteli koruyucu ve boyalar ile korunması bu yüzden çok önemlidir. Tekne yapımında kullanılan birçok ahşap çeşidi vardır.

#### **5.3.1 Sert Ahşaplar**

Sert ahşaplar yavaş büyüyen yüzyıllık ağaçlardan gelir. Yumuşak ağaçlara göre daha ince hücreli yapıdadırlar. Bu sıkı hücre yapısı sebebiyle hem nem hem de boyuna mukavemetleri yüksektir. Uzun boyları ve genişlikleri sebebiyle tekne yapımında olduğu kadar dekoratif amaçlarla da kullanılırlar. Maun deniz suyunun antiseptik etkisi nedeniyle yardımcı ile çok az koruma ile dahi çok uzun süreler dayanan bir ağaçtır. Tatlı suda kalan maun için aynı şeyleri söylemek mümkün değildir çünkü tatlı su maunu çürütür. Bu yüzden maun tatlı sudan her zaman korunmalı, mümkün olduğunca deniz suyu ile yıkanmalıdır. Tik ve İroko çürümeye doğal olarak dayanıklı yağlı bir ahşaptır. Aynı zamanda içerdiği sili ka sayesinde aşınmaya karşı doğal olarak dayanıklıdır.

#### **5.3.2 Yumuşak Ahşaplar**

Bu ağaçlar hızlı büyüdüğünden hücre yapıları daha büyük ve uzundur. Bu yüzden boyuna mukavemetleri yüksek olan bu ağaç türleri drek, kürek ve boyuna ahşap tekne kaplamaları gibi yerlerde kullanılırlar.

#### 5.4 Çelik ile Çalışmak

Çelik demir metalinin yüksek sıcaklık altında karbon ve bazı diğer elementler ile reaksiyonu ile üretilir. Plaka kalınlığına da bağlı olarak yüksek mukavemeti, ısıya dayanıklılığı ve çeşitli şekillerde bükülebilmesi sebebiyle tekne yapımında yaygın olarak kullanılır. Perçin, civata ve saplamalar gibi bağlantı elemanlarında ise mukavemeti daha yüksek başka bazı alaşımlar kullanılırken, tekne donanımlarında krom katkılı bir çelik olan paslanmaz çelik tercih edilir. Çelikte en sık rastlanan problem paslanmadır. Pas oluşumu için su gerekli olduğundan, deniz ortamında bulunan tekneler ideal bir ortam oluşturur. Çelik esnekliği ve yüksek mukavemeti dolayısıyla kırılması çok güçlü bir metal olsa da darbeler sonucu bölgesel çukur veya çizikler gibi hasarlar meydana gelebilir. Bu hasarlı bölgelerde bulunan boya ve kaplamalar çelik kadar esnek olmayacaklarından problemler meydana gelebilir.

## **6. BOYAMA**

### **6.1 Tipik Boya Sistemi**

Tipik bir boya sistemi

Bu 3 parçadan oluşur:

- Reaktif astar veya ‘yıka ma astarı’
- Anti-korozyon astar
- Son kat boya.

#### **6.1.1 Yıka ma Astarı**

Kromat o-fosfatla ma etkenleri içeren vinil reçine bazlı bir boyadır. Bu da Alüminyum oksit tabakasına boyanın uygun yapışmasını sağlar. Yıka ma astarı fırçalanır veya püskürtülür. 5-8 mikron kuru bir film kalınlığı ardından gelen tabakaların uygun yapışmasını garanti etmek için yeterlidir.(Yıldız, 2003) Yıka ma astarı hemen boyanmalıdır.

#### **6.1.2 Anti Korozyon Astar**

Anti korozyon astarlar alkid,epoksi veya poliüretanlardır. Bunlar nemli ortamlarda alt tabakanın korozyon direncini arttırlar.

Uygulama metotları alkid,epoksi veya poliüretana bağlıdır.

- Epoksi astar yüzeye doğrudan uygulanabilir.
- Alkid veya poliüretan astar tipine bağlı olarak 60-80 mikron bir kuru film kalınlığına ulaşmak için sprey tabancası ile uygulanır.

### **6.1.3 Son Kat Boyalar**

Boyalar, i malatçı tarafından tavsiye edilen incelticiler ve sertleştiricilerle karıştırılarak kullanılmalıdır. Son kat boyaların amacı, su veya hava geçirmeyen boya nı sistemini kuvvetlendir nek ve görünü münü iyileştir nektir.

Bugün kullanılan son kat boyalar ya emme ya da yerçekimi kumandalı hava tabancası tarafından ya da havasız bir spre y tarafından uygulanan poliüretan akriliklerdir. Hava tabancası tarafından uyguland ığı za mın, boyanın iki tabakası, uygulama lar arasında 10-15 dakikalık bir ara ile yapılmalıdır. Bir iki kat uygulama ortalama 50-60 mikron kuru film kalınlığı verir. (Yıldız, 2003)

### **6.2 Uygulama Koşulları**

Boya ma için genel koşullar:

- Boya atelyesi geçerli yasalara göre havalandırılmalıdır,
- Minimum sıcaklık 17 °C nin üstünde 30 °C nin altında tutulmalıdır,
- Nem %70'i geçmemelidir. (Yıldız, 2003)

#### **6.2.1 Boya ma Öncesi Önlemler**

Boya, onun incelticisi ve sertleştiricisi ile karıştırılmalıdır ve sonra filtre edilmelidir.

#### **6.2.2 Kurutma**

Boya çevre sıcaklığında ısıtma olmadan doğal şekilde kurutulabilir, ama proses, sıcaklığın yükselmeye başlaması ile uygulamanın sonu arasında geçen 15 dakikada 60 °C sıcaklığa ısıtma ile hızlandırılabilir.

### **6.3 Astarların ve Üst Tabakaların Kalite Kontrolü**

#### **6.3.1 Astarların Test Edilmesi**

Aşağıdaki değişkenler ölçülmektedir.

##### **6.3.1.1 Viskozite**

Ürünler i malatçı tarafından yönetilerek inceltilmelidir. Viskozite, ürünün tutarlı bir homojenliğe sahip olmasını sağlamak için düzenli olarak kontrol edilmelidir.

### **6.3.1.2 Kalınlık**

Yaş film kalınlığı, tarak ölçüm aletiyle ölçülebilir. Alt tabakaların kuru film kalınlığı, boyanın yeterli sertliğe ulaşmasına izin vermek için en azından 1 gecelik bir kurutma periyodundan sonra ölçülmelidir. (Yıldız, 2003) Bu bir elektronik derinlik ölçme aleti tarafından ölçülür.

## **6.4 Son Kat Boyalarının Test Edilmesi**

### **6.4.1 Viskozite**

Sistematik viskozite kontrolleri son kat boyalar için esas değildir. Dozaj kuralı boya, inceltici ve sertleştiricinin hızlı, doğru karışım oranları için kullanılabilir.

### **6.4.2 Kalınlık**

Boyanın son katlarının kalınlığı ölçmek kesinlikle gerekli değildir ama araç bir bütün olarak renk tonu ve görünüş uyumunu sağlamak için görsel olarak muayene edilmelidir.

## **6.5 Alüminyum Teknelerde Boyadan Önceki Yüzey Hazırlıkları ve Kullanılan Boya Tipleri**

Alüminyum teknelerde boyadan önce yüzeye yapılan ön işlemler Çelik teknelerdeki den farklılıklar gösterir, bu durum Alüminyumun farklı özelliklerinden kaynaklanır.

Alüminyum yüzeydeki yağ temizlenmeli, yüksek basınçlı tatlı su etkili deterjanla karıştırılarak düzgün ve temiz yüzey elde etmek için yüzeye uygulanmalıdır.

Alüminyum yüzeyde yüzeyin boya tutması için kumlama yapılır. Normalde su altı ve su üstü alanlarda kum raspası tavsiye edilir. Ancak bu uygulamada kesinlikle metalik olmayan aşındırıcı ve düşük basınç kullanılmalıdır. Aşındırıcı tane boyutu küçük olmalı ve 30-50 mikron yüzey profili (pürüzlülük) vermelidir. (Yıldız, 2003) Kumlama yerine metal olmayan bir aşındırıcı ile su üstü ve altı tekne yüzeyinin işlenmesi de (Dişleme işlemi) uygundur. Yüzey bakır veya metal olmayan aşındırıcılarla yüzeyin boya tutmasını sağlamak için dişlenir. Bakır aşındırıcı Alüminyum yüzeyinde bakır artıkları bırakır ve korozyonu oluşma riskini artırır, bu yüzden bakır aşındırıcı kullanılmaz. Alüminyum aşındırıcılarla yüzey işlenirken Alüminyum yüzeyin yumuşaklığı sonucu Alüminyum yüzeyde oluşabilecek yüzey zararlarına dikkat edilmelidir. Aşındırıcı olarak Scotchbright 3 M zımpara taşı

kullanılması uygundur. Böylece beyaz pas denilen oksit tabakası yüzeyden kalacak, uygulanan boya yüzeye daha iyi temas edebilecektir. Alüminyum yüzeye önışlemlerden sonra 8 saat içinde ilk kat boya sürülmelidir, aksi takdirde yüzey tekrar paslanma yapar.

**Tablo 6 1: Alüminyum Teknelerde Kullanılan Boya Tipleri**

| <b>Yüzey</b>      | <b>İlk kat boya</b> | <b>Boya kat sayısı x µm*</b> | <b>Son kat boya</b> | <b>Boya kat sayısı x µm*</b> |
|-------------------|---------------------|------------------------------|---------------------|------------------------------|
| Tekne altı yüzey  | Penguard HB         | 2 X150                       | A/ F A useat        | 2x100                        |
| Tekne üst ü yüzey | Penguard HB         | 2x125                        | Hard top AS         | 1 X40                        |
|                   | Penguard HB         | 1x125                        | Hard top AS         | 2 X40                        |
| Pislik tankları   | Jotaguard 85        | 3x100                        |                     |                              |
| Kofferdamlar      | Penguard HB         | 2x100                        |                     |                              |
| Makine dairesi    |                     |                              |                     |                              |
| Balast tankları   |                     |                              |                     |                              |
| Su jeti tünelleri | Marathon            | 2x250                        |                     |                              |

- Maksimum madezyon elde etmek için A/ F A usea ilk kat boya 24 saat içinde atılmalı.
- Penguard HB ve marathon epoxy tipi boyadır. A/ F A useat Antifouling tipi boyadır, Hard top poliüreten tipi boyadır.
- Epoxy, korozif çift komponentli boya
- Hard top, son kat estetik çift komponentli boya
- Antifouling tekne su altına yosun, midye vb. yapışmasını için uygulanan zehirli boyadır.

## 7. ALÜMİNYUM VE ALAŞIMLARININ KAYNAĞI

### 7.1 Alüminyum Kaynağı Hakkında Genel Bilgi

Alüminyum ve Alüminyum alaşımları ergitme kaynak yöntemleri ile kaynak yapılabilir. Çeliklere kıyasla Alüminyum malzemeleri kaynak yaparken, malzemeye has bazı özellikler dikkate alınmalıdır. Alüminyum malzemeler, yapısal Çeliklere göre daha yüksek termal iletkenliğe sahip olduğundan kaynak nüfuziyeti daha düşük ve kaynak banyosunun gazlardan arınması daha geç olur. Sonuç olarak, kaynak diğışinde yetersiz ergitme ve gözenekler oluşabilir. İş parçasını ön tav yaparak ve kalın kesitli malzemeleri kaynak esnasında da tavlایarak, bu tür kaynak hataları önenebilir. **Ank ve Dikiöğ u (1940)**



**Şekil 7.1 : Alüminyum Gaz Kaynağı**

Kaynağı başlanmadan önce, yüzeydeki Alüminyum oksit tabakası kaynak bölgesinden frezeleme yoluyla veya paslanmaz Çelik fırça ile fırçalایarak tıkanıklık

temizlenmelidir. Kaynak ağız yüzeyleri ve kaynağa yakın bölgeler (kaynak ağızının en az 50 mm yakını) temiz, yağsız ve kuru olmalıdır. İyi bir depolama ve mekanik işlemler sonrası kaynak yüzeylerinin özel bir yağ çözücü ile temizlenmesi, bu tür hazırlık işlerini kolaylaştırır. Bunların yanında, Alüminyum malzemelerin kaynağında kullanılan el aletleri yalnız bu malzemeler için kullanılmalıdır. Alüminyum malzemeler çok yansıtıcı bir yüzeye sahip olduğu için, kaynak esnasında oluşan ultraviyole radyasyon yansımalarından korunmak için koruyucu giysiler giymek zorunludur.

## **7.2 Alüminyum Kaynak Çeşitleri**

### **7.2.1 Gaz Altı Kaynağı**

#### **7.2.1.1 TIG Kaynağı**

Kaynak arkı iş parçası ile tükenemeyen tungsten elektrot arasında oluşur. İlave metal elle kaynak banyosuna verilir. Yaşlandırma ile sertleştirilmeyen alaşımlar herhangi bir ilave metal kullanmadan da kaynak yapılabilir. Alüminyum malzemelerin TIG kaynağı alternatif akımda ve Argon koruyucu gazı kullanarak yapılır. Mekanize TIG kaynağı ilave metal kullanarak veya kullanmadan da yapılabilir.



**Şekil 7.2 : Alüminyum TIG Kaynağı**

Kaynak arkı iş parçası ile tükenemeyen tungsten elektrot arasında oluşur. İlave metal elle kaynak banyosuna verilir. Yaşlandırma ile sertleştirilmeyen alaşımlar herhangi bir ilave metal kullanmadan da kaynak yapılabilir. Alüminyum malzemelerin TIG kaynağı alternatif akımda ve Argon koruyucu gazı kullanarak yapılır. Mekanize TIG

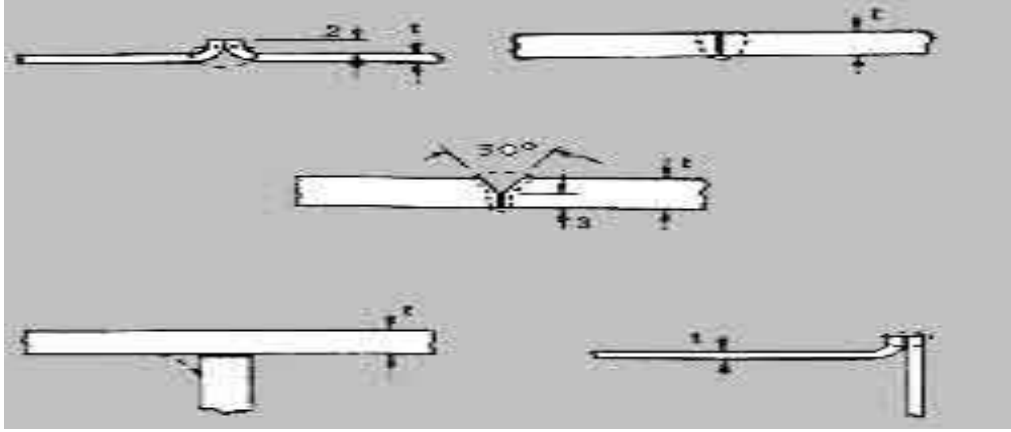
kaynağı ilave metal kullanarak veya kullanmadan da yapılabilir. 1 ile 4 mm arasındaki kalınlıklardaki malzemelerin tek pasolu alın kaynağı veya tek pasolu köşe kaynağı; 12 mm'ye kadar et kalınlığına sahip malzemelerin çift operatör ile aynı anda yukarıdan aşağıya kaynağı. Daha fazla kesit kalınlıklarının TIG yöntemi ile kaynak yapılması, MIG yöntemi ne kıyasla düşük ısı yoğunluğu nedeniyle ekonomik değildir. Çünkü düşük kaynak hızına sahiptir ve çok pasolu kaynaklarda çok büyük ısıdan etkilenen bölge yaratır. TIG kaynağının çok iyi boşluk doldurma kabiliyeti ve gözenek oluşma riskinin daha düşük olması nedeniyle özellikle kaynağın arkasından kapatma pasosu yapılmayan kalın kesitli malzemelerde, kök pasolarının kaynağında kullanılır (ör; boru hattı kaynaklarında), kaynaklı birleştirme diğer pasolar MIG kaynak yöntemi ile yapılır. **Çam ve Koçak (1999)**

#### 7.2.1.2 MIG Kaynağı

Kaynak arkı iş parçası ile aynı zamanda ilave metal olan tükenen tel elektrot arasında oluşur. Alüminyumun MIG kaynağı doğru akımlı elektrot pozitif kutupta yapılır. İnce damalalı metal damla geçişi, spray damla geçişi olarak adlandırılır ve soy gaz atmosferi (Ar veya He veya Ar/He karışımı) altında korunur. MIG kaynak yöntemi kalın çaplı tel elektrot kullanarak daha kararlı hale getirilebilir. Tel elektrot'un düzgün olarak kaynak bölgesine iletilebilmesi için teflon spiral kullanılmalı, kılavuzlar ve tel sürme makaralarının yuvaları Ubiçimli olmalı, kontaktörler daha uzun olmalı ve iç çap toleransının daha fazla olması gerekir. MIG kaynağını mekanize olarak yapmak mümkündür ve kullanımı artmakta olan bir yöntemdir.

4 mm'den büyük kesit kalınlığına sahip malzemeleri alın kaynağı veya köşe kaynağını tek pasoda yapmak mümkündür. Yüksek kaynak akımı ve güçlü bir nüfuziyet nedeniyle 6 mm'ye kadar kalınlığa sahip malzemelerde kaynak banyosunu desteklemek için kaynak altlığı kullanılır. **(Eryürek, 1998)**

## 7.2.2 Çeşitli İnşaatı Sanayiinde de Kullanılan Plazma Ark ile Kaynak



Şekil 7.3: Plazma Ark Kaynağında Kullanılan Birleştirme Türleri

### 7.2.2.1 Plazma Ark Kaynağında Kullanılan Teller

İnce sacların dışında, plazma ark kaynağında aynen TIG yönteminde olduğu gibi kaynak ağzının doldurulmasında ek kaynak metali olarak dolu tel elektrotlar kullanılabilir ve el ile kaynaktaki kaynak bölgesine kaynakçı tarafından veya otomatik kaynaktaki bir kargaldan sağlanarak tel sürme tertibatı yardımı ile kaynak bölgesine beslenir. Tel seçimi aynen TIG kaynağında olduğu gibi esas metalin bileşimine ve uygulanacak işlemin amacına göre değişir. (Tülbentçi, 1999)

### 7.2.2.2 Plazma Ark Kaynağında Birleştirme Türleri ve Kaynak Ağzı Tasarımı

Şekil 7.3’de plazma ark kaynağında kullanılan birleştirme türleri ve kaynak ağzları genel olarak verilmiştir.

Birleştirmenin tasarımı kaynak edilecek metalin kalınlığına ve kullanılacak tekniğe bağlıdır. Anahtar deliği ile kaynak tekniğinde, birleştirme türü ve ağzı, tam nüfuziyete göre hazırlanır, I-alın ağzında kök aralığı bırakılmaz.

Kalın kesitlerin kök pasoları için, U-alın kaynak ağzı hazırlanır. Ağzın alın yüksekliği tam nüfuziyetli anahtar deliği tekniği için 3 mm bırakılmalıdır.

0.5 ile 2.5 mm arasındaki ince sacların ergitme tekniği ile plazma ark kaynağında I-alın kaynak ağzı tercih edilir. Daha ince saclar durumunda, örneğin 0.10 ile 0.5 mm arasındaki kalınlıklarda ise, kıvrık alın birleştirme kullanılır. Buradaki kıvrık bölümler kaynak arkıyla ergiyerek kaynak metali oluştururlar.

Kalın malzeme nelerin ergitme tekniği ile kaynağında ise, aynen örtülü elektrot ile ark kaynağında ve TIG kaynağında olduğu gibi kaynak ağız hazırlığı yapılmalıdır. Plazma ark kaynağı, tüm V, Y, U kaynak ağızlarına ve hatta bindirme türü birleştirmelere uygulanabilir. V ve Y-alın kaynaklarında ağız açıları 30°- 45° arasında olmalıdır. (Connor, 1991)

### 7.2.2.3 Alüminyumun Plazma Ark Kaynağı

Son yıllarda, Alüminyum ve Alüminyum alaşımlarının plazma ark kaynağı daha derin nüfuz yeti, daha az kaynak ağız hazırlığı, daha az açılmalı çarpılma ya neden olacak ısı girdisi ve az sayıda pas ile kaynak ağızının doludurulabilmesi gibi üstünlüklerinden dolayı TIG kaynağına göre daha çok kullanılır konuma gelmiştir. I-alın kaynak ağızlarında 8 mm'ye kadar anahtar deliği tekniği ile aralık bırakılma dan tek pasoda istenen özelliklere sahip kaliteli kaynak bağlantıları gerçekleştirilebilir. Parça kalınlığı arttıkça, Y-alın kaynak ağız hazırlığı gerekmektedir. Tablo 7.1'de Alüminyumun alın kaynağı ile ilgili ağız hazırlama verileri verilmiştir.

Alüminyumun plazma arkı ile kaynağında, daha önceden de belirtildiği üzere kare dalgalı alternatif akım veren akım üreteçleri kullanılarak yüzeydeki oksit filmi kırılarak kaliteli kaynak dışları gerçekleştirilir.

**Tablo 7.1: Alüminyum Alın Kaynağı ile İlgili Ağız Hazırlama Verileri**

| Plazma tekniği                                                                                              | Malzeme        | İzin verilen Ağız | Aralık* |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------|---------|
|                                                                                                             | kalınlığı (mm) | Kaçıklığı (mm)    | (mm)    |
| Ergitme                                                                                                     | 1.0-2.5        | 0.2-0.4           | 0.5-1   |
| Anahtar deliği                                                                                              | 2.5-4.0        | 0.4-1             | 1.0-1.5 |
| Anahtar deliği                                                                                              | >4.0           | 1.0-1.5           | 1.5-2.5 |
| (*) Eğer düğümleri kullanılacak ise, parçalar arasındaki maksimum açıklığa sınırlı olarak izin verilebilir. |                |                   |         |

Alüminyumun plazma ark kaynağı oluk, yatay ve aşağıdan yukarıya dik pozisyonunda uygulanabilir. En çok kullanılan pozisyon oluk pozisyonu olması na karşın, aşağıdan yukarıya doğru dik pozisyonunda kaynak uygulamasında kaynak banyosu daha rahat kontrol edilir. Ancak, gerektiği durumlarda örneğin, 4- 5 mm kalınlığındaki Alüminyum saclardan üretilen taşıyıcı kasalarda dik pozisyonunda kaynak tercih edilir.

Alüminyumun kaynağında plazma gazı ve koruyucu gaz olarak kullanılan en ekonomik gaz Argondur. Ar + %30 He karışım gazı koruyucu gaz olarak ta daha düşük akı m şiddetlerinde kullanılır ve bu gaz torç nemesi (nozül) ve tungsten elektrotun kullanı m ömr ü açısından daha iyi sonuçlar ver mektedir. %30'dan fazla He içeren gaz karışım ları özellikle 5 mm den ince kalınlıklarda ol uk pozisyonunda iş parçasına daha çok ısı girdisi sağ larlar ve aşırı nufuziyete neden olabildikleri gibi yetersiz ergi neme de yol açabilirler. Özellikle, %30'dan fazla Helyum içeren gaz karışım ları ergit me tekniği kullanılarak 8 mm kalınlığındaki Alüminyum parçaların aşağı dan yukarı ya dık pozisyonda kaynağında çok iyi sonuçlar verirler.

Alüminyumun kaynağında kök koruyucu gazı kullanı mna gerek yoktur. Plazma ark kaynağı, otomatik olarak özellikle silindirik depolama tanklarının boyuna di kşlerinde TIG kaynak torcu ile kombine edilerek ol dukça yaygın uygulanır. 4- 7 mm lik saclar halinde aynı di kş ekseninde önde plazma ark torcu, arkasında TIG torcu ilerleyerek kaynak gerçekleştirilir. ( Connor, 1991) Burada, nufuziyet plazma arkı ile sağ lanırken di kş in yüzeyi nin düz ol ması TIG ile elde edilir. Böylece, çok az bir talaşlı işlem ile yüzey düzgün duruma gelir, bazı durumlarda böyle bir işleme gerek kal maz. Kalın saclar durumunda ise, kızgın tel TIG tekniği + plazma ark kaynağı beraber uygulanır.

#### 7.2.2.4 Sonuç

Günümüzde plazma ark kaynağı, uzay, nükleer, elektronik, gen i yapı m ve birçok endüstri dalında kullanılan bir kaynak yöntemi dir. Uygulamalarda, mikro plazma tekniği olarak adlandırılan ve çok küçük akı m şiddetlerini n kullanıldığı tekni kler ile ince tel elekler, ince tellerin uç uca kaynağı, röle kutusu üreti mi, ince ci darlı bası nçlı kaplar, vakum tüpü ele manları ve benzeri nin üreti nide kullanılır. Otomatik yüksek akı m şiddetli plazma ark kaynağı ise, paslanmaz Çelik, Alüminyum ve Titanyumdan yapılan boruların boyuna kaynağı nda, depolama tankları, bası nçlı kaplar, roket yakıt tankları, türbin motor ele manları ve birçok ci haz parçaları ve benzeri nin üreti ninde tercih edilir konuma gelmiştir.

Özellikle, geliş miş ül kelerde ül ke mi ze nazaran çok kullanılan plazma ark kaynağı ekonomikliği, hızlı ol ması ve kaliteli di kşlerin ol uşturul ması, yeni geliştirilen paslanmaz Çeliklere uygulanabil mesi (örneğ i nsüper martenzitik paslanmaz Çelikler) ve Alüminyum alaşı m larına uygulanabil mesi gibi bir seri üst ünl üğe sahiptir.

Yöntemin ülkemiz endüstrisinde yaygınlaşması, bu tür malzemeleri kaynak ederek üretti myapan kuruluşların üretti m kalitesini artırarak iş yapı m süresini azaltacaktır, dolayısı ile de ülke ekonomisine katkı sağlayacağı kesindir. Ayrıca, bu endüstriyel kuruluşlarda çalışan mühendis ve teknik elemanların yöntemin teknolojisi ve kullanılması konularındaki bilgi düzeyi artacaktır. Üniversitelerimizde de bu konularda araştırmalar yapılabilecek ve ülkemizin endüstriyel gelişimine katkı sağlanacaktır.

### 7.2.3 Alüminyum Aşımaları Direnç Nokta Kaynağı

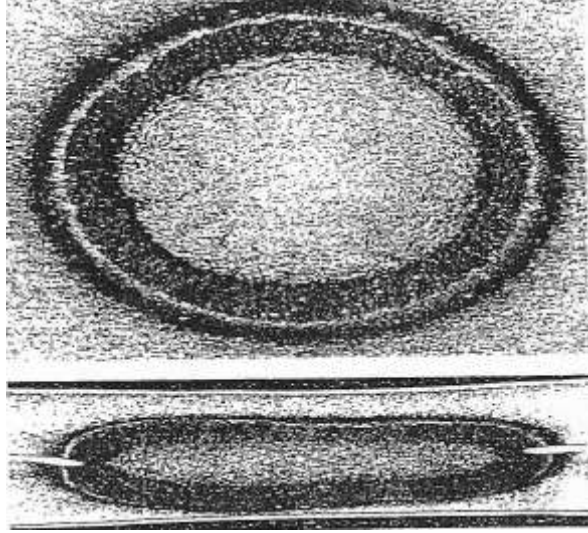
#### 7.2.3.1 Elektrik Direnç Nokta Kaynağı

Direnç kaynağının çalışma şekli, elektrik akımını ileten bir iletkenin ısıtılmasında yatmaktadır. Teknik olarak Alüminyum malzemelerin direnç kaynağı ile düşük öne ne sahip olan direnç eritme kaynağını (örneğin elektrik curuf kaynağı gibi) birbirinden ayırmak gerekir.

Kaynak bölgesi için gerekli ısı miktarı işin elektriksel karşılığı olan,  $A = I^2 \cdot R \cdot t$  eşitliğinin elde edilmesi gerekir. Isı denklemi kalori cinsinden  $Q = 0,239 \cdot I^2 \cdot R \cdot t$  olur. Burada akımın efektif değeri  $I$  (Amper), elektrotlar arası direnç  $R$  ( $\Omega$ ), akımın etkili zamanı  $t$  (sn)'dir. **Çamve Koçak (1999)** Kaynak işleminde en önemli etki for mülde kare boyutunda yer alan akımdır. Efektif akımdaki küçük değişiklikler bile kaynak sonucunu olumsuz bir şekilde etkilemektedir. Elektrotlar arasındaki direnç iki unsurdan meydana gelir: malzeme dirençleri ve geçiş dirençleri. Kaynak süresi, kaynağın sonucunu belirli bir oranda olumlu yönde etkileyebilir.

Nokta kaynağı terimi günlük kullanımda genel olarak bilinir. Birleştirilecek parçalar, normalde karşılıklı elektrotlar arasında basınç altında bulunmaktadır. Elektrik akımının etkisi altındaki parçalar, ısınarak kıs men erimekte dirler. Eritilen malzeme hacminin büyüklüğü, şekli ve konumu birleştirme bölgesinde süre ve ortamın karşılıklı uyumu sayesinde üretilen ve aktarılan ısı miktarına bağlıdır. Parçalar elektrot basıncının etkisi altında eritilen malzemenin katılaşması ile birleşirler. Bu esnada meydana gelen kaynak bağlantısı, kaynak noktası olarak tanımlanmaktadır. (Şekil 7.4) Bu kaynak çekirdeği olarak tanımlanan katılaşmış kaynak hacminden oluşmaktadır ve bunun etrafında difüzyon ile halka şeklinde yapışma alanı olarak da tarif edilmektedir. Buna ısının etki altındaki bölge (ITAB) eklenmektedir. Nokta kaynak elektrotlarının temas yüzeyleri üzerinden geçen kaynak akım, zaman ve

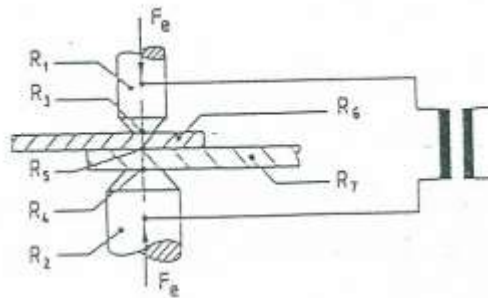
elektrot basıncı, kaynak süresi esnasında gerekli ısı miktarını meydana getirir. Kaynak elektrotları genelde iyi bir elektrik ve ısıl iletkenliği sağlamak için özel bakır alaşımlardan üretilir.



**Şekil 7.4:** Elektrik Direnç nokta kaynağı'nın AlCuMg<sub>2</sub> saçındaki iç yapısı

Şekil 7.5'de nokta kaynağı işleminin mevcut dirençlerle birlikte şematik yapısı gösterilmektedir. Fe basıncı etkisi altında bulunan elektrotlar R1 ve R2 gibi bir malzeme iç

direncine sahiptir. Bu dirençlerin mümkün olduğu kadar düşük olması gerekir. Çünkü transformatör üzerinden beslenen düşük gerilimli (3 ile 6 v) ve yüksek akım şiddetli akımın (>5000 A) mümkün olduğu kadar az kayıpla kaynak Parçalarına ulaşması gerekir. R3 ve R4 Elektrot ve saç arasındaki temas dirençlerini, R5 ise kaynak parçaları arasındaki temas dirençlerini, R6 ve R7'de parçalarının ısıya bağlı malzeme iç dirençlerini temsil etmektedir.(25).



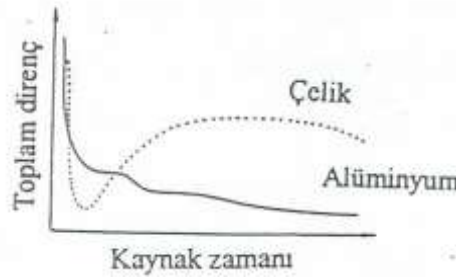
**Şekil 7.5:** Nokta Kaynağı İşleminin Mevcut Dirençlerle Birlikte Şematik Yapısı

Elektrotlar (R5 ve R7) arası elektrik dirençlerinin durumu, kaynak süresine bağlıdır. R5 temas direnci yüksek bir başlangıç değerine sahiptir. ve Fe elektrot basıncının etkisi ile meydana gelen ısı'nın yüzey üzerinde kısmi şekil değişmesine bağlı olarak 1 ile 2 kaynak işleme süresinin bitiminde (0,02 ile 0,04 sn) neredeyse tamamen ortadan kalkmaktadır. Buna karşın malzeme dirençleri, artan ısı sayesinde az veya çok yükselmektedir. Sonuç, Şekil 7.6'daki grafikte görüldüğü gibidir.

Meydana gelen ısı miktarının bir kısmı kaybolmaktadır. ısı geçişi;

- İyi Şekilde soğutulan ve yüksek iletkenliğine sahip elektrotlar,
- Parçaların kendileri ve çevreye taşınan ısı üzerinden gerçekleşmektedir.

Uygun elektrot formu seçimi ile 1:4 Kalınlık oranına sahip parçalar sorunsuz bir şekilde birleştirilebilir (daha ince parçalarda kullanılacak elektrot, daha küçük bir uç çapına veya temas çapına sahip olmalıdır) tek bir nokta ile 4 parçayı birleştirmek mümkündür. **Çam ve Koçak (1999)**



**Şekil 7.6:** Çeliğin ve Alüminyumun Nokta Kaynağında Elektrotlar Arasındaki Toplam Direnç

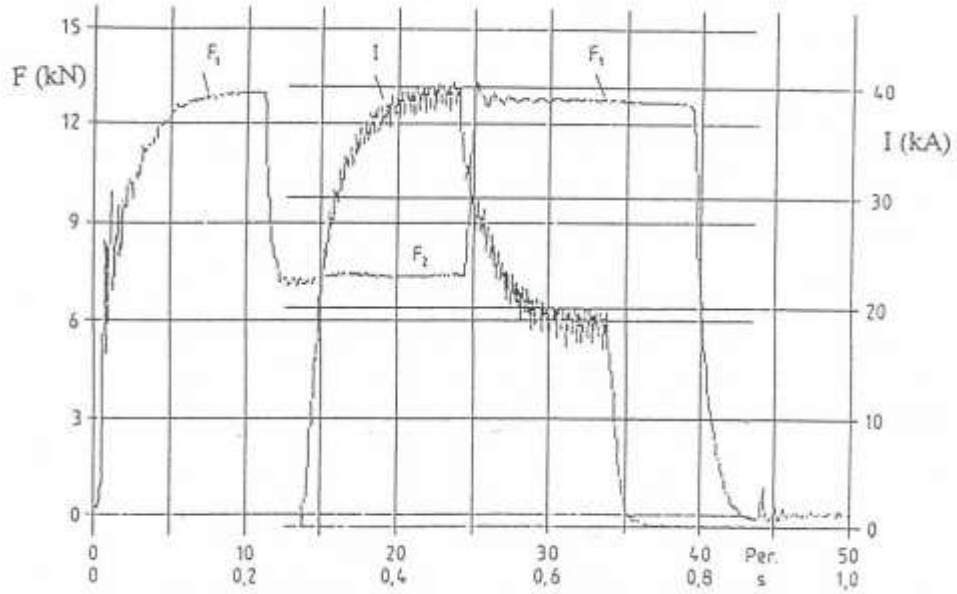
Direnç kaynak makineleri özellikle çeliğin birleştirilmesi işlemlerinde kullanılmaktadır. Geçmişteki gelişmeler ağırlıklı olarak bu kullanıma alanı üzerinde yoğunlaşmıştır. Çelik ve Alüminyum malzemelerinin fiziksel özelliklerinin kaynak süreci esnasında değişimlerinin karşılaştırılması ve elde edilen değerlerinin özellikle Makine tasarımıda elektrik aksamlarına dikkat edilmesi gerektiğini ortaya çıkarmıştır. Sonuçta;

- Üç ile dört kat daha fazla kaynak akı mşiddeti değerleri,
- Yeterli hızda akı myükselmesi,
- Kısa kaynak süreleri,
- Akı m güç-programlarını kullanma imkanı,
- Daha yüksek statik makine rijitliği ve
- Daha da hızlı kaynak sonrası ısı işlemleri, gibi talepler ortaya çıkmaktadır.

Tek fazlı alternatif akı m makineleri, yüksek asi metri şebeke yüklemelerinden dolayı Al ü minyum nokta kaynağı için kullanılmalıdır. Buna nazaran frekans atlamalı makineler (örneğin 200 Hertz), pri mer veya sekonder akı mlı üç fazlı alternatif akı m makineleri ile inverter makineleri iyi sonuç vermişlerdir.

Kaynak süreleri, parçaların kalınlıklarına ve kaynak bağlantısının şekline göre 3 ile 10 periyot (0,06 ile 0,2 sn) arasında olmalıdır. (Çam 1999) Daha uzun süreli kaynak süresi ise, Al ü minyum ısı l iletkenliğinden dolayı “sabit durum” yaratmaktadır, yani söz konusu süre aşımından sonra verilen ısı, parça, tarafından dağıtılmaktadır.

Yüksek kalite talepleri gerektiren direnç nokta kaynak işlemleri; örneğin uçak ve uzay aracı imalatında olduğu gibi, akı m elektrot basınç-programına sahip direnç kaynağı ile yapılmaktadır. Al Cu Mg<sub>2</sub>’den mamul 1,6 mm + 1,6 mm kalınlıktaki saçlar için nokta kaynak bağlantısının uygun bir “gerçek” diyagram Şekil 7.7’de verilmiştir. Parçaların birbirine yaklaştırmasını sağlayacak olan 150 mm yarı çaplı bir CuCrZr elektrotun, 13 Kn ön basıncı elde edilmesi ile kaynak basınç gücü 7 Kn ‘ye indirilir. Böylece saçlar arasındaki temas direnci yüksek bir değer almakta ve ısınma sürecinin başlamasını olumlu yönde etkilemektedir. Söz konusu değerin düşürülerek elde edilmesi ile akı m yaklaşık 6 periyot sonrasında arzu edilen 40 kA son değere ulaşmakta (yükselen akı m kaynak noktalarının soğuma süresini geciktirmektedir. Gözenek ve boşluk oluşumunun engellenmesi için ve birleştirmenin daha da sağlıklı olması için akı m düşüşünün ardından basınç kuvveti önceden belirlenmiş olan 13 Kn değerine geri getirilmektedir. Bu şekilde yapılan bir uygulama ile 45 periyot veya 0,9 saniye süren bir kaynak süresine ihtiyaç duyulmaktadır. Yapı parçaların nakil süresi için gerekli durumları da göz önünde bulundurarak, noktalar arası yaklaşık 12 noktadaki hızla nokta kaynağı yapılması mümkündür. (Çam 1999)



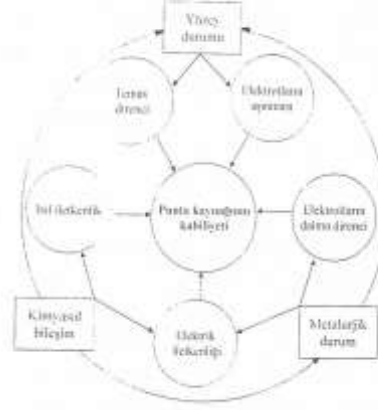
**Şekil 7.7:** Al Cu4 Mg Saçı Üzerinde Direnç Nokta Kaynağı İçin Akım Elektrot Kuvveti

Çeliğe nazaran iki kat daha büyük elektrot kuvvet gereksinimi, elektrot yüzeylerinin epeyce büyük olmasından dolayı daha rijit makinelere ihtiyaç duyurmaktadır. Bu da özellikle nokta kaynak penslerinin yapısına etki etmektedir. Dolayısıyla bu tür makineler büyük kol uzunluklarına sahip olmalıdır. İlave ısı işlem kabiliyetine yönelik talepler, kaynak bölgesinin kısa sürede olumlu veya olumsuz genişlemesini sınırlamaktadır.

Bir malzemenin nokta kaynağına uygunluğu bazı parametrelere etkilenebilir (Şekil 7.8). bunlar ilk başta kimyasal bileşimi, metalürjik özellikleri ve yüzey oluşumlarıdır. Alüminyum malzemelerin kimyasal bileşimi sadece dayanım, erimiş kütlenin katılaşması esnasındaki davranışını etkilemekle kalmayarak ısı ve elektrik iletkenliğini de etkilemektedir. Saf Alüminyum  $36 \text{ m} / \Omega \text{ mm}^2$  elektrik iletkenliğine sahipken Al<sub>6</sub>Mg<sub>2</sub>Li<sub>2</sub>'de de bu veri  $9 \text{ m} / \Omega \text{ mm}^2$  olmaktadır. Bu veriler ayrıca metalürjik özelliklerinden etkilenebilir. Bu da iç yapının oluşumundan ileri gelmektedir (yumuşak, soğuk sertleştirilmiş, yaşlandırılmış durumlar). Yüzey oluşumu, Alüminyumda nokta kaynak sürecini en fazla etkileyen faktörlerden birisini oluşturmaktadır. Bunlar;

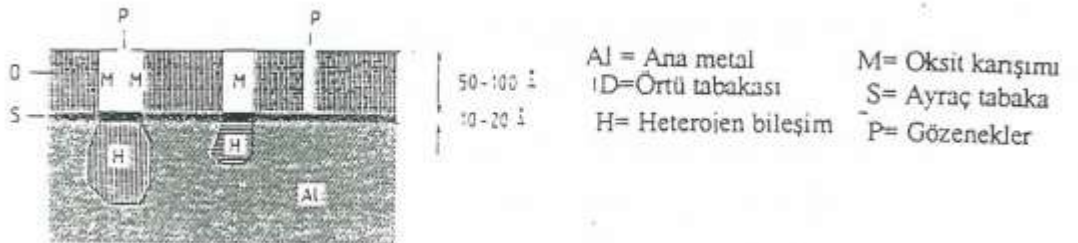
- Oksit tabakası (kalınlığı, bileşimi, eş ölçülülüğü)
- Safiyetsizlikler (yağ kir, toz)
- Yüzey (pürüzsüzlük),

- Met al sel kapla mal ar (hadd el eyerek kapla ma),
- Or gani k kapla mal ar (tu kal, nokt a kaynak boyal arı),
- Anor gani k kapla mal ar (kro mat lar),
- Anodi k oksidasyon’ dur.



**Şekil 7.8:** Bir Malzemenin Nokta Kaynağına Uygunluğunu Etkileyen Faktörler

Alüminyumun oksijene olan ilgisi nedeniyle hava teması esnasında bile doğal bir oksit tabakası oluşturmaktadır (Şekil 7.9). Bu gözeneksiz bir tabakadan oluşur. Bunun üstünde de gözenekli bir tabaka bulunur. Kalınlığı 0,005 ve 0,01 mikron arasındadır. (Çam 1999) Oksit tabakası bir izolatör gibi etki yaratmakta ve kaynak sürecini etkilemektedir. Bu nedenle parçaları bir ön hazırlık işleminden geçirmek şarttır. Bu işlem ilk önce elektrot ve parça arasında düşük temas dirençlerinin elde edilmesine ve bunun yüzeyde aynı kalmasına yol açmaktadır. Bu sayede kaynak sonuçlarında değişimin düşük olmasına ek olarak elektrot ömrü de iyileştirilmektedir.



**Şekil 7.9:** Alüminyum Üzerinde Oksit Tabakasının Durumu

Parçaların nokta kaynağı için bir ön hazırlıktan geçirilmesi mekanik (kaplanmış olanlar hariç) veya kimyasal yoldan yapılabilir. Mekanik ön hazırlık işlemi, dönen paslanmaz Çelik tel fırçalarla kaynak işlemine başlamadan hemen önce yapılmalıdır. Düzenli ve iyi bir sonuç elde etmek için işlem mekanik veya otomasyon yöntemi ile yapılmalıdır. Bunun kaynak işlemine olumsuz etkisi yüzeyin çok fazla pürüzleneşi sayılabilir. Burada elektrot ile parça arasında bir alaşım oluşumu meydana gelebilir. Kimyasal ön hazırlık işlemi ise Alüminyumun kaynak sürecinde en olumlu neticeleri vermektedir. Bunun için bir çok kademeye gerektirir. Yağdan arındırma, durulama, dağlayıcı, durulama, nötr hale getirme, durulama, kurtarma. Bir çok dağlayıcı ve dağlayıcı şartları kullanılmaktadır. Bir çok dağlayıcı, oksit tabakasının çözülmesinden sonra ortaya çıkan metalik Alüminyum etkilenebilir. Bu nedenle, dağlayıcı taneleri harfiyen uygulanmalıdır. Dağlayıcı işleminden sonra yeni ve düzenli bir oksit tabakası meydana gelmektedir. Uygun bir ön hazırlık işlemi, temas direnç değerini 3 ile 50  $\mu\Omega$  ye kadar indirebilir. (Çam 1999) Genellikle parça yüzeylerini daha az etkileyen ve dağlayıcı süresinde daha da geniş bir tolerans genişliğine sahip alkalik dağlayıcılar kullanılmaktadır. İşlem sonrası atöle ortamında muhafaza şartları saçlar arasındaki temas direncini çok az etkilemektedir. Aynı zamanda çekme-makaslama kuvveti de hemen hemen aynı kalmaktadır. dağlayıcı işlemin sonrasında muhafaza süresi boyunca elektrotlar üzerinde önemli bir etki gözlenmemiştir. Çeliğin direnç nokta kaynak uygulamasında, 30000 ile 50000 punta arasındaki elektrot kullanım miktarı belirlenmiştir. Elde edilen tecrübelerin Alüminyum malzeme uygulaması ayrıca değerlendirilmiştir. Çünkü bu değer yaklaşık olarak %10 daha düşüktür elektrot ömrü, öngörülmuş kalite seviyesinin düşmesine neden olan kaynak sayısıdır. (Çam 1999) Bu, çekme-makaslama kuvveti, kopma davranışı saç yırtılmasından nokta kesilmesi kopmasına geçiş nokta çapı veya elektronların parçalara yapışması olabilir.

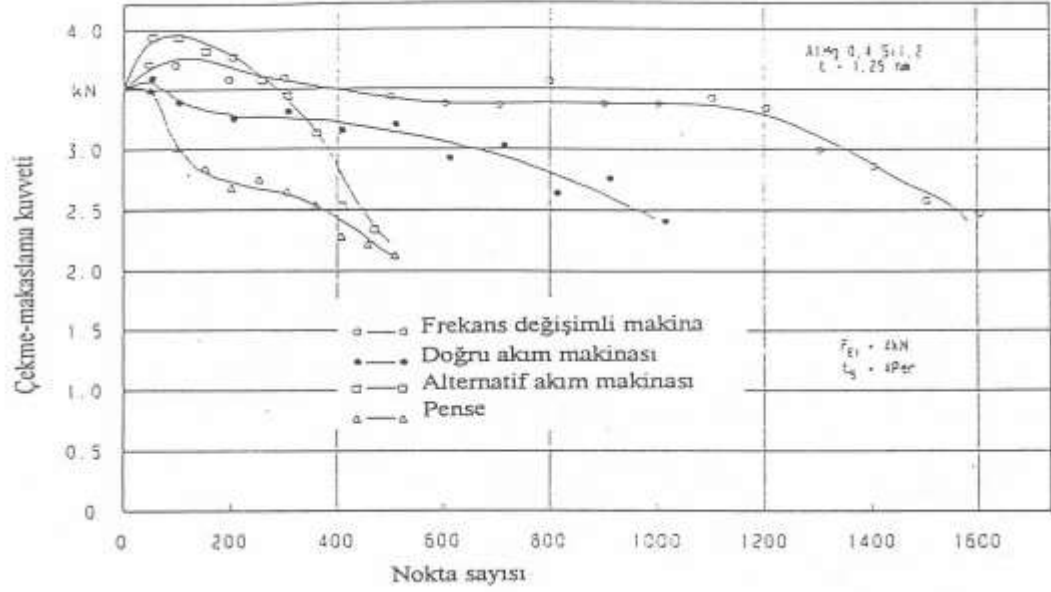
Alüminyum esaslı malzemelerin direnç nokta kaynağında elektrot ömrü bir çok faktörlere bağlıdır. Birleştirilecek parçaların yüzey durumları daha önce ele alınmıştır. Nokta kaynağına ön hazırlık olarak dağlayıcı işleminden geçirilmiş ve fırçalanmış parçaların yüzey pürüzlülüklerindeki farklılıklar nedeniyle fırçalanmış parçaların çekme-makaslama kırılmalarını, zamanından önce meydana geldiği gözlenmiştir. Kaynak yapılacak alaşıma elektrot kullanım miktarını iki yönde etkilemektedir. İletkenliğe bağlı olarak farklı güçlere ve buna bağlı olarak elde

edilen farklı ısı miktarlarına yol açmaktadır. Buda bir yandan bakır-elektrotların alaşımlaşmasını kolaylaştırırken ve diğer yandan da Alüminyum ve elektrot içerisindeki alaşım elementleri de elektrotlara ve işlenecek parçalara nüfus etmektedir.

Birleştirilen parçaların kalınlığı, kaynak için gerekli olan ısı miktarlarından dolayı elektrot kullanımı miktarına benzer şekilde etki etmektedir. Devamlı artan nokta miktarı /dakika ile elektrot soğuma süresi kısaldığından kendisini ısıtmakta ve alaşımlaşma eğilimi yükselmektedir. Kısa kaynak süreleri ise elektrot kullanımı miktarını olumlu yönde etkilemektedir. Yüksek bir dayanıma moranı içiniyi bir elektrot soğutması gerekmektedir. Böylece meydana gelen ısı miktarı hızlı bir şekilde elektrot çalışma yüzeyinden uzaklaşacaktır. Bu nedenle dolaylı bir soğutma yerine dolaysız bir soğutma; örneğin punta kaynak penselerinde olduğu gibi tercih edilmektedir.

Alternatif akımla yapılan nokta kaynağı esnasında elektrik akımı yönünün devamlı değişmesi ile üst ve alt elektrotlar, uygun bir soğutma mevcut olduğunda termik olarak eşit şekilde yüklenmektedir. Bu, doğru akımla yapılan kaynak çalışmalarında olmamaktadır. Anodun yüksek oranda yüklenmesinin nedeni peltier etkisidir. Al ve Cu elementleri arasında, elektro kimyasal gerilme serisindeki yaklaşık 2 V gibi büyük bir farktan dolayı Cu-katodu ile Al-parçasına geçen elektronlar esnasında peltier ısıyı açığa çıkarmaktadır. Anodun daha güçlü bir termik yüklenmesi, daha da güçlü bir alaşıma merasına neden olmaktadır ve böylece artan akımla aşınmada artmaktadır. Peltier etkisi, ayrıca kaynak çekirdeğinin anodun yönüne doğru kaymasına yol açmaktadır. Böylece kaynak esnasında düzensiz parça kalınlıkları bertaraf edilmektedir. Bakır ile çeliğin elektro kimyasal gerilme serisindeki düşük farktan dolayı peltier-etkisi önemsiz kalmaktadır.

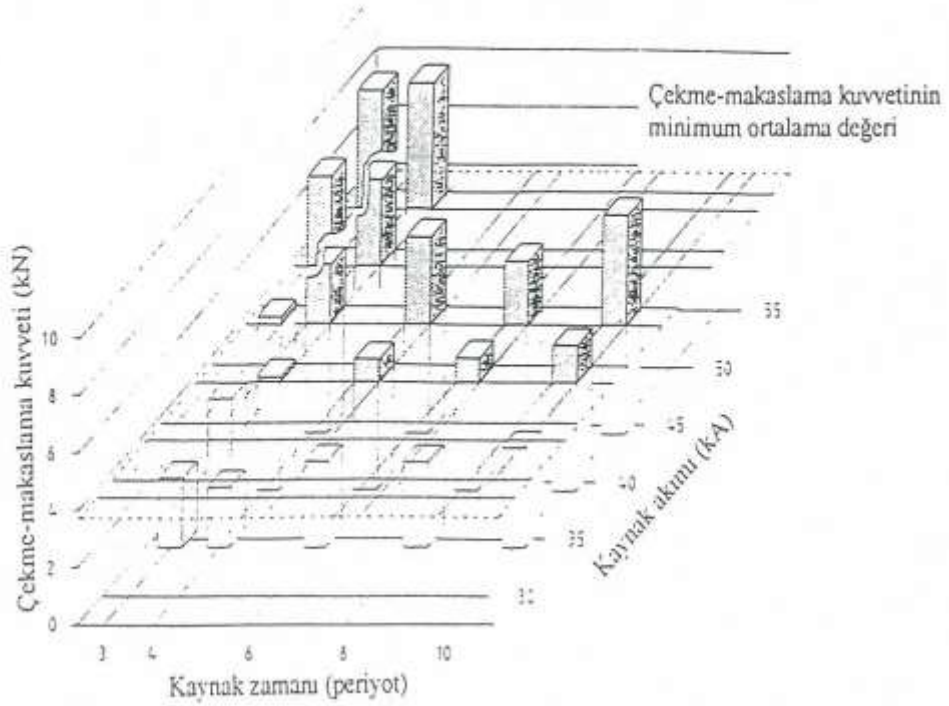
Şekil 7.10' da akımların ve makine imalat şeklinin elektrot ömrü üzerine etkisi gösterilmektedir. Doğru akım makinelerinin daha iyi bir sonuç vermesi, düzenli enerji beslemesi ile açıklanır. En iyi sonuçlar frekans dönüştürücü makine ile elde edilmektedir. Burada kutup durumu, her bir kaynak işleminde sonra değişmekte ve Böylece elektrotlar düzenli olarak yüklenmektedir. En düşük ömür, bir kaynak pensesi kullanımı ile elde edilmiştir. Metalografik parlama numunesi, kaynak bağlantısının sertleşme davranışının tespit edilmesi için uygundur.



**Şekil 7.10 : Akım Tipi ve Makine Türünün Elektrot Ömrüne Etkisi**

Mühür kaynak parametrelerinin sistematik tetkikinde, şekil 7.11’de gösterildiği gibi bir grafik elde edilmektedir. Taralı alanda bu kombinasyonun asgari ortalama değerleri verilmektedir. Taralı olmayan kolonlar ise bu değere ulaşmaktadır.

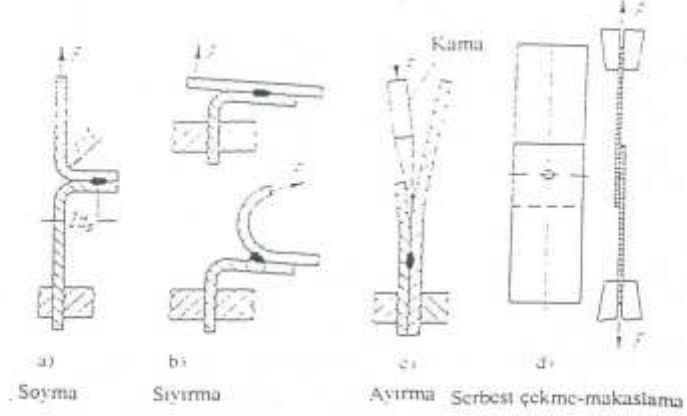
Bunun anlamı da düzgün bir nokta kaynağının oluşmasıdır. Günlük kullanımda böyle bir durum yapışma olarak adlandırılmaktadır. Taralı kolonların üst kısmında kaynak sıçramaları meydana gelen uygun olmayan sonuçlar verilmiştir. Genel de üst orta alandan uygun kaynak parametrelerinin seçilmesi uygundur. Böylece ilgili imalat a macına uygun malzeme ve kalınlık kombinasyonları için gerekli çalışmaları talimatları elde edilmektedir. Bunun için toplu olarak 25 kaynak yapılmalı ve tetkik edilmelidir. 20 Noktada bir, çekme-makaslama testine tabi tutulmalı ve 5 nokta ise metalografik olarak kontrol edilmelidir.



**Şekil 7.11:**  $Al\ Cu_4\ Mg_1\ T_3$  Sacı Üzerinde Nokta Kaynağı İçin Parametreler

Alın Kaynak Birliği'nin 2916 no' lu veri sayfası, uygun kaynak parametrelerinin tespitinde faydalı bir yardımcı teşkil eden ve sürekli inceleme kontrolünü sağlayan bir takım tetkik yöntemlerini içermektedir. Buna soyma, yuvarlama ve yontma testi dahildir (Şekil 7.12). Burada basit yöntemler vasıtasıyla yapışma ve uygun kaynağın birbirinden ayırt edilmesi mümkündür. Buna karşın karşılaştırma değerlerinin (hesaplama temel verileri değil) serbest çekme-makaslama testi ile elde edilmesi mümkündür. Geliştirme çalışmalarında bunun haricinde özelliklerin değerlendirilmesinde çekme-makaslama deneyi, ölçü çentik-değer kayıt edici ile burulma deneyi ve çentik darbe deneyi de kullanmak mümkündür. Yapısal yönden benzer numuneler üzerinde, örneğin Alın kaynak Birliği'nin 2709 no' lu veri sayfasına göre yorulma deneyleri ve yapı parça deneyleri sadece uygulanabilir tahribatsız muayene yöntemlerinden radyografi testi en büyük doğruluk oranına sahiptir çünkü bu test, çatlaklar ve boşluklar gibi iç hatları en iyi şekilde belirlemektedir. Ultrasonik muayene yöntemi ise nokta kaynağında kullanılmaz. Probun elektrot temas alanına yerleştirme sorunu endüstriyel kullanımda şimdiki

kadar bir başarı sağlayamamıştır. manyetik oz ve penetransız testleri bu alanda bir rol oynamaktadır. Temel olarak tahribatsız muayene yönteminin yardımıyla şimdiye kadar hatasız nokta kaynağını istenmeyen veya uygun olmayan yapışmalardan ayırt etmeye ve belgelendirmeye başarılı bulunmamıştır. (Çam 1999)



Şekil 7.12 : Drenç Nokta Kaynağını Atölye Deneyleri

### 7.3 Kaynak İşlemlerinde Koruyucu Gaz Seçimi

Tablo 7.2: Koruyucu Gaz Çeşitleri

| MALZEME                             | M G KAYNAĞI       | ÖZELLİKLER                               | TIG KAYNAĞI | ÖZELLİKLER                                                                                      | PLAZMA KESME                   |
|-------------------------------------|-------------------|------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Karbonlu ve Düşük Alaşımli Çelikler | Argon x20 /25     | Özlütelle kaynak için                    | Saf Argon   | *Kaynak diğitiinin malzemeiy yakarak delmesini ni nize etmek için *Düzgün ve sakin bir ark için | Azot + Argon<br>Azot + Oksijen |
|                                     | Argon shield-5    | 6 mm kalınlığa kadar                     |             |                                                                                                 |                                |
|                                     | Argon shield-TC   | Değişken kalınlıklar için **             |             |                                                                                                 |                                |
|                                     | Argon shield-20   | 10 mm den kalın parçalar                 |             |                                                                                                 |                                |
|                                     | Helium shield 101 | * Kalın parçalarda, hızlı kaynaklar için |             |                                                                                                 |                                |

|                                |                                                   |                                                                                  |                        |                                                                      |                                                                        |
|--------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
|                                | <u>Helishield 101</u>                             | * Düşük sıcaklıklarda kullanılan malzemeler için                                 | <u>Saf Argon</u>       |                                                                      | <u>Azot + Argon</u><br><u>Azot + Oksijen</u>                           |
| <b>Paslanmaz Çelikler</b>      | <u>Argonox-1***</u><br><u>Argonox-2**** Argon</u> | Düşük karbonlu paslanmaz Çelikler için (C%≤0.06) Hızlı ve iyi penetrasyon için   | <u>Saf Argon</u>       | Kaynak dişi nin malzemesini minimize etmek için                      | 1) <u>Azot +Plazma shield</u><br>(Argon+Hidrojen)<br>2) <u>Hy-Plas</u> |
|                                | <u>Helishield 1</u>                               | Kısa devre geçişli kaynaktaki                                                    | <u>Hy-Lite Hy-Plas</u> | * 1) hızlı kaynak için (manuel)<br>* 1) hızlı kaynak için (otomatik) |                                                                        |
|                                | <u>Helishield 101</u>                             | Sprey ark kaynağında temiz bir yüzey için (>6mm) (Sprey ark ve Pulse Geçitlerde) | <u>Helishield-2</u>    | Otomatik ve robot kaynakları için                                    |                                                                        |
|                                | <u>Argonix2</u>                                   | Daha temiz yüzey ve Argonla göre yüksek nüfuziyet                                |                        |                                                                      |                                                                        |
| <b>Alüminyum ve Alaşımları</b> | <u>Saf Argon</u>                                  | 6 mm ye kadar kalınlıklar için                                                   | <u>Saf Argon</u>       | Bütün uygulamalar için                                               | 1) <u>Azot +Plazma shield</u><br>2) <u>Argon +Azot</u>                 |
|                                | <u>Helishield-2</u><br><u>Helishield-3</u>        | 6 mm den kalın parçalara hızlı kaynak ve penetrasyon için                        | <u>Helishield-2</u>    | Yüksek hızda çalışan otomatik kaynaklar için                         |                                                                        |
|                                |                                                   |                                                                                  |                        |                                                                      |                                                                        |

|                 |                                                                                       |                                |                       |                                   |                                          |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|------------------------------------------|
| <b>Bakır</b>    | Saf Argon                                                                             | 6 mm ye kadar kalınlıklar için | Saf Argon             | Bütün uygulamalar için            | 1) Azot +Flazmas shield 2) Flazma shield |
|                 | Helishield-2                                                                          | 6 mm den kalın parçalara,      | Helishield-2          | Yüksek hızlı otomatik kaynak için |                                          |
| <b>Nikel</b>    | Saf Argon                                                                             | Bütün uygulamalar için         | Saf Argon             | Bütün uygulamalar için            |                                          |
| <b>Titanyum</b> | Yüksek Safılıkta Argon                                                                | Bütün uygulamalar için         | YüksekSafılıkta Argon | Bütün uygulamalar için            | -                                        |
| <b>Not</b>      | Galvaniz kaplı Çeliklerde Argonshield 20 ya da Argonmix 25 kullanılır.                |                                |                       |                                   |                                          |
| <b>*</b>        | Hidrojen kırılabilirliğine duyarlı paslanmaz Çeliklerde kullanılmaz (400 Serisi gibi) |                                |                       |                                   |                                          |
| <b>**</b>       | Örnek : 2 mm ile 6 mm kalınlığında iki parça kaynatılabilir.                          |                                |                       |                                   |                                          |
| <b>***</b>      | 6 mm den kalın parçalarda Sprey ark ile kaynak yapılabilir.                           |                                |                       |                                   |                                          |
| <b>****</b>     | 2-6 mm kalınlığındaki parçalara Kısa Devre metodu ile kaynak yapılabilir.             |                                |                       |                                   |                                          |

Gaz altı kaynak işlemi (MG); son yıllarda birçok endüstriyel uygulamada, hızla gelişen yeterli ve kaliteli kaynak metodlarından biridir. Örtülü elektrot kaynağının (SMAW) son yıllarda etkinliğinin azalması, gaz altı kaynak işlemlerinin (MG) artmasının başlıca nedenleri;

- yüksek metal yığılma oranı (metal miktarı kg/saat),
- yüksek kaynak süresi'dir. (kaynak süresi/toplam üretilmiş süresi)

### 7.3.1 Korumucu Gazlar

#### 7.3.1.1 Korumucu gaz çeşitleri

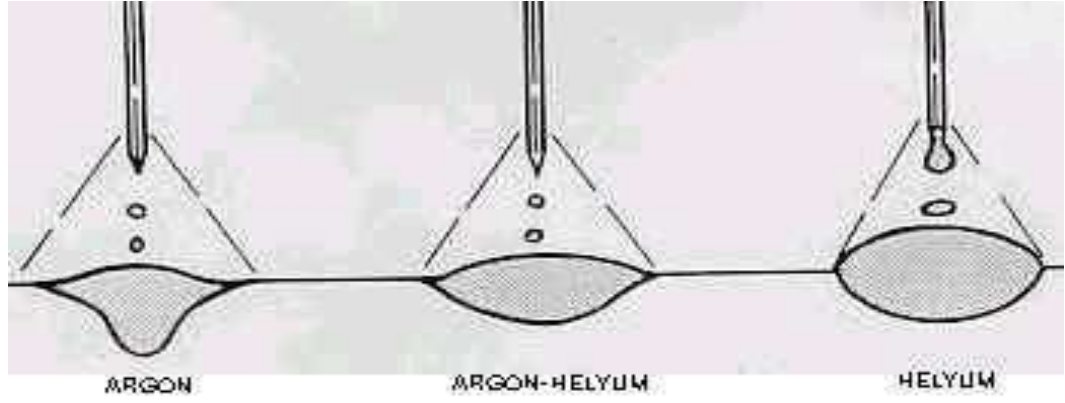
##### Argon ve Helyum(TIG Ve MG)

Argon ve Helyum asal gazlar olup kaynak işlemi sırasında kaynak banyosu ile reaksiyona girmezler. Bu gazlar alaşımsız, yalın karbonlu paslanmaz Çelik ve demir dışı metallerin kaynak işlemlerinde kullanılır. Bu iki gaz arasındaki temel farklar, yoğunluk, ısı iletkenlik ve ark karakteristiktir. Argon, havadan yaklaşık olarak 1.4 defa yoğundur, buna karşılık Helyum ise, havanın yoğunluğunun 0.14 katıdır. (Amk, 1982) Helyum ve havaya oranla daha yoğun olan Argon düz kaynak pozisyonlarında en etkili, ark sabitleyen ve örtücü etkisi olan gazdır. Helyum tek

başına kullanıldığı zaman aynı oranda koruma yapabilmesi için Argon oranla 2-3 kat fazla debi gerektirir. Helium Argon oranla çok daha yüksek ısı iletkenliğe sahiptir ve ark enerjisi çok daha homojen dağılımlı ark plazması oluşturur. Argon plazması ise, merkezde çok yüksek, dış konisinde ise daha az enerjiye sahiptir. Bu fark, kaynak dişi profilini güçlü bir şekilde etkiler. Helium kaynak sırasında daha derin ve geniş bir dişi oluşturur. Argon ise "Şarap kadehi" şeklinde bir penetrasyon yaratır. Başlıca Argon, Helium Argon- Helium karışımları ve Karbondioksit gazları dişi profilleri aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. Helium Argon göre daha yüksek bir iyonlaşma potansiyeli ve dolayısı ile daha yüksek ark voltajı oluşturur. Ancak saf Helium ark başlangıcında problem gösterebilir. Saf Heliumla oluşturulan Ark örtüsü düşük voltajlarda Sprey Transfer etkisi göstermez. Bunun sonucu olarak, saf Helium koruyucu gaz olarak kullanıldığı zaman Argon göre daha yüksek çapak ve pürüzlü kaynak dişi elde edilir. Argon ise, akım geçiş sınırının üzerinde (küresel-sprey Ark) olduğu zaman sprej ark etkisi gösterir.

#### **Argon- Helium Karışımı (TiG ve MIG)**

Saf Argon, Çelik ve demir dışı malzemelerin kaynağında yaygın olarak kullanılır. Helium'un saf olarak kullanılması ise yukarıda anlatılan nedenlerden dolayı sınırlıdır. Ancak, daha derin ve daha geniş kaynak dişi istendiği zaman, Argon ve Helium belli oranlarda karışımı oluşturularak kullanılırlar. Sonuç şekil 7.13' de görüldüğü gibi, daha gelişmiş kaynak dişi özellikleri ve sprej ark transferi sağlar. Kısa devre geçişinde, Argon ve Helium gazları, %60 - %90 Helium oranına kadar çeşitli oranlarda karıştırılarak kullanılırlar. Paslanmaz, düşük alaşımlı Çelik kaynaklarında Argon Karbondioksit eklemek yerine Helium eklenir ve Karbondioksitin kaynak dişindeki olumsuz mekanik etkileri minimuma indirilir. Argon %50 ve %75 oranında Helium eklenmesi, saf Argonun oluşturduğu ark voltajından daha yüksek ark voltajı oluşturur. Bu karışımlar, alüminyum, magnezyum ve bakırın kaynağında kullanılırlar. Çünkü, karışımın verdiği yüksek ısı, bu malzemelerin yüksek ısı iletkenliklerinden dolayı istenen ısı miktarını karşılar (Helishield 2 : %75 He + %25 Ar). (Ank, 1982)



**Şekil 7.13 : Argon ve Helyum Gazlarının Kaynak Diği Şekilleri**

### **Argon- Helyum Karbondi oksit- Oksijen Karışımı ( M G )**

Saf Argona eklenen Helyum demir-dışı malzemelerin kaynağında mükemmel sonuç verir. Saf Argon ise demir-dışı malzemelerin kaynağında ( undercut ) hatasına neden olabilir. Saf Argon %1 - %5 oranında eklenen oksijen ya da %3'ten %25'e kadar oranlarda eklenen Karbondi oksit, ark kararlılığında belirgin bir düzelme sağlar. ( Anık, 1982) Asıl gazlara eklenecek optimum Karbondi oksit ya da oksijen miktarı, yüzey şartları (paslı vb.) diği geometrisi, kaynak tekniği ve ana metal kompozisyonuna bağlıdır. Genellikle, 2% Oksijen ya da 8-10 % oranında Karbondi oksit eklenmesi optimum sonuçlar oluşturur. Argona Karbondi oksit eklenmesi, kaynak diği profilini "şeftali şekli" oluşturarak iyileştirir. Argona 1 ile 9% oksijen eklenmesi, kaynak banyosunun akışkanlığını, nüfuziyeti ve ark kararlılığını artırır. Oksijen aynı zamanda geçiş akımını azaltıcı etki gösterir. Yedirne eğilimi azalır, ancak Manganez ve Silisyum kaybından dolayı kaynak metalinde yüksek oksitlenme eğilimi belirir (Silisyum ve Manganez, kaynak işleminde deoksidan malzeme olarak kullanılırlar). Yalın, düşük alaşımı ve paslanmaz Çeliklerde, az da olsa, Argon- Karbondi oksit karışımı kullanılır. %25 oranına kadar eklenen Karbondi oksit en az geçiş akımını düşürür, çapak oluşumunu azaltır, nüfuziyeti artırır ve ark kararlılığını azaltır. Argon- Karbondi oksit karışımları genellikle kısa devre kaynaklarında kullanılır. Ancak, spreyc ark ve darbeli ark kaynağında da kullanılır. Argon - %6 Karbondi oksit karışımı, darbeli ark kaynağında kullanılır. Argon- Helyum ve Karbondi oksit karışımı, darbeli ark kaynağında da yaygın olarak kullanılır. Paslanmaz Çelik kaynağında %85 Helyum + %13,5 Argon + %1,5 CO<sub>2</sub> içeren (Helishield / 1) karışımı kısa devre geçişi ve korozyon direnci sağlar. Günümüzde geliştirilen bir başka karışımı %60 Argon + %38 Helyum + %2

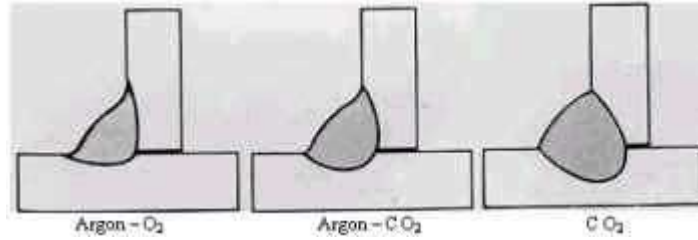
CO<sub>2</sub> içeriyor. (Helisheld / 101) ve paslanmaz Çelik kaynağı için kullanılır. (Anık, 1982) Bu karışım erimiş metale optimum mukavimlik, iyi yüzey ısıtma, iyi bir ark kararlılığı ve düşük çapak oluşumu sağlar. Buna ilaveten, Hidrojen çatlağı ve birikme yoktur. Aynı zamanda bu karışım darbeli ark kaynağı ve spreyl ark geçişi için kullanılır.

#### **Argon- Oksijen Karışımı**

Argona küçük oranlarda eklenen (%1-2) oksijen çapağı optimum eder ve spreyl ark geçişinde ark kararlılığını artırır. Oksijen, daha geniş nüfuziyet sağlar ve yedirme etkisini azaltır. Ar+%1 ya da Ar+%2 oksijen eklenmesi paslanmaz Çeliklerin kaynakları için uygundur. Oksijeni alınmış bakır, düşük karbonlu ve alaşımı Çeliklerde kullanılır. (Anık, 1982)

#### **Argon- Oksijen- Karbondioksit Karışımı ( MG MAG)**

Argona eklenen %3- %5 oranında Oksijen ve %20' ye kadar Karbondioksit, metal sektöründe yaygın olarak kullanılır. Bu gazlar, optimum koruma ve spreyl ark, kısa devre ve darbeli ark geçişi için uygun ark karakteristiği sağlar. (Anık, 1982)



**Şekil 7.14 : Argon, Oksijen ve Karbondioksit Gazlarının Kaynak Dikişine Etkileri**

#### **Argon- Helyum Karbondioksit- Oksijen Karışımı ( MG MAG)**

Bu karışım 4 lü (quadropole mix) karışım adını alır ve MG kaynağında, yüksek amper/yüksek metal yayma oranı için optimum şartlar sağlar. Karışım optimum mekanik özellikler ve geniş yayma oranında çalışılabilirliği açısından avantajlar sağlar. Ana kullanım alanı, düşük alaşımı ve yüksek dayanımlı malzemelerdir. Ancak, yüksek üretimi istenen düşük alaşımı Çeliklerin kaynaklarında da kullanılır.

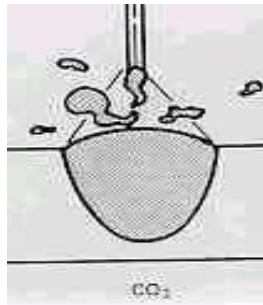
#### **Argon- Hidrojen Karışımı**

Argon ve Hidrojen karışımı, paslanmaz Çelikten üretilmiş boru ve ince plaka kaynaklarında kullanılır. Karışımın kullanımı için en önemli şart, paslanmaz çeliğin Hidrojen kırılabilirliğine duyarlı olması gerektiğidir. Östenitik paslanmaz Çelikler

(3xx serisi) rahatlıkla kaynak yapılabilir. Ancak martenzitik (4xx serisi ) Çelikler H drojene karşı duyarlı olduğu için kullanılması sakıncalıdır. (Anık 1982) Uygulanan kaynak hızı, Argona eklene H drojen miktarına göre değişir; çünkü ark voltajı H drojen miktarı arttıkça artar. Ancak eklenecek H drojen miktarı, malzeme kalınlığına ve di kiş türüne göre değişir. Kullanılan H drojen miktarı 1 % ile 5 % arasındadır. Argon- H drojen karışı mları, TIG kaynağı iş leminde kullanılır.

### **Karbond i oksit**

Karbond i oksit, gaz metal ark kaynaklarında kullanılan reaktif ve oksitleyici bir gazdır ve düşük alaşı mlı Çeliklerin kaynaklarında kullanılır. Saf olarak kullanılabilir. Yüksek nüfuziyet ve düşük fiyatı nedeni ile Karbond i oksit yaygın olarak kullanılır. Karbond i oksit gazı ile kısa devre yada küresel geçiş sağ lanabilir. Ancak Karbond i oksit tek baş ına sprey ark geçiş i sağ layamaz. Küresel geçiş te, ark oluş umu sert, yıpratıcı ve yüksek çapak oluş umu söz konusudur. Çapak oluş umunu azaltmak için torcun ucu çalış ma yüzeyinden bir miktar derine gö mül mesi gereklidir. Eğer Argonca zengin bir karışı mla Karbond i oksit karşı laştırılırsa; Karbond i oksit, daha yüksek nüfuziyet sağ lar. Ancak kaynak di kiş i yüzeyi son derece kaba bir gör ününe sahip olur. Karbond i oksit kaynağı nda yüksek metal yı ğ ma oranı elde edilir. Ancak gaz ın oksitleyici özelliklerinden dolayı, oluş an kaynak di kiş i nin mekanik özellikleri Argonca zengin karışı mla oranla düş üktür. Yüksek çapak oluş umu nedeni ile düşük hız elde edilir. Karbond i oksit daha yüksek nüfuziyet sağ lar. Ancak kaynak di kiş i yüzeyi son derece kaba bir gör ününe sahip olur. Not : Karbond i oksit, MAG kaynağı iş leminde kullanılır.



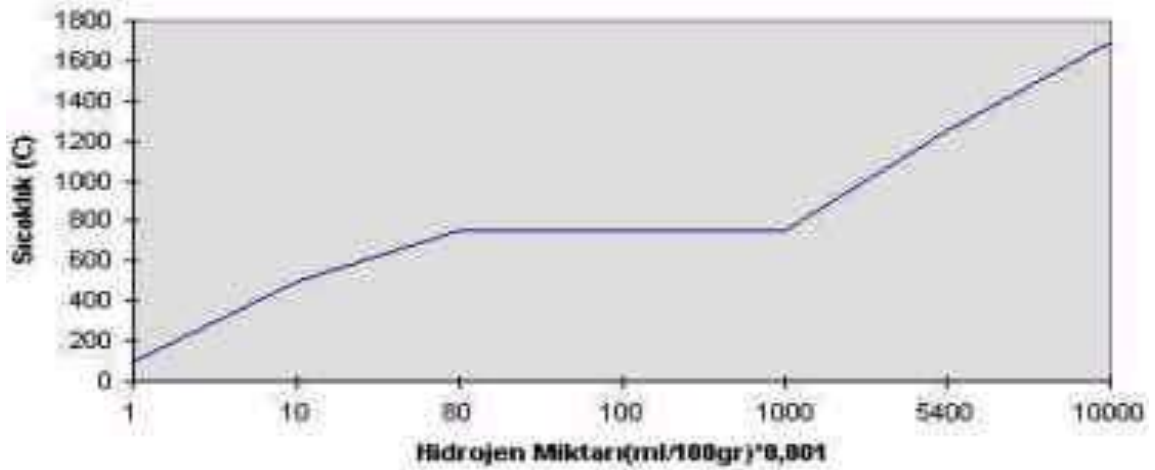
**Ş ekil 7.15 : Karbond i oksit Gaz ının Metal Geçiş For muna E kisi**

### 7.3.1.2 Koruyucu Gazların Otomasyon Kurulması

Bu işlemin en uygun biçiminde kullanılabilirliği için tel ve koruyucu gazın belli etmenler beraberinde seçilmesi gerekir. Koruyucu gazın ilk görevi, ergimiş kaynak metalini ve kaynaktan etkilenen bölgeyi atmosfere etkilerden (oksitletme, vb.) korumaktır. Çünkü ergimiş metal, oksijenle (oksitletme), Azotla (metal-nitritler) ve Hidrojenle (metal-hidrit) reaksiyona kolayca girebilir. (Amk, 1989) Bu reaksiyonların sonucu, metal kırılabilirliği ve porozite (boşluk) gibi kaynak hataları oluşabilir. Koruyucu gazın ana işlevleri aşağıdaki başlıklarda incelenmiştir.

### 7.3.1.3 Koruyucu Gazların Koruyuculuk Etkisi

Koruyucu gazın kimyasal ve fiziksel özellikleri koruyuculuk etkisini belirler. Koruyucu gaz, tanım olarak, kaynak metalini ile çevresi arasındaki istenmeyen reaksiyonları engeller. TIG işleminde, tungsten elektrotun ve MIG işleminde de torçucu, metal damlacıkları ve ark arasındaki reaksiyonları koruyucu gazlar engeller. Reaktif gazların arasında, en fazla problem oluşturanlar, oksijen, Azot ve Hidrojen'dir. Metallerin birçoğu, oksitleyici ortamlarda (eg. hava) ısıtıldıkları zaman oksit oluştururlar. Azot, reaktif metallerle (Ti, Ta, V, Nb gibi) bileşik yapar. Diğer metallerde ise belirli oranlara kadar çözünür (Fe, Cr, Mn, W gibi). Hidrojen birçok metalde çözünür, ancak Titanyum, Zirkonyum ve niobyum gibi metallerle bileşik yapar. TIG işleminde, tungsten elektrotunu oksitletmekten ancak Argon ve Helium gibi asal gazlar koruyabilir. (Amk, 1989) Bu gazlara eklenecek olan çok az miktarda Hidrojen elektroda zarar vermez ve bazı durumlarda da kaynak özelliklerini iyileştirir. Kaynak metalini ergimiş durumdayken Hidrojen ve Azot gazlarının çözünürlüğü yüksektir. Ancak, kaynak metalini soğuduğu zaman çözünürlükleri hızla azalır ve fazla miktardaki gazlar dışarı atılır. Eğer, bu gazlar soğuma sırasında çekirdeklenmişlerse metalin içinden dışarı çıkamazlar ve gaz boşluğu şeklinde kaynak hatası oluştururlar. Bu oluşum kaynak işlemi uygulanan metale göre değişmektedir. Gaz boşluğu riski, aşağıdaki şekilde çözünürlük denge eğrisi şeklinde gösterilmiştir. (örnek, Hidrojen Alüminyum içerisinde potansiyel gaz boşluğu nedenidir. Çelikte ise Azot aynı etkiyi gösterir) Kaynak şartlarında çözünen gaz miktarı denge şartlarından (15 °C) çok daha yüksektir. (Amk, 1989) Buna ilave olarak, gaz miktarı diğer alaşımlaştırma ve arkadaki diğer gazlardan etkilenir (oksijen ve Hidrojen, Azotun Çelik içindeki çözünürlüğünü etkiler.)



**Şekil 7.16 :** A lüminyum İ lçerisinde H d r o j e n Ç ö z ü n ü r l ü ğ ü n ü n S ıc a k l ı k l a D e ğ i ş i m i

Oksitleyici gazların alaşı m ele m e n t l e r i ü z e r i n d e k i e t k i s i , S i l i s y u m v e M a n g a n ele m e n t l e r i ü z e r i n d e o l d u k ç a y ü k s e k t i r . B u g a z l a r l a r e a k s i y o n a g i r e n b u ele m e n t l e r , g a z v e c ü r u f o k s i d i ş e k l i n d e o r t a m t e r k e d e r l e r v e k u l l a n ı l a n a n a m e t a l v e k a y n a k t e l i n d e i s t e n i l e n d a y a n ı m ı ç i n g e r e k l i m i k t a r ı n a l t ı n d a b i r o r a n a d ü ş e r l e r . K o r u y u c u g a z l a r ı n a k ı ş ı s ı r a s ı n d a o l u ş a n t ü r b u l a n s ( f a z l a a k ı ş y a d a g a z ı n o r t a n d a n u z a k l a ş a n m a s ı ) m a l z e m e y i a t m o s f e r d e n y e t e r i k a d a r k o r u y a m a y a c a ğ ı i ç i n i s t e n m e z . G a z ı n k o r u m a e t k i s i y o ğ u n l u ğ u v e v i s k o z i t e s i n e b a ğ l ı d ı r . A ş a ğ ı d a k i T a b l o d a k o r u y u c u g a z l a r ı n ö n e m l i b a z ı ö z e l l i k l e r i g ö s t e r i l m i ş t i r . A r g o n v e C O <sub>2</sub> g i b i y ü k s e k y o ğ u n l u k l u g a z l a r h a v a a k ı m n a d i ğ e r g a z l a r d a n d a h a a z d u y a r l ı d ı r . ( A m k , 1989)

**Tablo 7.3:** K o r u y u c u G a z l a r ı n ö n e m l i ö z e l l i k l e r i .

| El e m e n t              | İ y o n l a ş m a E n e r j i s i ( e V ) | Y o ğ u n l u k ( k g / m <sup>3</sup> ) |
|---------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|
| A r g o n                 | 15.75                                     |                                          |
| H e l y u m               | 24.58                                     | 1.691                                    |
| H d r o j e n             | 13.59                                     | 0.0960.852                               |
| A z o t                   | 14.54                                     | 1.185                                    |
| O k s i j e n             | 13.61                                     | 1.354                                    |
| K a r b o n d i o k s i t | -                                         | 1.874                                    |

#### 7.3.1.4 Koruyucu Gazların Ark Kararlılığına Etkisi

TI Gişleminde, ark iyonlaşmış gazın taşıdığı akımla oluşturulur. Gazın iyonlaşma ve ayrışma potansiyeli, ark kararlılığının göstergesidir (Tablo 1). Genel olarak düşük iyonlaşma potansiyeli kararlılığın artma eğilimi olarak gösterilebilir. İyonlaşma, arkın merkezindeki yüksek sıcaklıktan dolayı sabitlenir ve gazın termal iletkenliği ile değişir. Yüksek termal iletkenlik ark voltajının artması ve ark sütununun çapının daralmasına yol açar (TI Gişleminde, 300 Amper sabit akımda, Heliumun oluşturduğu ark voltajı Argonunkinin yaklaşık 2 katıdır) (Amk, 1989). Ark yoğunluğu, elektrod ve iş parçasının arasında oluşturulan gücü belirtir. Bu güç, koruyucu gaz tarafından etkilenir (Araştırmalara göre, Heliumca zengin karışımlar, Argona göre, arkın merkezinde daha düşük bir güç oluşturuyor. Bu durumda, düşük voltajlarda Heliumla oluşturulan kaynak arkının kararlılığını azaltır.)

#### 7.3.1.5 Koruyucu Gazların Kaynak Diş Şekline Etkisi

Koruyucu gaz, MG ve TI Gişlemlerinde diş geometrisini etkiler. Aynı akımda, Argona ayrı ayrı olarak Helium, Hidrojen ve Karbondioksit eklendiği zaman ark enerjisi artar ve toplam ergi yip birleşen alan artar. Argon saf olduğu zaman şarap kadehi şeklinde bir kaynak diş şekli oluşturur. Helium Argon karışımları ise daha derin ve oval dişler oluştururlar. Kaynak dişinin kuvvetlendirilmesi, doğru gazın seçimi ile yakından ilgilidir. Daha düz kaynak dişleri, daha az dayanım sahiptir. Ancak daha az tel sarfıyatı (özellikle Alüminyum ve paslanmaz Çelik) sağlar.

#### 7.4 Kaynak Ağız Hazırlama

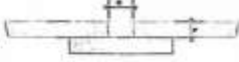
Tablo 7.4’de görülen hazırlamalar, büyük ihtimamla ve dikkatle yapılmalıdır. Eşlenen yüzler dikkatlice yerleştirilmeli, amaçları birleşecek parçalar arasındaki açıklığı en aza indirmek olmalıdır. Eksen kaymaları özellikle punta kaynağı veya mastarlar kullanılarak takip eden doğru uygulamaları tarafından elimine edilmelidir.

Alüminyum alaşımlarının yüksek ısı iletkenliğinden dolayı, kusurlu yerleştirme kaynak kenarları arasında bir ısı dengesi ziliğe neden olacaktır.

Levhalar arasındaki aşırı açıklık (>1.5 mm) gerilmeleri, aşırı şekil değiştirme ve hatta çatlamayı teşvik edebilir. 1.5. mm’li miti köksüz MG alın kaynağı için 3 ile 6 mm arasındaki metal kalınlıkları için uygundur. (Amk, 1989) Doğru ağız eşleme

yüksek kaliteli kaynaklara ulaşmak için ve özellikle yüksek kaliteli kaynaklara ulaşmak için ve özellikle sıralı gözeneği önlemek için gereklidir.

**Tablo 7.4: Ağz Hazırlama**

| YÖNTEM | KAYNAK POZİSYONU  | KAYNAK DİKİŞİ                           | KALINLIK        | HAZIRLAMA                                                                            | AÇIKLAMA                                                          |
|--------|-------------------|-----------------------------------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| TIG    | Tüm pozisyonlar   | Yalnız bir kenar                        | $0,8 < t < 1,5$ |    | Köşe sınır deformasyonu sebebiyle oluşan küçük tepelik            |
| TIG    | Tüm pozisyonlar   | Yalnız bir kenar                        | $0,8 < t < 5$   |    | Pahlı kart, paslanmaz çelik altlık, tespit edilmiş kaynak         |
| TIG    | Tüm pozisyonlar   | Yalnız bir kenar<br>sırt kaynağı mümkün | $1,5 < t < 5$   |    | Kök tarafından kaynak edilmiş serbest ağızlar                     |
| TIG    | Tüm pozisyonlar   | Yalnız bir kenar                        | $4 < t < 6$     |    | Kök tarafından kaynak edilmiş serbest ağızlar                     |
| MIG    | Tüm pozisyonlar   | Sırt kaynağı ile yalnız bir kenar       | $2,5 < t < 6$   |    | İlk pasonun üzeri kazındıktan sonra kök tarafından kaynak gerekli |
| MIG    | Tüm pozisyonlar   | Yalnız bir kenar                        | $2,5 < t < 6$   |    | Paslanmaz çelik altlık                                            |
| MIG    | Tüm pozisyonlar   | Yalnız bir kenar                        | $2,5 < t < 6$   |   | İlk pasonun üzeri kazındıktan sonra kök tarafından kaynak gerekli |
| MIG    | Yatay ve yukarıda | Yalnız bir kenar<br>üzerinde kaynak     | $6 < t < 25$    |  | Açıklık: 1,5 mm maks.                                             |
| MIG    | Yatay ve dikey    | Yalnız bir kenar<br>üzerinde kaynak     | $4 < t < 25$    |  | Yivli paslanmaz çelik altlık                                      |

## 7.5 Kaynak Dikışlerini Düzeltmesi

Kaynak dikışleri hassa bir taşla tekeri kullanılarak bir levha ile normal olarak kapak tarafından düzeltilir. Çekiçle, fırçalam ve bilye ile yüzey sertleştirme bir kaynağın yorulma dayanımını iyileştirir. (Senyen, 2000)

## 7.6 Kaynak Öncesi Yüzey Hazırlama

Bu konunun önemi sebebiyle öncelikle çalışanlara temizlik dendiğinde neyin kastedildiği açıkça anlatılmalıdır. Kaynakçı temizlik dendiğinde; her türlü yabancı maddenin kaynak yapılacak yüzeyden kaldırılması ve kaynak esnasında; ısı üfleme gibi nedenlerle tekrar geri dönme ihtimalini ortadan kaldıracak kadar uzağa götürülmesi anlaşılmalıdır.

Temizlik he men kaynak öncesi dikkatli bir şekilde yapılmalı ve kaynak boyunca temizlik konusunda aynı özen aralıkları gösterilmelidir. Temizlik ortam şartları (ısı, nem havadaki parçacık miktarı v.b.) göz önüne alınarak belirli aralıklarla tekrarlanmalıdır. Kullanılabilecek 3 çeşit temizleme metodu mevcuttur. (Senyen, 2000) Zaman zaman bu metotlar birlikte kullanılabilir.

- Mekanik temizleme
- Çözücü ile temizleme
- Kimyasal aşındırma ile temizleme

### 7.6.1 Mekanik Temizleme

Bu yöntem özellikle yüzeydeki oksidin ve yüzeye yapışan metal buharlarının giderilmesi için kullanılır. yüzeyde yağ gres gibi kirlleticiler bulunduğu ikinci (çözücü ile temizleme) metotla birlikte kullanılması tavsiye edilir.

Fırçalam, eğeleme, planyalama, taşlama, zımparalama veya Çelik yünle ovalama Alüminyum için kullanılabilecek mekanik temizleme metotlarıdır. Bu işlemlerle bütün yüzey için kullanıldığında maliyeti attıracağından sadece kaynak yapılabilecek yere uygulanmalıdır.

Fırçalama en çok kullanılan metot olup elle veya havalı takımlarla yapılabilir. Kullanılacak fırçanın kolları paslanmaz Çelik telden yapılmış olmalıdır. Fırçaların temizlenmesi her gün, kirlenme miktarına bağlı olarak çözücüye daldırılarak veya çözücü buharı kullanılarak yapılmalıdır. Bu konuda mavi-kırmızı fırça uygulaması oldukça yaygındır. Bu metotta fırça sap veya göbekleri mavi ve kırmızı renkle işaretlenir. Kırmızı fırçalar; Pazartesi, Çarşamba ve Cuma günleri, mavi fırçalar ise diğer günler kullanılır. Fırçalar toplu olarak kullanımgünleri dışında temizlenerek çalışanların devamlı temiz fırçalar kullanmaları sağlanır. Tel fırça kullanımda dikkat edilecek en önemli husus, diğer malzemelerin (Çelik, Bakır v.b.) temizliği için kullanılmış olan fırçaların Alüminyum kaynağı için kullanılmasıdır.

Alüminyum için uygun taş zımpara kullanımda iyi sonuç veren ve yaygın olarak kullanılan mekanik temizleme yöntemleridir. Bu uygulama şeklinde de tel fırçalardaki farklı malzemeler için kullanımmhususunu aynen geçerlidir.

### 7.6.2 Çözücü ile Temizleme

Bu metot, metal yüzeyi düzgün ve kirleticilerle yüzeye fazla yapışmadığında yağ, gres, kir ve gevşek parçacıkların giderilmesi için kullanılır. Çözücü parçalara püskürtme, daldırma veya parça üzerinde lif bırakmayacak bir bez vasıtasıyla silinme suretiyle uygulanır. Kullanılan çözücünün temizliği, temizlemenin etkili olması bakımından önemlidir. Kullanılacak çözücünün işçi sağlığı ve iş güvenliği açısından büyük önemi taşıdığı unutulmamalıdır. Çözücü ile çalışma esnasında ortam çok iyi havalandırılmalı ve operatör maske kullanmalıdır. Bu metot parça büyüklüğüne bağlı olarak kısmen veya parçanın tamamına uygulanır. Yüzeyde oluşacak oksit tabakasına karşı etkisizdir. Bu nedenle mekanik temizleme ile birlikte kullanılabilir.

### 7.6.3 Kimyasal Temizleme

Kimyasal temizleme metodunda en az 6 banyo kullanılır. Bunlar;

- Yağ giderici
- Durulama
- Oksit giderici
- Durulama

Kimyasal temizlemenin, gerektiğinde ve gerekse kendi başına yeterlik yönünden diğer metotlarla karşılaştırıldığında çok daha iyi sonuç verdiği görülür. Ancak gözeneğe neden olabilecek Hidrojen içeren herhangi bir oksitten kaçınmak için yeterince kurutmaya dikkat edilmelidir. Bu amaçla durulama sonrası parçaların 40 °C sıcaklıktaki su banyosuna daldırılması, ilk bakışta masraflı bir işlem görünse de önleyeceği problemler yüzünden iyi bir uygulamadır. (Senyen, 2000)

## 7.7 Kaynak Metali Özellikleri

Kaynak metali özellikleri genellikle dolgu malzemesi tarafından kontrol edilse de, koruyucu gazlar kişinin dayanımını, aşağıdaki şartları etkileyerek değiştirebilir.

- Porozite Kontrolü
- Birleşim özelliklerinin kontrolü
- Alaşım elementlerinin kontrolü
- Mikro yapının kontrolü

Porozite (gözenek ), kesit alanında azalma yaratarak kaynak dikişinin mekanik dayanımlarını etkiler ve doğru, yeterli miktarda koruyucu gaz seçildiği zaman ini ni mize edilebilir. Alaşım elementleri, MIG işlemi süresinde (iş parçası ve kaynak telinde) ortamdan gazlaşma ve yanma yolu ile uzaklaştırılabilirler. Bu durumdan Titanyum ve Zirkonyum gibi reaktif metaller çok fazla etkilenir. Ayrıca alaşım elementi olarak bu metaller ana malzemenin dayanımını oldukça etkilerler. Azalmaları olumsuz etki yaratır (Çelikte Mangan, Nikel ve Silisyum bulunması gibi). Kaynak metalindeki en son bileşim koruyucu gazın oksitleme potansiyeline bağlıdır ve asal ortamın çok önemli olduğu ortamlarda kaynak telinin bileşimi bu yolla etkilenir. Mikro yapı üzerindeki etkisi ise soğuma hızı ve metalin kimyasal yapısına olana etkisi ile açıklanabilir. Örneğin, bazı ferritik Çeliklerde oksitleme potansiyeli yüksek olan gazların kullanılması kaynak dikişinin tokluğunu artırır (MIG kaynağında). Bunun nedeni gazın etkisi ile ince olumlu ferrit tanelerinin oluşumudur. Ancak, oksitleme etkisi çok yüksek olursa ( %35-40 CO<sub>2</sub>, % 60-65 Argon) kaynak dikişinde aşındırıcı etki den dolayı, mekanik dayanımlar azalacaktır. (Mimik ve Akbaş 1992)

## 7.8 Kalite Kontrol

Kalite kontrol, imal ettikleri ürünlerin kalitesini sorgulamak için ve özel olarak tanımlanmış hataların kabul edilir bir seviyesine karşı kaynaklanmış bir bağlantının kalitesini derecelendirme için imalatçılara imkan verir.

Kabul edilebilir hataların seviyesi aşağıdakiler tarafından saptanır;

- Yükün tipleri ve yönleri (statik ve dinamik)
- Gerilmedeki seviyeler ve değişimler
- Personel için mümkün tehlikeler
- Kaynak edilmiş yapının başarısızlığın teknik ve finansal etkisi
- Rutin işlemsel muayene ve kontrol imkanı

### 7.8.1 Onay Prosedürleri

Onay prosedürler müşteri ile tedarikçi arasında kontratlı şekilde veya imalatçı tarafından kendi keline ayarlanmış şekildedir. Kaynakçılar sertifika sahibi ve kalifiye olmalıdır. İşe başlamadan önce, bir sınıflandırma derneğinin uygulamaya şifresi veya kabul edilmiş bir standart doğrultusunda çizilmiş bir kaynak programı içinde kaynak parametreleri belirlenmelidir.

### 7.8.2 Kaynak Edilmiş Bağlantıların Muayene Edilmesi

Kaynak edilmiş bağlantılarda yapılan muayenenin tipi doğal olarak kaynak parçasının iş hızına bağlı olacaktır.

- Boya nüfuzi yet testleri, bunlar kaçakların ve acil çatlakların tespiti için önemlidir.
- Kaynak şekil testleri
- Radyografi, uç bağlantılarda iç hataları (gözenek, çatlak gibi) tespit etmek için kullanılır (Senyen, 2000)

### 7.8.3 Kaynak Hataları

Aşağıdaki Tabloda bazı yaygın kaynak hatalarını ve muhtemel nedenlerini göstermektedir. (Senyen, 2000)

**Tablo 7.5:** Kaynak Hataları ve Nedenleri

| HATA                 | MUHTEMEL NEDEN                          |
|----------------------|-----------------------------------------|
| Geometrik kusurlar   | Kaynak hızı çok yavaş                   |
| Aşırı taşkınlık      | Kaynak hızı çok yavaş                   |
| aşırı nüfuzi yet     | Düşük ark gerilmesi                     |
| Düzgünlük            | Yüksek ark gerilmesi                    |
| Yanma olma           | Kaynak hızı çok yavaş                   |
| Yetersiz nüfuzi yet  | Düşük akımlı ddeti                      |
| Yetersiz nüfuzi yet  | Kaynak hızı çok hızlı                   |
|                      | Yetersiz şekilde hazırlanmış ağızlar    |
|                      | Yüksek ark gerilmesi                    |
| Yetersiz Birleşme    | Yüksek ark gerilmesi                    |
|                      | Ağız çok dar                            |
|                      | Hızlı yapılmış çok pas                  |
|                      | Düşük akımlı ddeti                      |
|                      | Parça aşırı soğuk                       |
| Tungsten kalıntıları | Küçük elektrot çapı                     |
|                      | Yanlış elektrot malzemesi               |
|                      | Kaynakçı tarafından yetersiz ele alınma |
| Diğer kalıntıları    | Tel fırça parçacıkları                  |

|                   |                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dİ ğer kalırtılar | Altlık karışması<br>Pasolar arası kötü temizlik                                                                                                                                                                        |
| Dağılık gözenek   | Kaynak öncesi parçaların uygunsuz şekilde yağın gi der ne<br>İlave mal ze ne kaplanmamış veya ne ni<br>İş parçası ne ni<br>Yet ersiz gaz koruması<br>Soğuk parça üzerinde başlanmış paso<br>Yüksek ark geril me        |
| Sıralı gözenek    | Yet ersiz nüfuzi yet                                                                                                                                                                                                   |
| Sıralı gözenek    | Altlık a parça arasında sıcaklık dağılı mın düzgün ol mayışı<br>Aşırı kök aralığı                                                                                                                                      |
| Çatlaklar         | Yanlış nüfuzi yet<br>İlave mal ze menin yanlış uygul anması (6000 serisi)<br>Uygun ol mayan esas metal<br>Aşırı tespit<br>Ani soğuma<br>Kaynak parçası üzerinde başlanmış paso<br>Paso sonunda arkın ani söndürül mesi |

## 7.9 Kaynak Çubukları ve Kaynak Kabiliyetleri

Al ümi nyum ve alaşı mlarının kaynağında kullanılan kaynak çubuklarının esas mal ze ne ile aynı ki nyasal bileşi mde ol ması gerekir. Farklı bir alaşı mseçildi ği zaman, geçiş böl gesinde bazı hatalar meydana geldi ği gibi, farklı ergi ne dereceleri dolayısıyla kaynak işle mi de zor yapılır. Aynı zamanda çeşitli ele manların birbirleriyle temasları neticesi korozyonu doğuran neden ortaya çıkar.

Saf Al ümi nyum kaynağında aynı alaşı mlı veya az miktarda titan ihtiva eden alaşı mlar kullanılır. Titan ince taneli bir yapının meydana gel mesi ne neden olur.

Saf metaller, sabit bir ergi ne veya katılaşma sıcaklığına sahiptir. Buna karşılık alaşı mlar bir katılaşma veya ergi ne aralığına sahiptir. Bu aralığı ergi ne ve katılaşma eğrileri sınırlandırılmıştır. Alaşı mlar, kısmen sıvı kısmen de katı hal dedirler. Alaşı mların kaynak kabiliyeti de bu aralığın büyüklüğüne bağlıdır. Al ümi nyu

alaşımlarından ergime aralığı büyük olanlar zor ve küçük olanlar da kolay kaynak yapılabilir. Yani alaşım içersindeki bulunan alaşım elementlerinin yüzde miktarı arttıkça, kaynak kabiliyetleri de zorlaşır. Fakat ötektik alaşımlarda öyle değildir. Zira ötektik alaşımlarda da saf metaller gibi belirli sıcaklıkta ergir ve katılaşır.

Soğuk çekilen veya ısıtılıp sertleştirilen bir malzemenin kaynağından, alevin etkisiyle diğışinin yanındaki bölgelerde mekanik özellikler kötüleşir. Bunun sonucu olarak yumuşamış bölge oluşur. Bu yumuşayan bölgenin genişliği, sacın kalınlığına ve kaynağın icra şekline bağlıdır. Bu genişlik ortalama 40-80 mm 'dir. **Çam ve Koçak (1999)**

#### 7.10 Alüminyum Alaşımlarının Kaynak Kabiliyeti

Alüminyum ve alaşımlarının kaynak kabiliyeti- aşağıdaki iki olay ile açıklanabilir.

- Yüzeyde, Alüminyum daha güç eriyen ( $2030^{\circ}\text{C}$ ) ve yoğunluğu daha yüksek olan alümin ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) oluşması, metal ve alaşımlarının kaynağa elverişli olmasına neden olmaktadır. (Ank, 1989) Bunun varlığı, diğışinin devamlı olmasını sağlayacak erişmiş dahlacıların bağ oluşturmalarına engel olmaktadır. Bu zorluğu ortadan kaldırmak için, alümini eriten ve temizlenmesi kolay olan, bir cüruf oluşturan özel bir örtü kullanılır.

- Bazı alaşımlarda kaynak esnasındaki ısı çevrimi ana katı eriyik içinde bulunan bileşenlerin erimiş bölge veya esas malzemede çökelmesine neden olmaktadır. Bu çökelme, mekanik özellikleri ve kimyasal etkilere karşı dayanıklılığı azaltmaktadır.

Dövme alaşımlar; koruyucu gaz altında kolaylıkla kaynak edebilir. Isıl işlem görmemiş alaşımlara el kaynağı yapıldığı zaman, mukavemetleri, kaynak yapılmamış aynı alaşıma göre daha düşük olmaktadır. Bilindiği gibi kaynak yerinde üç ayrı bölge oluşur. Eriye bölgesi-ısıdan etkilenmiş bölge-ısıdan etkilenmemiş bölge (değişikliğe uğramayan bölge).

Isıl işlem görmüş alaşımlarda, tel halinde çekilebilme özelliği düşmektedir. Kaynaktan sonra yaşlandırma sertleşmesi yapılırsa dayanıklılık artar.

### 7.11 Alüminyum ve Alaşımlarının Kaynağı Neden Çelik Kaynağından Zordur?

- Alüminyum yüzeyinde gerek sıvı gerekse katı halde iken havada kaldığı süre zarfında gayet ince ve sıkı bir Alüminyum oksit tabakası meydana gelir. Bu oksit tabakasının özgül ağırlığı Alüminyumdan küçük olduğu için daima kaynak esnasında erimiş banyonun üzerini örter. Bu suretle kaynak çubuğundan ergiyerek düşen damlalarını içeriye doğru nüfuz etmesine engel olur.
- Saf Alüminyum erime sıcaklığı 658 °C ve alaşımlarınki ise 575-650 °C de eridiğinden kaynak esnasında oksit tabakasını ortadan kaldırmak için büyük bir sıcaklığa ihtiyaç vardır. (Senyen, 2000) Kaynak esnasında oksit tabakasını eritmeye çalışırken, Alüminyum eriyerek akmasına neden olur.
- Çeliklerde malzeme tavlandıktan sonra kırmızı renk alır. Oysa Alüminyum ve alaşımları kırmızı rengi almaz. (Senyen, 2000) Kullanılırsa kaynağa başlama zamanı kesin olarak kabul edilemez. Bu nedenle Alüminyum ve alaşımlarının kaynağında açık renkli gözlük kullanmak gerekir.
- Alüminyum ısı iletkenliği, demirden yaklaşık olarak üç defa daha büyüktür. Bunun için kalan parçaların kaynağında işlemden önce bir ön ısıtmaya gerek vardır. (Senyen, 2000)
- Alüminyum ısı genleşme katsayısı da demire nazaran yaklaşık iki defa daha büyüktür. Dolayısıyla kaynak esnasında büyük şekil deformasyonları meydana gelir. Bu şekil deformasyonları ve iç gerilmelerin ortaya çıkmasına neden olur.

### 7.12 Alüminyum Alaşımlarının Kaynağında Dikkat Edilecek Hususlar

Alüminyum ve Alüminyum alaşımlarının kaynağı, diğer metallerin kaynağı için kullanılan metotların çoğu ile kaynak edilebilir. Ancak Alüminyum ve alaşımlarının kaynağında en çok kullanılan metotlar koruyucu gaz ark kaynak metotlarıdır. Bu nedenle bu çalışmada özellikle GMAW ile ilgili hususlar üzerinde durulmuştur. Alüminyum kaynağını etkileyen ana karakteristikler; Hidrojen çözünübilirliği, Alüminyum oksit, ısı iletkenliği, ısı genleşme ve katılaşma çekmesi ve renk deformasyonlarıdır.

Alüminyum temizliği dendiğinde iki konu anlaşılır. Birincisi; bütün nem ve hidrokarbonların yüzeyden uzaklaştırılması, ikincisi ise oksit temizliğidir.

Anlaşılması gerekenlerden biri, yüzeydeki nem veya hidrokarbonun ark vasıtasıyla ayrılarak Hidrojen meydana getirebileceğidir. Hidrojen ergimiş Alüminyumda aşırı miktarda çözülebilir. (Senyen, 2000) Bu nedenle katılaşma esnasında kaynak diğışi içinde kalabilir. Bu Alüminyum kaynak diğışlerindeki gözenegin ana sebebi dir. Temizlik açısından yüzeydeki her türlü nem kaynağı, işleme ve biçimlendirme yağları yüzünden uzaklaştırılmasıdır. Bu maddelerin hemen yüzeyden uzaklaştırılması ile Alüminyum kaynağındaki gözenegin ana sebebi yok edilmiş olur. Bir diğđer husus ilave metalin temizliğidir. İlave metalin anbarlanması ve taşınmasının önemi sıkça göz ardı edilir. Aynı nedenlerden dolayı ilave metal plakalar gibi ele alınmalıdır. Alüminyum tel besleyicilerin çoğunda makaralar normal tel kirleticilerden korunmak maksadıyla kapalı bir bölümde muhafaza edilir. Alüminyum ilave metal kuru ve yağlayıcılardan uzak olarak muhafaza edilmelidir. Alüminyum kaynağı, ayrı bir disiplin gerektirir. Kaynakçılara verilecek temel ve ara eğitimiyle bu disiplinin anlayışı kalıcı hale getirilmelidir.

#### 7.12.1 Çarpılma

Alüminyum ve Alüminyum alaşımlarının kaynağı esnasında, gerekli ısı iletkenliği ve buna bağlı olarak ısı girdisinin, gerekse Alüminyumda sıvı halden katı hale geçme sırasında hacim kaybının çeliğe göre daha fazla olması sebebiyle doğal olarak çarpılma daha çok olur. Çarpılmanın azaltılması için yapılacak çalışmalar tasarımı sırasında kaynak ağzlarının tespiti ile başlayıp atölye çalışmaları ile devam eder.

Çarpılmanın önlenmesi için çokça kullanılan bir diğđer yöntem ise hidrolik veya mekanik kriko lar vasıtasıyla ön gerilme vermektedir. Bu yöntem ancak çarpılma yönü belli olan uygulamalar için kullanılabilir. Ön gerilme miktarı çoğunlukla deneysel yöntemle belirlenir. Verilecek ön gerilme miktarını sınırlayan ana etken kaynak diğışlerinin sıcak çatlama riskidir. Aynı kaynaklı yapı üzerinde otomatik ve yarı otomatik kaynak diğışleri yer alıyorsa otomatik kaynak diğışlerinin öncelikli atılması çarpılma miktarını düşürmeye büyük ölçüde yardımcı olacaktır. (Senyen, 2000) Sonuç olarak çarpılma tam anlamıyla önlemek çoğu zaman mümkün değildir. Bu nedenle gerektiğinde parçalar, presler veya kriko lar kullanılarak doğrultulmalıdır. Alüminyum kaynaklı yapılarda doğrultma işle mi, kritik

işlemler sınıfına girer. Doğrultma işlemi, doğrultma miktarına bağlı olarak kaynak dikeylerinde çatlamaya neden olabilir. Bu çatlakların gözle muayene esnasında gözden kaçma ihtimali yüksektir. Bu nedenle doğrultma işlemi sonrası penetrant test uygulaması gereklidir.

#### **7.12.2 Şekil Değiştirmenin Nedenleri**

Bir dikeyin çoğunlukla kaynağın ucunda büzüldüğü, yani uç bölgelerde en büyük şekil değiştirmenin meydana geldiği çok iyi bilinmektedir. Minkün oldukça, daha çok gerilmenin açığa çıkması için iş parçasının dış tarafına doğru kaynak yapmak esastır. (Senyen, 2000) Aksi takdirde, kaynak ile parçanın ortasını kaplanarak büzülme gerilmeleri engellenmiştir ve sonuç olarak şekil değiştirme daha büyük olacaktır. Son kraterde herhangi bir çatlama tehlikesini önlemek için kaynağın ucu bitirilmelidir.

Delme etki; normal olarak tasarım hatası nedeniyledir. Bir tankın içindeki yada derin çekilmiş yada bükülmüş tankın altına kaynaklanmış bölme duvarı örneğini ele alırsak, bu yaklaşım kaynak büzülmesinden dolayı oluşan delme problemi önlemelidir ve şekil değiştirmeyi en aza indirmelidir.

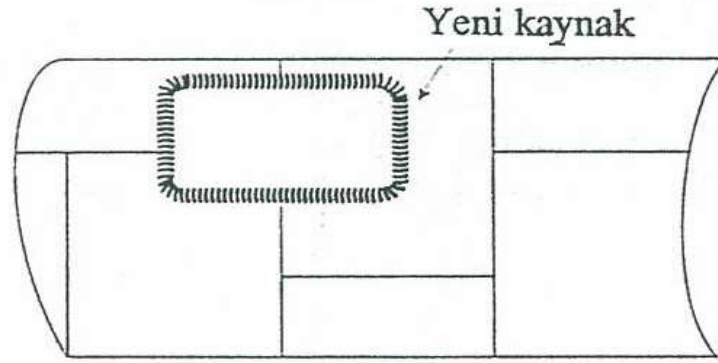
Benzer olarak sertleştirilmiş olmak zorundaki bir tank gövdesinde, kaynak büzülmesinden dolayı delmenin etki tarafından oluşan şekil değiştirmeyi önlemek için tankın kabuğu ile sertleştirici arasında bir destek plakası yerleştirilmelidir.

#### **7.13 Alüminyum Kaynak Onarım Yapılırken Dikkat Edilecek Hususlar**

Onarım yapılırken;

- parçaları tutmak,
- açıklıkları kontrol etmek için birleşecek parçaları desteklemek,
- kaynak yönüne özel dikkat etmek. Bunun amacı şekil değiştirmeyi sınırlandırmak ve sıcak çatlama riskini en aza indirmektir. Kaynak dikeyindeki hacim büzülmesi ortam sıcaklığında sıvı durum ile katı durum arasında yaklaşık %6'dır. (Amk, 1989) Bu da çatlama riskine neden olan olaydır,
- bir orijinal kaynak üzerinde geri gitmekten kaçınmak için kaynaklarının yolunu değiştirmek,

- gerekli testleri yapmak, örneğin radyografi, boya nüfuziyeti, vs,
- doğru kaynak yöntemini seçmek (TIG veya MIG). TIG kaynağı, arkadan ulaşmanın mümkün olmadığı ufak onarımlar için kullanım daha kolay olduğundan ve MIG kaynağında daha iyi nüfuziyet kontrolüne izin verdiği için tercih edilir.



**Şekil 7.17 : Kaynak Onarım**

Piyasada, 20 kg' dan daha az ağırlığa sahip, 160 A civarında bir kaynak akım kapasiteli taşınabilir TIG kaynak makineleri mevcuttur. Bu makineler küçük ve yerel onarımlar için tercih edilmektedir.

#### **7.14 Alüminyum Kaynağında Atmosfer Şartlarının Etkileri**

Bir çok imalatçı yılın farklı zamanlarında kaynak problemleri ile karşılaşır. Nem ( $H_2O$ ) kaynak esnasında en önemli hidrojen kaynağıdır. Ark sıcaklıkları, suyu parçalayarak kaynaklı yapılarda gözeneğe neden olan hidrojen açığa çıkarır.

Koruyucu gaz içindeki nem miktarı çok düşüktür. (çiğ noktası  $70^\circ F$  veya daha düşük). (Amk, 1982) Aynı şekilde imalat tesisinde atmosfer şartları, tel elektrot veya esas metal üzerinde nemyoğuşmasını önlemek için kontrol altında tutulmaktadır.

Defalarca su ile temas etmesine izin verilen Alüminyum üzerinde hidrojen içeren oksit ( $AlOH$ ) oluşur. (Davis, 1987) Tel elektrot veya esas metal üzerinde yoğunlaşan nem kaynak esnasında iki probleme neden olur.

- Su veya metal yüzeyinde bulunan hidrojen içeren oksidin parçalanması ile ortaya çıkan hidrojenin neden olduğu gözenek

- Metal yüzeylerinde mevcut oksit in (  $Al_2O_3$  ) kaynaklı yapıda hapis ol ması

#### 7.14.1 Nem Yoğuş ması

Kaynak yapılan bölgede bağıl nem mümkün olduğunca düşük tut ulmalıdır. Kı myasal daldır na tankları temizleme istasyonları ve hatta yerlerini sılatılarak süpürül mesi dahi nem miktarını artırır. Ç ığ noktasına bağılı olarak sıcaklık ve bağıl nem miktarı Tablo 7.6'da verilmiştir. Örneğin, kaynak yapılan bölgede bağıl nem %70 olduğunda nem yoğunlaş masını önlemek için tel elektrot veya esas metal sıcaklığı ortam sıcaklığından 5°C den daha soğuk olmalıdır. (Senyen, 2000)

**Tablo 7.6:** Bağıl Neme Karşılık Gelen Ç ığ Noktası

| (Ta- Tm) |      | Bağıl Nem | (Ta- Tm) |      | Bağıl Nem |
|----------|------|-----------|----------|------|-----------|
| C°       | (F)  | %         | C°       | (F)  | %         |
| 0        | 0    | 100       | 12       | 21,6 | 44        |
| 1        | 1,8  | 93        | 13       | 23,4 | 41        |
| 2        | 3,6  | 87        | 14       | 25,2 | 38        |
| 3        | 5,4  | 81        | 15       | 27   | 36        |
| 4        | 7,2  | 75        | 16       | 28,8 | 34        |
| 5*       | 9,0* | 70*       | 18       | 32,4 | 30        |
| 6        | 10,8 | 66        | 20       | 36   | 26        |
| 7        | 12,6 | 61        | 22       | 39,6 | 23        |
| 8        | 14,4 | 57        | 24       | 43,2 | 21        |
| 9        | 16,2 | 53        | 26       | 46,8 | 18        |
| 10       | 18   | 50        | 28       | 50,4 | 16        |
| 11       | 19,8 | 48        | 30       | 54   | 14        |

(Ta- Tm) C° ve F olarak hava metal sıcaklık farkı

Bağıl nem, atmosferde mevcut su buharı miktarının, mevcut sıcaklıkta havayı doyuracak miktara oranıdır.

Ç ığ noktası; havada yer alan su buharının yoğunlaş mayaya başladığı sıcaklıktır.

Hava sıcaklığı; istenen herhangi bir anda kaynak hattında ölçülen hava sıcaklığıdır.

Metal veya tel elektrot sıcaklığı; istenen herhangi bir anda tel elektrot veya esas metal üzerinde ölçülen sıcaklıktır.

#### 7.15 Esas Metal ve Elektrotun Depolan ması

##### 7.15.1 Esas Metalin Depolan ması

Esas metal üzerinde su lekelenmesi olarak da bilinen Hidrojen içeren oksidin oluş masını önlemek için plakalar kuru yerde muhafaza edil melidir. Özellikle yağışlı havalarda kapılar açık bırakılmalıdır ve ambarların ortamında nem ve sıcaklık

farkının yükselmesine dikkat edilmelidir. Aksi takdirde metal havadaki sıcaklık değişim hızı farklı olacağından plaka yüzeyinde nem yoğunlaşacaktır. Bu olay sadece yağışlı havalarda olmayıp nem sıcaklık ve zaman değişkenlerine bağlı olarak her zaman meydana gelebilir.

- Plakalar üzerinde herhangi bir yoğunlaşma görüldüğünde derhal giderilmelidir.
- Plakalar arasına ince elemanlar konarak plakalar birbirinden ayrılıp aralarından hava geçişi sağlanmalıdır.
- Ambarlama alanı müsaade ettiği takdirde plakalar dik ve aralıklı muhafaza edilmelidir. (su ile teması en aza indirmesinden dolayı tercih edilir).
- Lekelenme ( $Al(OH)_3$ ) söz konusu olduğunda kaynak öncesi bir kısım malzeme kalınlığına bağlı olarak aşındırıcı lifli malzemelerde veya zımpara ile mekanik olarak giderilmelidir.

#### 7.15.2 Tel Elektrotların Depolanması

Tel elektrotlar için belirlenmiş kesin bir raf ömrü olamakla birlikte genellikle inalatçı firmalar paketler açılmadığı müddetçe normal ambarlama koşullarında elektrotların 8 ay saklanabileceğini belirtmektedirler. Elektrotların muhafazası için şartlandırılmış odalar kullanıldığında, çok daha uzun süreler kullanıldığı, ambarlama koşullarına dikkat edilmediği çok kısa sürede bozulduğu bilinen bir gerçektir.  $12^{\circ}C - 20^{\circ}C$  sıcaklık ve %45-60 maksimum nem ortamı elektrot saklama için ideal bir ortamdır. (depolama sıcaklığı  $10^{\circ}C$  altına düşmemelidir). (Senyen, 2000)

- Elektrotlar daha soğuk bir ortamdan kullanım bölgesine alındığı takdirde 24 saat sonra orijinal paketinden çıkarılmalıdır.
- Özellikle tek var ya çalışaniş yerlerinde kullanımdaki elektrotlar mesai bitiminde çıkarılarak nem kontrollü kabinlere alınmalı tüm gece boyunca atmosfer koşullarına maruz bırakılmamalıdır.

#### 7.16 Alüminyum Dövme ve Dökme Parçalarının Kaynağı

Çoğu Alüminyum dövme parça kaynak edilebilir. Dövme olanlar (plaka, tabla, ekstrüzyon, dövme, çubuk, bar ve darbeli ekstrüzyon) olabildiğince iyi, kum ve kokil dökümleri ise normal kaynak edilebilir. Alışlagelmiş kokil dökümleri kaynak edildiğinde iç gazlar sebebiyle kaynak ve kaynağa bitişik esas metalde aşırı gözenek meydana gelir. Bununla beraber vakum altında kalıp döküm kaynak

yapıldığında mükemmel sonuç verir. Toz metalürjisi ile imal edilen parçalarda kaynak esnasında iç gazdan dolayı gözenek oluşabilir. Bir Alüminyum alaşımlarının kaynak edilebilirliği tayininde şekillendirilmiş alaşımların bileşimi alaşımların biçiminden daha çok fazla önemlidir. Dövme esas alaşımların fiziki özellikleri ve bağlı kaynak edilebilirlik dereceleri Tablo 7.7 ve Tablo 7.8’de verilmiştir. Yaygın döküm alaşımları için benzer veriler Tablo 7.9 ve Tablo 7.10’de sıralanmıştır. **Çam ve Koçak (1999)**

**Tablo 7.7:** Isıl İşleme Tabi Tutulan Şekillendirilmiş Alüminyum ve Alaşımların Fiziksel Özellikleri ve Kaynak Edilebilirlikleri

| Esas Alaşım | Yaklaşık ergime aralığı °C | 25 °C’de ısı iletkenlik W/m.k | Elektrik iletkenliği (a) % ACS | Kaynak edilebilirlik(b) |         |             |       |         |
|-------------|----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------|---------|-------------|-------|---------|
|             |                            |                               |                                | Gaz                     | Toz Ark | Asa Gaz Ark | Drenç | Basıncı |
| 2014        | 507-593                    | 154                           | 40                             | X                       | C       | B           | B     | C       |
| 2024        | 502-638                    | 121                           | 30                             | X                       | C       | C           | B     | C       |
| 2090        | 560-643                    | 88                            | 17                             | X                       | X       | B           | B     | C       |
| 2219        | 543-643                    | 121                           | 30                             | X                       | C       | A           | B     | C       |
| 2618        | 549-638                    | 161                           | 37                             | X                       | C       | B           | B     | C       |
| 6009        | 560-649                    | 167                           | 44                             | C                       | C       | B           | B     | B       |
| 6013        | 579-649                    | 150                           | 38                             | C                       | C       | B           | A     | B       |
| 6061        | 582-652                    | 167                           | 43                             | A                       | A       | A           | A     | B       |
| 6063        | 616-654                    | 200                           | 53                             | A                       | A       | A           | A     | B       |
| 6101        | 621-654                    | 218                           | 57                             | A                       | A       | A           | A     | B       |
| 6262        | 582-652                    | 172                           | 44                             | C                       | C       | B           | A     | B       |
| 6351        | 596-652                    | 176                           | 46                             | A                       | A       | A           | A     | B       |
| 6951        | 616-654                    | 198                           | 52                             | A                       | A       | A           | A     | A       |
| 7005        | 607-646                    |                               |                                | X                       | X       | A           | A     | B       |
| 7039        | 577-638                    | 154                           | 34                             | X                       | X       | A           | A     | B       |
| 7075        | 477-635                    | 130                           | 33                             | X                       | X       | C           | B     | C       |
| 7079        | 482-638                    | 125                           | 32                             | X                       | X       | C           | B     | C       |
| 7178        | 477-629                    | 125                           | 31                             | X                       | X       | C           | B     | C       |

a) 20 °C’da eşdeğer hacim

b) Kaynak edilebilirlik derecesi: A kolayca kaynak edilebilir; B çoğu uygulamalarda kaynak edilebilir, ancak özel teknik veya ilave metal alaşımı gerektirir; C sınırlı kaynak edilebilir; X tavsiye edilmeyen metaldir.

**Tablo 7.8:** Isıl İşleme Tabii Tutulmayan Döküm Alüminyum Alaşımlarının Fiziksel Özellikleri ve Kaynak Edilebilirlikleri

| Esas Alaşı m    | Yaklaş ı k ertg ne arad ı ğ °C | 25 °C de Isı l ı l ı tkenlik W m k | E l e k t r i k İ l ı t k e n l i ğ i (a) %IACS | Kaynak ed i l e b i r l i k (b) |     |              |        |         |
|-----------------|--------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------|-----|--------------|--------|---------|
|                 |                                |                                    |                                                 | Gaz                             | Toz | Asal Gaz Ark | Ö renç | Bası nç |
| Ku m dökü m     |                                |                                    |                                                 |                                 |     |              |        |         |
| 208.0           | 521-632                        | 121                                | 31                                              | C                               | C   | B            | B      | X       |
| 443.0           | 577-632                        | 1746                               | 37                                              | A                               | A   | A            | A      | X       |
| 511.0           | 588-638                        | 141                                | 36                                              | X                               | X   | A            | A      | X       |
| 512.0           | 588-632                        | 146                                | 38                                              | X                               | X   | B            | B      | X       |
| 514.0           | 599-638                        | 137                                | 35                                              | X                               | X   | A            | A      | X       |
| 535.0           | 549-632                        | 99                                 | 23                                              | X                               | X   | A            | A      | X       |
| 710.0           | 599-649                        | 137                                | 35                                              | C                               | C   | B            | B      | X       |
| 712.0           | 599-638                        | 159                                | 40                                              | C                               | C   | A            | B      | X       |
| Kok il dökü m   |                                |                                    |                                                 |                                 |     |              |        |         |
| 208.0           | 521-632                        | 121                                | 31                                              | C                               | C   | B            | B      | X       |
| 238.0           | 510-599                        | 104                                | 25                                              | C                               | C   | B            | A      | X       |
| 443.0           | 577-632                        | 146                                | 37                                              | A                               | A   | A            | A      | X       |
| A444.0          | 577-632                        | 159                                | 41                                              | A                               | A   | A            | A      | X       |
| 513.0           | 582-638                        | 133                                | 34                                              | X                               | X   | A            | A      | X       |
| 711.0           | 599-643                        | 159                                | 40                                              | B                               | B   | A            | A      | X       |
| Ka l ı p dökü m |                                |                                    |                                                 |                                 |     |              |        |         |
| 360.0           | 571-588                        | 146                                | 37                                              | C                               | X   | C            | B      | X       |
| 380.0           | 521-588                        | 108                                | 27                                              | C                               | X   | C            | B      | X       |
| 413.0           | 577-588                        | 154                                | 39                                              | C                               | X   | C            | B      | X       |
| 518.0           | 538-621                        | 99                                 | 24                                              | X                               | X   | C            | B      | X       |

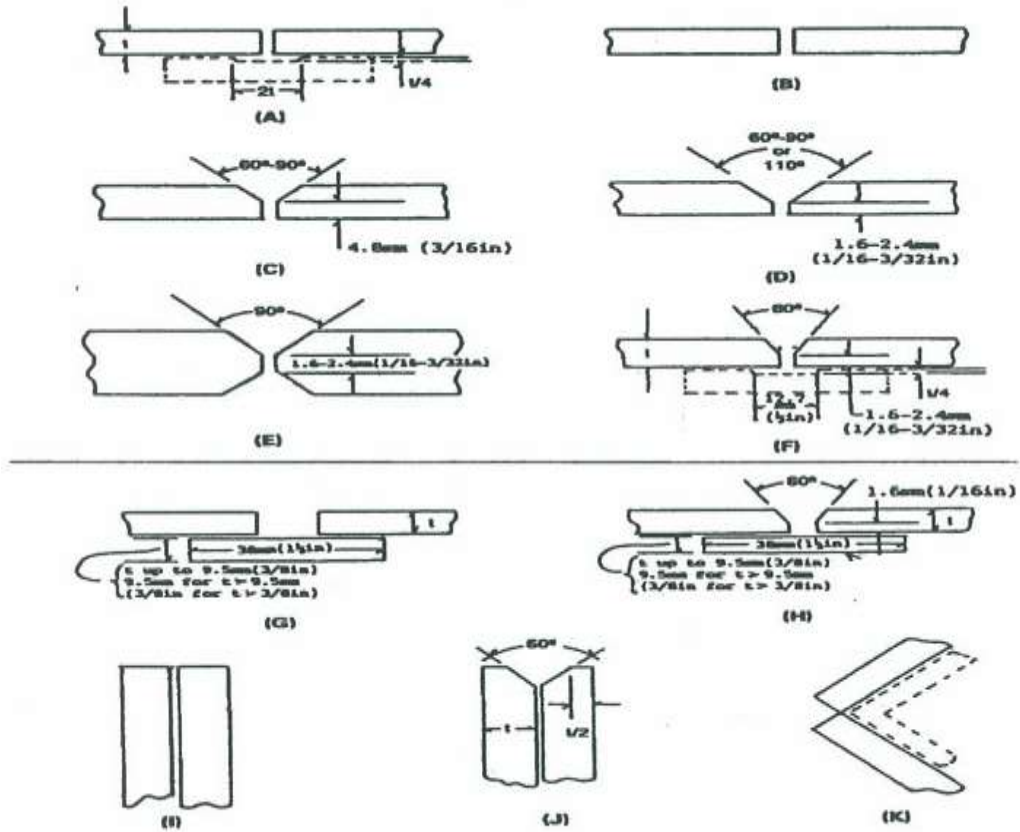
a) 20 °C' de eşdeğer hacim

b) Kaynak edilebilirlik derecesi: A kolayca kaynak edilebilir; B çoğu uygulamalarda kaynak edilebilir, ancak özel teknik veya ilave metal alaşım gerektirir; C sınırlı kaynak edilebilir; X tavsiye edilmeyen met.

### 7.17 Birleştirme Tasarım

GMAW ve GTAW işlemleri kullanılarak yapılan Alüminyum birleştirmeleri için tipik birleştirme geometrileri şekil 7.18'de gösterilmiştir. GTAW ile iyi nüfuziyet kontrolü elde edilebildiğinden kaynaklar, altlık kullanmaksızın tek taraftan yapılabilir. GTAW işlemini mekanize edildiğinde ve elle veya mekanik araçlar vasıtasıyla GMAW işlemini kullanıldığında, tek taraftan kaynak için oluk açılmış geçici altlıkların kullanımı düzgün bir nüfuziyet kontrolü için çok kullanışlıdır. Çift taraftan kaynak yapıldığında ilk pasoya bir köşebent veya çubuk vasıtasıyla destek verilebilir. Her iki durumda da kaynak metalinin sağlanması için ilk kök pasoda uygulanmadan önce kök açmak gerekir.

GMA Wi için eğim açısı  $60^\circ$  olan V kaynak ağzı standarttır. GTAW için eğim  $60^\circ$ 'den  $90^\circ$ 'ye kadar değişir ve kaynak ağzı açılmış tavan kaynaklarında kök pasonun korunması için en az  $110^\circ$  eğim açısı gerekir. (Connor, 1991) Büyük açılar, kök pasonun korunması için birleştirme yeterli koruyucu gazı sağlayacak gaz nozulunu çıkışına müsaade etmeli dir.



Şekil 7.18 : GTAW ve GMAW için Tipik Birleştirme Geometrilere

### 7.17.1 Alüminyum Malzeme de Görülen Başlıca Tasarım Hataları

Kural olarak metalik yapı tasarımları Çelik malzemeler kullanarak tasarımı öğrenirler. Buna rağmen Alüminyum tasarımı sırasında mühendis, Çelik veya başka bir malzeme ile olan önceki tasarımlarını esas almalıdır.

Alaşımları, uygun birleştirme tasarımı ve en uygun kaynak işlemi seçimi esas malzemenin tüm fonksiyonu olabilir. Alüminyum diğer malzemeler gibi mekanik ayni kanunlara uyarken kaynak edildiğinde Çelikten farklı sonuçlar vereceği

unutulmamalıdır. Alüminyum yapılar Çelik yapılardan daha zor tasarımı veya kaynak gerektirmez, sadece farklıdır.

Alüminyum ağırlıktan tasarrufun önemli olduğu uygulamalar için yapısal malzeme olarak sıkça seçilir. Mühendis çok sık olarak mevcut alaşımların en yüksek mukavemetlisini seçer. Bu çeşitli nedenlerden kötü bir tasarım uygulamasıdır. Birincisi; kritik tasarım sınırlarının çoğu yapılar için etki derecesi çok fazla saptır. Böyle durumlarda tasarım etkileyen, çekme özellikleri değil elastik katsayısıdır. Zayıf ve kuvvetli benzer çoğu Alüminyum alaşımlarının katsayısı, yaklaşık olarak aynıdır (Çeliğin elastiklik katsayısının üçte biri) **Onaran (2000)** bu yüzden en yüksek mukavemetli alaşımı kullanmakla hiçbir fayda sağlanmaz. İkincisi ve en önemlisi, en kuvvetli Alüminyum alaşımları klasik teknikler kullanarak kaynatılmaz. Genelinde, bu serideki alaşımların çoğu kaynak edilemeyen olarak göz önüne alınır.

Bir diğer husus; tasarımının Alüminyum kaynak yapıldığında, başlangıç malzemesinin özellikleri ile kaynağın özelliklerinin eşit olduğunu kabul etmesidir.

Genellikle bir Çelik yapı tasarımcısı, bir kaynağın esas metal kadar sağlam güçlü olduğunu farz eder ve imalatı sorunlu kaynak mühendisi kullanılan Çelik gibi güçlü olan bir kaynak yapmak için çalışır. Alüminyum yapıların tasarımı ve imalatı sırasında aynı durumun olduğunu farz etmek caziptir ancak aynı değildir. Çoğu durumda, Alüminyum alaşımındaki bir kaynak, kaynak edilen alaşımdan önemli derecede daha zayıf olacaktır.

Kaynaklı Alüminyum yapıların tasarımında Çelik ve Alüminyum yapıların tasarımında Çelik ve Alüminyum arasındaki farklar çok sık göz ardı edilir. Sonuç olarak, yapılan yaygın hatalar aşağıda verilmiştir:

- Alüminyum alaşımlarının tamamı kaynak edilebilir değildir. Genelinde, en az kaynak edilebilir alaşımlar aynı zamanda en yüksek mukavemetli alaşımlardır.
- Isıdan etkilenmiş bölge, başlangıç malzemesinin temper özelliklerine bakılmaksızın ısı işleme tabi tutulmayan alaşımlar için, 0 tempere tavlama işlemi özelliklere sahip olacaktır.
- Isıl işleme tabi tutulabilen alaşımlar için kaynatılmış durumda özellikler, T6 Alaşımlarının temperinin özelliklerinden önemli miktarda düşük olacaktır.

- Isıl işleme tabi tutulabilen alaşımlarda kaynak sonrası ısıl işlemler, kaynakların mekanik özelliklerini iade etmeye yardımcı medebilir.

### 7.18 Gaz altı Kaynağı nda Maliyet Hesabı

Gaz altı ark kaynağı nda maliyetler aşağıdaki faktörlerden oluşur.

- Koruyucu gaz
- Tüketilen dolgu teli maliyeti
- İşçilik maliyeti
- Enerji maliyeti

#### 7.18.1 Koruyucu Gaz Maliyeti

Kullanılan gaz maliyeti koruyucu gaz miktarı, zamanın bir fonksiyonudur.

##### 7.18.1.1 Tüketilen Gaz

Tüketilen gaz: Gaz akış debisi (lt/dak) x Ark zamanı (dak) formülünden hesaplanır. Dolayısıyla ark zamanının düşmesi işçilik maliyeti ile beraber kullanılan gaz miktarını da düşürür. Bu durumda göz önüne alınması gereken faktör gazın birim maliyeti değil, aynı miktardaki gaz ile gerçekleştirilebilecek diğış uzunluğudur.

##### 7.18.2 Tüketilen tel maliyeti

Tüketilental maliyeti deneysel olarak hesaplanabilir. Bunun için kullanılacak yığılan metal ağırlığının bulunması gerekir. Yığılan metal ağırlığının bulunması gerekir.

Yığılan metal ağırlığı: Yığılan metal yoğunluğu( $\text{gr/mm}^3$ ) x Yığın hacmi ( $\text{mm}^3/\text{mm}$ )  
(Çam 1999) Bazı metallerin yoğunlukları ve Çelik malzemeler için gereken metal yığın hacimleri Tablo 7.9 ve 7.10'da verilmiştir.

**Tablo 7.9:** Bazı Metallerin Yığın Yoğunlukları

| Alaşımgıubu          | Yoğunluk<br>( $\text{gr/mm}^3$ ) |
|----------------------|----------------------------------|
| Karbonlu Çelik       | $7.8 \times 10^3$                |
| Paslanmaz Çelik      | $8 \times 10^3$                  |
| Bakır Alaşımları     | $8.6 \times 10^3$                |
| Nikel alaşımları     | $8.6 \times 10^3$                |
| Alüminyum alaşımları | $2.7 \times 10^3$                |
| Magnezyum alaşımları | $1.8 \times 10^3$                |
| Titanyum alaşımları  | $4.7 \times 10^3$                |

**Tablo 7.10: İç Köşe Dikişlerinde Yıgılan Metal Miktarı**

| <b>İç köşe dikiş kalınlığı</b> | <b>Yıgılan hacim (mm<sup>3</sup>/mm)</b> | <b>Metal ağırlık (kg/m)</b> |
|--------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------|
| 5                              | 18,2                                     | 0,15                        |
| 6                              | 21,1                                     | 0,18                        |
| 8                              | 36,6                                     | 0,28                        |
| 10                             | 51,2                                     | 0,4                         |
| 11                             | 69,9                                     | 0,54                        |
| 13                             | 91,4                                     | 0,71                        |
| 16                             | 13,4                                     | 1,06                        |
| 19                             | 19,4                                     | 1,5                         |
| 22                             | 26,9                                     | 2,1                         |
| 25                             | 34,4                                     | 2,9                         |

Gerekli yığma metal ağırlığı direkt olarak gereken ilave tel ağırlığını vermez. Bunun için başka faktörlerinde hesaplanması gerekir:

İlave tel ağırlığı (gr) : Yığma metal ağırlığı x Dikiş uzunluğu (m) / Yığma verimi (%)  
(Çam 1999) Yığma verimi işletme türüne göre değişiklik gösterir. Gaz altı ark kaynağı için bu oran %90-97 arasında değişmektedir. Sıçrama olması bu oranı etkiler. Formlardan görüleceği üzere ilave tel ağırlığını etkileyebilen faktörlerden değişebilir oran yığma hacmi dir. En büyük kayıp burada olmaktadır. Aşırı yığma en sık karşılaşılan hatalardan biridir.

Aşırı yığma, kök açıklığına, kaynak ağzı formuna ve kaynak hızına bağlı olarak değişir. Tecrübeler aşırı yığmanın bir çeşidi olan tepe oluşumunun tek başına dahi tel tüketimini %30 arttırdığını göstermektedir. Tel israfının aşırı doldurma, sıçrama oranı sonucu dolgu hacmi x dolgu metal yoğunluğu çarpımı sonucu elde edilen miktardan %125'e varan oranlara ulaştığı görülmektedir. Tel maliyetinin toplam maliyet içindeki payı da göz önüne alınmalıdır.

### **7.18.3 İşçilik maliyeti**

Gaz altı ark kaynağı yönteminde maliyetin önemli bir bölümünü işçilik oluşturmaktadır. Günümüzde kalifiye eleman maliyetinin oldukça yüksek olması işletmeleri verimlilik açısından zorlamaktadır. Gaz altı ark kaynağında ise verimlilik büyük ölçüde kaynak hızı ve ikincil kaynak işlemlerinden etkilenir. Bu ifadeden kasıt torç temizleme, çapak temizleme gibi yapılması zorunlu olan fakat kaynak yapılmayan zamanlardır.

Gaz altı ark kaynağında koruyucu gaz seçimi ile kaynak hızının önemli ölçüde arttığı ve sıçrama nın az olması nedeni ile boş zaman nın azaltıldığı bilinen bir gerçektir.

#### **7.18.4 Enerji maliyeti**

Gaz altı ark kaynağında kullanılan elektrik enerjisi, en düşük maliyeti oluşturur. Bununla beraber enerji maliyetini de düşünmek olasıdır. Kullanılan enerji ısı girdisinden çıkabilir.

Isı girdisi (kJ/mm): ( Gerilme ( V ) x Akım ( A ) x 60 ) / ( 1000 x kaynak ilerleme hızı ( mm/dak ) ) ( Çam 1999 )

Kaynak boyu ile çarpılan ısı girdisi, toplam kullanılan enerjiyi verir. Buradan kW saat cinsinden tüketilen enerji bulunabilir. Tüketilen enerji kaynak hızının dolayısıyla zaman nın bir fonksiyonudur. Gerilme ve akım değerleri sabit tutularak kaynak hızı artırıldığında, ısı girdisi azalacaktır.

#### **7.18.5 Toplam Maliyet**

Gaz altı ark kaynağında çok kullanılan CO<sub>2</sub> ve gaz karışımları için bir maliyet karşılaştırılması yapılırsa şu sonuçlar elde edilir. CO<sub>2</sub> genel olarak düşük fiyatlı bir gazdır. Gaz karışımları ise içerdikleri Argon nedeni ile pahalıdır. Ancak görüldüğü üzere biri uzunlukta bir kaynağın maliyetini yalnızca gaz nın maliyeti ile ölçmek yanlışır. Gaz karışımı uygulamalarında gaz maliyeti yüksektir ancak tüm faktörleri içeren bir analiz yapıldığında gaz karışımları ile yapılan kaynaklarda %50' ye varan oranlarda tasarruf sağlandığı görülmüştür.

## 8. ALÜMİNYUM ALAŞIMLI ARAÇLARIN BAKIM VE TEMİZLİĞİ

Ticari araçlar her an yüklenmeye hazır olmaları için ve parçalarının aşınmasının önlenmesi için düzenli olarak temizlenmelidir ve bakım yapılmalıdır. Bakım zayıf yapılan veya yapılmayan araçlara kıyasla, düzenli ve düzgün bakım yapılan araçların ömrü daha uzun olacaktır.

Taşınan malların çeşitliliğinin artması (özellikle toz kimyasallar ve yiyeceklerin) ve bir evvel taşınan yükten en ufak bir parça dahi kalınmasını gerektiren kalite isteği; taşıma kalite güvencesinde sıvı ve toz tankerlerinin temizliğini en önemli faktörlerden birisi kılmıştır.

Alüminyum alaşımlı araçların bakım temelinde diğer bir metal türünden farklıdır. Bakım ürünlerinin seçiminde Alüminyum ile uyumlu olması ve metali korozyona direncini sağlaması için doğal oksit filmi izn vermesi göz önünde tutulmalıdır.

Hem Çelik hem de Alüminyum alaşım için uygun tüm metal yüzeylerde kullanılabilecek genel temizleyiciler bulunan asit ve alkalin karşısında farklı tepki verir. Bu bölümde Alüminyum alaşımlı ürünlerin temizliği ve bakım ile ilgili temel prensipler incelenmektedir.

### 8.1 Leke Tipleri

Çıkarılması gereken birkaç leke tipi vardır:

- Su ve yollara dökülen ( $\text{NaCl}$  veya  $\text{CaCl}_2$ ) çamur çözücü tuzlar.
- Egzost gazları: Bunlar çeşitli miktarda gres ve benzin katkısı içeren is parçacıklarına neden olurlar.
- Genel atmosferik kirleticiler:  $\text{Cl}^-$  birleşikleri (kloritler),  $\text{SO}_4^{-2}$  (sülfatlar),  $\text{NO}_x$  (nitrojen oksitler).
- Çimentotozu, gübre gibi sürekli karşılaşılmaayan kirleticiler.

Ne m ki nyasallar ve toz karışı m n n Al ü n i nyum ve alaşı nları na zararlı Ph'ı 4' den küçük (asit) bir plaz ma şeklinde metal yüzeylere yapış ması na yar dı meder. Aşı nmayı arttıran di ğer nedenler arasında hava şartları na göre sı ksı kısı sları p kuruma ve çalış ma koşulları sayılabilir.

## 8.2 Metal Yüzeyleri n Te mizli ği

Te mizli ğin a macı metal yüzeyindeki lekelerin çıkarıl ması dır. Te mizleme, metalin görünüşünün istenen temizlik kriteri seviyesine getirilmesi için birkaç dakikadan fazla sür neyen bir süreçtir.

Te mizli ğin veri mini etkileyen 4 faktör şunlardır;

- ki nyasal etki, temizlik maddesindeki katkılardan bir veya fazlası metali bozmadan mineral tuzları gibi kirlileri çıkarır,
- fiziksel etki; lekeler metal yüzeyden gerilmeleri değiştirerek çıkartılmalıdır. Temizlik ürünleri bunu sağlamak üzere ıslatıcı katkı maddeleri içerirler.
- Mekanik çalış ma; bu, yüksek basınçta su püskürtme veya fırçalamayla sağlanır. Mekanik çalış ma ıslatıcı katkı malzemelerini n etkisini arttırarak temizlik ürünü ile çözül neyen kirlerin çıkmasını sağlar.
- Sıcaklık artan sıcaklığın ki nyasal reaksiyon oranını, dolayısı ile temizlik veri mini arttırdığı bilinen bir olaydır. Ancak temizlik ürünlerindeki bazı katkılarını sıcaklık limitlerinin aşılanması na dikkat edilmelidir.

## 8.3 Temizlik ve Bakım Ürünleri ni n Seçimi

Temizlik ürünleri deterjan, yağ sökücü, koruyucular ve tırşu katkısı gibi yüzdeden % milyondaki tanecikler seviyesine (ppm) dek kullanı m oranı olan birkaç (en fazla yirmi tane) katkı maddesini n karışık ve dikkatlice hazırlanmış karışı m dır.

Temizlik ve bakım ürünleri şöyle olmalıdır;

- alüminyum ve alaşı mları ile uyumlu olmalı,
- güvenli (örneğin toksit olmalı) olmalı,
- çevre açısından güvenli olmalı, gerektiğinde yasal uygulamalardan dolayı atıl madan önce gerekli işlemler yapılmalı.

#### 8.4 Alüminyum ile Uyum

Alüminyum ve Alüminyum oksit, temelde HF ve HCl gibi Hidrojen asitleri veya sodyum hidroksit NaOH potasyum hidroksit KOH gibi hidroksitler ve sodyum karbonat  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  tarafından kötü şekilde etkilenen atmosferik maddelerdir. (Smith, 1996) Bu, alkalın pH ortamlarda veya asitte alümina ve Alüminyumun yüksek bozulma oranından anlaşılabilir.

Alkalın bazlı (sodyum ve potasyum hidroksit ve sodyum karbonat gibi) temizleme ürünleri, sodyum silikat gibi aşınma içerseler de şu önlemler alınarak kullanılmalıdır.

- Genelde alkalinler, özellikle sodyum ve potasyum hidroksitler olmak üzere Alüminyum ve alaşımlarının aşırı hassasiyeti
- Alkalın etkilenmesini ardından suyla yıkama sonucu oluşan oksit film yapısı. Bu gri görüntüsü ancak %50 nitrik asit solüsyonu ile yıkama ile çıkacak çok hidratlı bir oksittir. (Smith, 1996)

Alüminyum alaşımların yüzeyler bu yüzden temiz bir sonuç vermez, tuzu-Alüminyum fosfat-sabit olan fosforik asit bazlı ürünlerle temizlenmelidir.

#### 8.5 Yıkama

Araçlar genelde klorit açısından mümkün olduğunca fakir su ile yıkanır. De mineralize sular kuruduktan sonra kireç kalıntısı bırakma avantajı içerir. Su bolca kullanılmalıdır. Yıkama, temizleme prosesinin aslında en önemli adımıdır ve temizlik ürünlerinin artık izlerini silmelidir. Daha az hassas alanlar için yerel aşınmaya neden olacak herhangi bir asit kalıntısının kalması için suyla yıkayıp geçme yeterli olacaktır.

#### 8.6 Dağlama ve Glalama

Temizleme prosesi alttaki metali bozmadan lekeleri çıkarmak demekse de, dağlama doğal film yenilemek ve lekeleri çıkarmak için metale hücum etmektir. Dağlama süresi birkaç dakika ile sınırlandırılmalı ve sayısı kontrol altında tutulmalıdır ki kaldırılan metal tabakasının kalınlığı birkaç mikronu geçmemelidir.

Alüminyum alaşımların dağlama hiçbir zaman mikroskop altında homojen bir işlem olarak gözükmez. Bazı metaller arası bileşikler, dağlama işleminde kullanılan maddenin doğasına; asit veya alkalın olmasına göre daha çok etkilenebilirler. Örneğin sodyum hidroksit çözeltileri  $\text{Al}_3\text{Fe}$  tipi Alüminyumda bir metaller arası

bileşimine etki eder. (Smith 1996) Pek çözünür olmaları nedeniyle metali yüzeyinde kalır ve sodyumla hakedilen Alüminyum alaşımlarındaki gri gölgelenebilir neden olur.

Dağlama basit bir operasyon ve prosedür değildir, yakından takip edilmelidir. Standart temizleme prosedürlerinin başarısızlığı veya kazayla oluşmuş lekelerin çıkarılması durumlarında özel işleme uygulanmalıdır. Dağlamanın anotlu kaplamaları kaldırdığı unutulmalıdır.

Kimyasal cilalama ticari araç ve aksesuarlarda ancak özel teçhizatlı atölyelerde uygulanırsa makul olmaktadır. Diğer taraftan, yüzeyleri canlandırma zımparalama, fırçalama veya yumuşak bir şeyle silme yolları gibi mekanik tekniklerle de mümkündür.

## 8.7 Zımparalama

Bu operasyon yüzeysel kalıntıların (boya, lekeler vs) hava vererek özel bir yüzeyi etkisi ile çıkarılmasını içerir. Dağlamaya göre avantajı zımparalamanın kuru ve herhangi bir asit ihtiyacı olmadan gerçekleştirilmesidir.

Alüminyum ve alaşımlarının geri dönüştürülmesi için korindon tozu kullanmak (daha önce temiz Çelik teçhizatı zımparalamak için kullanılmış demir katkılı korindon kullanılmadığından emin olmak açısından) önemlidir.

## 8.8 Buz Kürecikleri ile Temizleme

Yüzey temizlemede yüksek hızda kalibre edilmiş buz küreciklerinin kullanılması içeren yeni bir prosestir. Buz de mineralize sudan yapılabilir. Yüzey üç faktörün ortak sonucu olarak temizlenir;

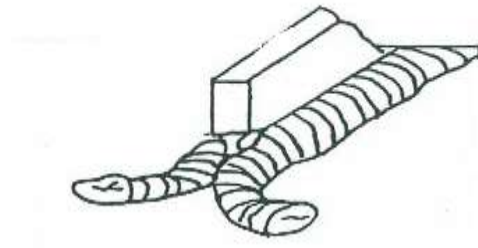
- Term-diferansiyel; aniden çok düşük bir sıcaklığa soğutmak bazı lekelerin katılaşmasına ve zemin alt tabakası ile arasındaki diferansiyel genişleme vasıtasıyla ayrılmasına neden olur.
- Mekanik; buz parçacıklarının yüksek hız etkisi.
- Dinamik; lekeler eriyen buz parçacıkları tarafından yıkanır.

Bu proses geleneksel zımparalama gibi metotlara kıyasla örneğin uygulamasının daha kolay olması, toz olması ve metal yüzeylerin aşınması gibi avantajlar önermesiyle daha da yaygınlaşacaktır.

## 9. ALÜMİNYUM KAYNAKÇI EĞİTİMİ

Günümüzde işçilik hatasından meydana gelen kaynak hataları küçümenecek boyutlardadır. Kaynakçı eğitimi için harcanacak para ve zaman kesinlikle külfet olarak görülmemeli, aksine ileriye dönük bir yatırım olarak düşünülmelidir. Herhangi bir konuda işe başlanmadan eğitimi alınarak 1-1.5 aylık sürede kaynakçıların vasıflandırılması, ilerde işçilikten kaynaklanacak hataların en az  $\frac{3}{4}$  ünü hiç yapılmadan önleyeceği gibi disiplinli bir çalışma ortamı yaratılmasında büyük rol oynayacaktır. Bu eğitimler esnasında aşağıdaki hususlara da önem verilmelidir.

- Alüminyum sıtıldığında renk değişirmez. Bu nedenle atölyedeki parçalara dikkatli yaklaşılmalıdır.
- Alüminyumun ışık yansıtmaz özelliğinden dolayı maskelerde; yarı otomatik kaynaklarda 13, tam otomatik kaynaklarda 14 numaralı filtre kullanılmalıdır. (Senyen, 2000)
- Kaynakta en önemli hususlardan biri, parça temizliğidir. Temizlenmiş olan parça taşınırken veya kalıba yerleştirilme esnasında eldiven kullanılıyorsa, eldivenin temiz olmasına dikkat edilmelidir. Çiplak el kullanılıyorsa kesinlikle kaynak yapılacak yere dokunulmamalıdır.
- Kaynakçı, kaynak banyosunu görebildiği müddetçe hata yapma olasılığı en aza indirilmiş olacaktır. Bir kaynakçının en çok 70 cm<sup>2</sup> de bir durarak vücudunu tekrar konumlandırılmasında hata olasılığını azaltma açısından büyük bir yarar vardır. (Senyen, 2000)
- Alüminyum kaynağında başlama ve bitirme noktaları sağlamlık açısından son derece önemlidir. Özel programlı GMAW makineleri kullanılmadığı müddetçe başlangıç ve bitişteki 25 mm'lik kaynak dişleri hataya yönünden kritik bölgelerdir. (Senyen, 2000) Bu kritik bölgelerin ortadan kaldırılması amacıyla ya başlama bitirme plakaları ya da girdi-çıkı yapılmalıdır.



**Şekil 9.1 : Girdi- çıktı**

- Kaynak biti mende çıktı yapılmadı taktirde, kaynak metali üzerinde kalacak krater kısmını da içeren 25 mm'lik kaynak metali uygun bir takımla giderilmelidir.
- Uzun kaynak ağzları boydan boya fırçalanmak yerine 70 cm uzunlukta ve hemen kaynak öncesi fırçalanmalıdır.
- İş parçası üzerindeki puntalar kalıcı olduğunda girdi-çıkıtı kullanılmalıdır. Aksi taktirde puntalar giderilmelidir.
- Düzgün bir ergime ve uygun kalıcı bir birleştirme için oksitlenmelidir. 5000 serisinde oksit, en çok nem çeken ve rutubetli şartlara karşı en hassas olan oksittir. (Davis, 1987) Bu durumda giderilmediği taktirde kaynakta gözenek oluşumuna katkıda bulunur.
- Kaynak dişi üzerindeki oksitler tabii yüzeylerdekinden daha kalındır. Nhai kaynak sağlanığı için pasolar arasında oksit kalınlığını düşürmek için tel fırça kullanılmalıdır.

Silisyum döküme elverişliliği arttırır, ayrıca magnezyum katarak mukavemet arttırılabilir. Magnezyum deniz suyuna dayanıklılığı attırır, kolay işlenir, pekleşme ve mukavemeti arttırır, kolay işlenir.. Silisyum mukavemeti arttırır.

## 10. SONUÇ

Bu tezi nde Al ü m i nyumun özelliklerini, Al ü m i nyumun ge m i i nşaatı alanı nda kullanı m ı nı, ge m i i nşaatı alanı nda Al ü m i nyum kaynağ ı nı ve çelik kaynağ ı ndan farklılıklarını inceledi m

Günümüzde ge m i i nşaat faktöründe Al ü m i nyum tekne yapı m ı nda, hafifliğ i ve korozyona karşı yüksek dirence sahip ol ması nedeni ile tercih sebebi dir. Fakat Al ü m i nyum ı n çok pahalı bir metal ol ması , Al ü m i nyum sac fiyatlarının Çelik sac fiyatlarından pahalı ol ması ve Al ü m i nyumun mukave neti ni n çeliğ e nazaran daha az oluş u Al ü m i nyumun ge m i i nşaat alanı nda kullanı m ı nı kısıtlamaktadır. Günümüzde bir çok tersanede Al ü m i nyum tekne yapılmaktadır ve yapı m aş a ması nda Al ü m i nyumun Çelikten farklı özelliklere sahip ol ması ndan dolayı zorluklarla karşılaş ı lmaktadır. Bu zorluklar özellikle Al ü m i nyum kaynağ ı ve boyama aş a malar ı nda ol maktadır. Bu zorlukların üstesi nden ancak Al ü m i nyumun özelliklerini bilerek ve kalifiye ele manlara sahip ol arak geli nebilir.

Neticede; Al ü m i nyum ı n ge m i i nşaatı sanayindeki kullanı m ı kısıtlı ol ması na rağmen, Kı yı emniyeti, Sahil güvenlik botları gibi hız ı n ön plana çıkt ı ğ ı yerlerde Al ü m i nyum tekne tercih sebebi dir.

## KAYNAKLAR

- Amık, S.**, 1989. Kaynak tekniği el kitabı- Yöntemler ve donanımlar, Kansu Matbaacılık İstanbul.
- Amık, S.**, 1989. MG MAG kaynağında dikey formunu etkileyen faktörler, *Met al ve Kaynak*, 9 16-21.
- Amık, S.**, 1982. Koruyucu gazla kaynak, *İTÜ Yayın*, 486.
- Amık, S ve Dikicioğlu, A.**, 1940. Koruyucu gaz altında kaynak ve Alüminyumun MG kaynağı.
- Amık, S ve Özgöktüğü, T.**, 1978. Kaynak teknolojisi.
- ed Connor, L P.**, 1991. Welding Handbook 8<sup>th</sup> edition, American Welding Society, Miami, Florida.
- ed Davis, J R.**, 1987. Aluminum and aluminum alloys .
- Eryürek, B.**, 1998. Gazaltı MG/ MAG kaynağı.
- G Çam ve M Koçak.**, 1999 Joining of Advanced Materials, Topic 6 36 4
- G Çam., Science and Technology of Joining and Welding** 1999. *Advanced Materials*, 4, 5, 317-323.
- Me ni k, A, Akbaş C.**, 1992. Alüminyum ve alaşımlarının TIG ve MG kaynağında oluşan hatları, *Met al ve Kaynak*, 32, 27-34.
- Onaran, K.**, 2000. Malzeme bilimi.
- Senyen, C.**, 2000. Alüminyum alaşımların kaynağında dikkat edilecek hususlar, 273-270.
- Shackelford, J E.**, 1998. Introduction to materials science for engineers 4<sup>th</sup> edition, Prentice Hall Int., London.
- Smith, WE.**, 1996. Principles of materials science and engineering 3<sup>d</sup> edition, McGraw Hill New York
- Tülbentçi, K.**, 1990. MG MAG eriyen elektrod ile gazaltı kaynağı, Gedik Holding Yayını, İstanbul.
- Yıldız, E C.**, 2003. Kıymetli yeti botları boya raporları , Ereğli, Turkey.

## ÖZGEÇMİŞ

Burak Bayındır 1978 İzmit doğumluyum Orta öğrenimi Kocaeli Anadolu lisesinde bitirdim 1997 senesinde başladığım Yıldız teknik Üniversitesi Gemi inşaatı mühendisliği bölümünden 2001 senesinde yüksek başarı ile mezun oldum 2001 senesinde İstanbul Teknik Üniversitesi Makine mühendisliği İmalat bölümünde yüksek lisansa başladım İyi derecede İngilizce biliyorum 13. 01. 2003- 12. 03. 2005 tarihleri arasında Madenci gemi sanayinde iş hayatına başladım Çalıştığım süre boyunca Kıyı emniyeti Alüminyum tekne yapımı ve boru imalat donatı mmühendisi olarak görev yaptım Halen 14. 03. 2005 tarihinde Ereğli Gemi sanayinde Boru imalat ve montaj mühendisi olarak başladığım görevimi sürdürüyorum.