

**ELEKTRİK ARK KAYNAĞINDA KAYNAK GAZI VE DUMANININ  
KAYNAK PARAMETRELERİNE GÖRE ANALİZİ**

**Müslüm KOÇ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
METAL ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MAYIS 2009  
ANKARA**

Müslüm KOÇ tarafından hazırlanan ELEKTRİK ARK KAYNAĞINDA KAYNAK GAZI VE DUMANININ KAYNAK PARAMETRELERİNE GÖRE ANALİZİ adlı bu tezin Yüksek Lisans olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Adem KURT

.....

Tez Danışmanı, Metal Eğitimi Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliğiyle Metal Eğitim Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Ramazan KAÇAR

.....

Metal Eğitimi Anabilim Dalı, Karabük Üniversitesi

Prof. Dr. Adem KURT

.....

Metal Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Yrd.Doç. Dr. Behçet GÜLENÇ

.....

Metal Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Tarih : 13/05/2009

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nail ÜNSAL

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Müslüm KOÇ

# **ELEKTRİK ARK KAYNAĞINDA KAYNAK GAZI VE DUMANININ KAYNAK PARAMETRELERİNE GÖRE ANALİZİ**

**(Yüksek Lisans Tezi)**

**Müslüm KOÇ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Mayıs 2009**

Bu çalışmada kaynak sektöründe çalışan kaynakçıların maruz kaldığı kaynak gaz ve dumanlarının ölçülmesi amaçlanmaktadır. Bu amaçla örtülü elektrodla elektrik ark kaynağı yöntemi ile rutil, bazik ve selülozik elektrolar ile 100, 125 ve 150 amper’de 15, 30 ve 45 saniye kaynak sürelerinde kaynak dikişi çekilerek akım şiddeti, kaynak süresi ve örtü türünün kaynak gaz ve dumanına etkisi araştırılmıştır. Ayrıca MIG ve MAG yöntemi de kullanılarak bu yöntemlerde kaynakçının maruz kaldığı CO ve CO<sub>2</sub> gazlarının miktarı ile duman içindeki toz metal partiküllerinin oranları tespit edilerek müsaade edilen sınır değerler ile karşılaştırılma yapılmıştır. Deneyler sonunda rutil elektrodlar da bazik ve selülozik elektrodla göre CO oranının artan kaynak akım şiddeti ile arttığı, bazik ve selülozik elektrodla ise arttan akım şiddeti ile CO miktarının azaldığı görülmüştür. MAG kaynağında koruyucu gaz olarak kullanılan CO<sub>2</sub> gazının arttan kaynak akım şiddeti ile ayrışarak CO oluşturduğu ve açığa çıkan CO oranlarının artan akım şiddeti ile arttığı görülmüştür.

**Bilim Kodu : 710.3.019**

**Anahtar Kelimeler : Kaynak gazları, kaynak tozları, iş sağlığı**

**Sayfa Adedi : 123**

**Tez Yöneticisi : Prof.Dr. Adem KURT**

**THE EFFECT OF ELECTRIC ARC WELDING PARAMETERS IN THE  
ANALYSIS OF WELDING GAS AND WELDING FUME**

**(Master of Science Thesis)**

**Müslüm KOÇ**

**GAZI UNIVERSITY**

**INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

**May 2009**

In this study, the measurement of welding gas and welding fume that affects to welder who works in welding industry was aimed. The weld bead on plate was carried out with manual metal arc welding by using rutile, basic and cellulosic coating electrodes at 100, 125 and 150 A welding current for 15, 30 and 45 s. welding time. Thus, the effect of weld current, weld time and electrode coating types in the welding gas and welding fume was investigated. In addition, the CO and CO<sub>2</sub> gas and metal dust output from MIG and MAG arc welding process was also determined and compared with allowable value. The results of experiments indicate that the amount of CO gas that was obtained by using rutile coated electrode increases with increasing welding current. However, the amount of CO gas that was obtained by using basic and cellulosic electrodes decreases with increasing welding current. The results also indicates that the CO<sub>2</sub> gas used for shielding gas in MAG arc welding process dissociates to the CO gas thus the amount of the CO gas increases with increasing welding current.

**Science code : 710.3.019**

**Keywords : Welding gas, welding dust, occupational health**

**Pages : 123**

**Adviser : Prof.Dr. Adem KURT**

## TEŞEKKÜR

Tez konumun belirlenmesinde, gerekli materyallerin temin edilmesinde büyük katkıları olan, yoğun çalışmaları arasında bana zaman ayırarak rehberlik eden ve beni yönlendiren danışmanım, hocam, Sayın Prof. Dr. Adem KURT'a, yapılan çalışmalara gerekli desteği sağlayan Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş sağlığı ve Güvenliği Müdürlüğü Genel Müdürü Adnan İNEM'e ve yine Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Müdürlüğü iş sağlığı ve güvenliği uzmanları kimya yüksek mühendisleri Suna AHİOĞLU ve İlknur ÇAKAR, maden yüksek mühendisi Berk ATLI, Meltem Mete KILIÇ'a teşekkürü bir borç bilirim.

## İÇİNDEKİLER

|                                                  | Sayfa |
|--------------------------------------------------|-------|
| ÖZET.....                                        | iv    |
| ABSTRACT.....                                    | v     |
| TEŞEKKÜR.....                                    | vi    |
| İÇİNDEKİLER .....                                | vii   |
| ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....                        | x     |
| ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....                          | xii   |
| RESİMLERİN LİSTESİ.....                          | xiii  |
| SİMGELER VE KISALTMALAR.....                     | xiv   |
| 1.GİRİŞ .....                                    | 1     |
| 2. KAYNAK ve KAYNAK YÖNTEMLERİ .....             | 4     |
| 3. KAYNAK DUMANINA MARUZİYET VE KAYNAK DUMANININ |       |
| BİLEŞENLERİ .....                                | 7     |
| 3.1. Maruziyet ve Değerleri.....                 | 7     |
| 3.2. Kaynak Dumanı ve Oluşumu .....              | 16    |
| 3.2.1. Krom .....                                | 21    |
| 3.2.2. Nikel.....                                | 22    |
| 3.2.3. Demir .....                               | 23    |
| 3.2.4. Mangan.....                               | 24    |
| 3.2.5. Silisyum .....                            | 25    |
| 3.2.6. Floritler.....                            | 25    |
| 3.2.7. Çinko.....                                | 26    |
| 3.2.8. Alüminyum .....                           | 27    |
| 3.2.9. Bakır .....                               | 27    |
| 3.2.10. Kadmiyum .....                           | 28    |
| 3.3. Kaynak Gazlarına Maruziyet .....            | 30    |
| 3.3.1. Ozon .....                                | 31    |
| 3.3.2. Azot oksitler .....                       | 33    |
| 3.3.3. Karbondioksit ve karbonmonoksit .....     | 34    |
| 3.3.4. Fosgen.....                               | 36    |
| 4. İŞ SAĞLIĞI .....                              | 37    |

|                                                                       | <b>Sayfa</b> |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------|
| 4.1. İş Sağlığı Kavramı .....                                         | 37           |
| 4.2. Meslek Hastalığı Kavramı.....                                    | 37           |
| 4.3. Meslek Hastalıklarının Türleri ve Nedenleri .....                | 39           |
| 4.3.1. Fiziksel nedenli meslek hastalıkları.....                      | 40           |
| 4.3.2. Kimyasal nedenli meslek hastalıkları .....                     | 40           |
| 4.3.3. Tozlarla meydana gelen meslek hastalıkları .....               | 41           |
| 4.3.4. Biyolojik faktörlere bağlı meslek hastalıkları.....            | 45           |
| 4.3.5. Ergonomik faktörlere bağlı meslek hastalıkları.....            | 46           |
| 5. KAYNAK DUMANI VE GAZININ YOL AÇTIĞI MESLEKİ                        |              |
| RAHATSIZLIKLAR.....                                                   | 47           |
| 5.1. Solunum Sisteminde Meydana Gelen Rahatsızlıklar.....             | 47           |
| 5.1.1. Akciğer dolaşım sistemi .....                                  | 47           |
| 5.1.2. Astım.....                                                     | 51           |
| 5.1.3. Metal dumanı humması .....                                     | 54           |
| 5.1.4 Bronşit.....                                                    | 56           |
| 5.1.5. Pnömokonyoz .....                                              | 59           |
| 5.1.6. Solunum yolu enfeksiyonu .....                                 | 63           |
| 5.1.7. Akciğer kanseri .....                                          | 65           |
| 5.2. Solunum Harici Etkiler .....                                     | 74           |
| 5.2.1. Cilt ve aşırı duyarlılık etkileri.....                         | 74           |
| 5.2.2. Merkezi sinir sistemine olan etkiler .....                     | 75           |
| 5.2.3. Üreme sistemine olan etkiler.....                              | 80           |
| 5.3. Hayvanlar Üzerinde Yapılan Çalışmalar.....                       | 81           |
| 5.3.1. Sitotoksik çalışmalar .....                                    | 81           |
| 5.3.2. Genetik zehirlilik ve mutasyon çalışmaları .....               | 82           |
| 5.3.3. Solunum sistemi yangısı, iltihaplanması ve fibroz.....         | 84           |
| 5.3.4. Solunum sistem birikimi, çözünmesi ve sistemden atılması... .. | 86           |
| 5.3.5. Bağışıklık sistemi etkileri.....                               | 87           |
| 5.3.6. Cilt sağlığı ve duyarlılık etkileri.....                       | 87           |
| 5.3.7. Merkezi sinir sistemine olan etkiler .....                     | 88           |
| 5.3.8. Üreme ve döllenme sistemlerine olan etkiler.....               | 89           |

|                                                                                               | <b>Sayfa</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR .....                                                                  | 91           |
| 6.1. Amaç .....                                                                               | 91           |
| 6.2. Kaynak yöntemleri, parametreler ve kullanılan malzemeler .....                           | 91           |
| 6.2.1. Kaynak yöntemleri .....                                                                | 91           |
| 6.2.2. Kaynak parametreleri .....                                                             | 92           |
| 6.2.3. Kullanılan çelik malzeme .....                                                         | 92           |
| 6.2.4. Kullanılan elektrodlar ve gazaltı teli .....                                           | 93           |
| 6.2.5. Gazaltı kaynaklarında kullanılan koruyucu gazlar .....                                 | 96           |
| 6.2.6. Gaz ölçüm cihazları .....                                                              | 96           |
| 6.3. Deneysel Metot .....                                                                     | 98           |
| 6.3.1. Kaynak gazlarının ölçümü .....                                                         | 98           |
| 6.3.2. Kaynak tozlarının ölçümü .....                                                         | 100          |
| 7. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA .....                                                          | 102          |
| 7.1. CO ve CO <sub>2</sub> gaz ölçümü .....                                                   | 102          |
| 7.1.1. Örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağı CO ve CO <sub>2</sub> gazlarının ölçümü ..... | 102          |
| 7.1.2. MIG ve MAG kaynaklarında CO değerleri .....                                            | 108          |
| 7.1.3. MIG ve MAG kaynağında CO <sub>2</sub> değeri .....                                     | 111          |
| 7.2. Tespit Edilen Toz Partikülleri .....                                                     | 113          |
| 8. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME .....                                                            | 116          |
| KAYNAKLAR .....                                                                               | 118          |
| ÖZGEÇMİŞ .....                                                                                | 123          |

## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

| Çizelge                                                                                                                                          | Sayfa |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Çizelge 3.1. Kaynağın tehlikeli yan ürünleri.....                                                                                                | 8     |
| Çizelge 3.2. Parlayıcı, patlayıcı, tehlikeli ve zararlı maddelerle çalışan İş yerlerinde ve işlerde alınacak tedbirler hakkında tüzük.....       | 10    |
| Çizelge 3.3. Maruziyet limit değerleri .....                                                                                                     | 11    |
| Çizelge 3.4. The welding institute (TWI) kaynak dumanı ve gazının mesleki maruziyet limit değerleri.....                                         | 12    |
| Çizelge 3.5. Kaynak dumanlarının İngiltere ve Amerika Birleşik Devletlerinde kullanılan limit değerleri ve sağlık açısından zararları.....       | 13    |
| Çizelge 3.6. Kaynak dumanlarının İngiltere ve Amerika Birleşik Devletlerinde kullanılan limit değerleri ve sağlık açısından zararları.....       | 15    |
| Çizelge 4.1. Bazı toz büyüklükleri.....                                                                                                          | 45    |
| Çizelge 6.1. Kullanılan çelik malzeme alaşım elementleri.....                                                                                    | 92    |
| Çizelge 6.2. Rutil, bazik ve selülozik elektrod çekirdeği kimyasal analizi .....                                                                 | 95    |
| Çizelge 6.3. Rutil, bazik, selulozik elektrodlar ve SG2 kaynak teli MAC değeri .....                                                             | 96    |
| Çizelge 6.4. SG2 gazaltı kaynak teli kimyasal analizi.....                                                                                       | 96    |
| Çizelge 7.1. Örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağı bazik, rutil ve selülozik elektrodlarda açığa çıkan CO değerleri (ppm).....                | 103   |
| Çizelge 7.2. MIG ve MAG kaynaklarında CO gaz değerleri (ppm).....                                                                                | 109   |
| Çizelge 7.3. MAG kaynağında CO <sub>2</sub> gaz değeri (%).....                                                                                  | 112   |
| Çizelge 7.4. Örtülü elektrik ile ark kaynağında rutil, bazik ve selülozik elektrodlarda, MIG ve MAG kaynak yöntemlerinde elde edilen tozlar..... | 113   |

| <b>Çizelge</b>                                                                              | <b>Sayfa</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Çizelge 7.5. Toz ölçüm sonuçlarının ve müsaade edilebilir değerlerin karşılaştırılması..... | 115          |

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

| Şekil                                                                                                 | Sayfa |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Şekil 2.1. Elektrik ark kaynağı gösterimi.....                                                        | 5     |
| Şekil 2.2. MIG/MAG kaynakları gösterimi.....                                                          | 6     |
| Şekil 3.1. Kaynak gaz ve partiküllerinin şematik gösterimi.....                                       | 19    |
| Şekil 3.2. Kaynak toz boyutlarını diğer tozlar ile karşılaştırılması.....                             | 20    |
| Şekil 6.1. Gaz ölçümü ve toz numune alımı şematik gösterimi.....                                      | 99    |
| Şekil 7.1. Elektrik ark kaynağında rutil elektro CO gaz oranı (ppm).....                              | 103   |
| Şekil 7.2. Elektrik ark kaynağında bazik elektro CO gaz oranı (ppm).....                              | 104   |
| Şekil 7.3. Elektrik ark kaynağında selülozik elektro CO gaz oranı (ppm).....                          | 105   |
| Şekil 7.4. Elektrik ark kaynağında bazik elektrot ve selülozik elektrot 100 A CO gaz oranı (ppm)..... | 107   |
| Şekil 7.5. Elektrik ark kaynağında bazik elektrot ve selülozik elektrot 125 A CO gaz oranı (ppm)..... | 107   |
| Şekil 7.6. Elektrik ark kaynağında bazik elektrot ve selülozik elektrot 150 A CO Gaz Oranı (ppm)..... | 108   |
| Şekil 7.7. MIG kaynağında CO gaz oranı (ppm).....                                                     | 109   |
| Şekil 7.8. MAG kaynağında CO gaz oranı (ppm).....                                                     | 110   |
| Şekil 7.9. MAG kaynağında CO <sub>2</sub> gazı oranı (%).....                                         | 112   |

**RESİMLERİN LİSTESİ**

|                                              |    |
|----------------------------------------------|----|
| Resim 6.1. CO ölçüm cihazı.....              | 97 |
| Resim 6.2. CO <sub>2</sub> ölçüm cihazı..... | 97 |
| Resim 6.3. Toz toplama cihazı.....           | 97 |

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

| <b>Simgeler</b>         | <b>Açıklama</b>                                                                                                                      |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ar</b>               | Argon                                                                                                                                |
| <b>CO</b>               | Karbonmonoksit                                                                                                                       |
| <b>CO<sub>2</sub></b>   | Karbondioksit                                                                                                                        |
| <b>H</b>                | Hidrojen                                                                                                                             |
| <b>H<sub>2</sub>O</b>   | Su                                                                                                                                   |
| <b>He</b>               | Helyum                                                                                                                               |
| <b>HF</b>               | Hidrojenflarür                                                                                                                       |
| <b>L</b>                | Litre                                                                                                                                |
| <b>mg/m<sup>3</sup></b> | 20 °C sıcaklıkta ve 101,3 KPa. (760 mm cıva basıncı) basınçtaki 1 m <sup>3</sup> havada bulunan maddenin miligram cinsinden miktarı. |
| <b>NO<sub>x</sub></b>   | Azotoksitler                                                                                                                         |
| <b>O<sub>3</sub></b>    | Ozon                                                                                                                                 |
| <b>µm</b>               | 1x10 <sup>-6</sup> metre                                                                                                             |
| <b>ppm</b>              | 1 m <sup>3</sup> havada bulunan maddenin mililitre cinsinden miktarı (ml/m <sup>3</sup> ).                                           |
| <b>Kısaltmalar</b>      | <b>Açıklama</b>                                                                                                                      |
| <b>ACGIH</b>            | Conference of Governmental Industrial Hygienists,USA                                                                                 |
| <b>ca</b>               | NIOSH potansiyel mesleki kanserojen                                                                                                  |
| <b>dk</b>               | Dakika                                                                                                                               |
| <b>LFC</b>              | Mümkün olan en düşük konsantrasyon<br>(Lowest feasible concentration)                                                                |
| <b>MAG</b>              | Metal Aktif Gaz kaynağı                                                                                                              |
| <b>İSGUM</b>            | İş Sağlığı ve Güvenliği Merkezi                                                                                                      |

| <b>Kısaltmalar</b> | <b>Açıklama</b>                                                                                                                                                                                |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>MAC</b>         | Maksimum kabul edilebilir konsantrasyon                                                                                                                                                        |
| <b>MAK</b>         | Çeşitli kimyasal maddelerin kapalı işyeri havasında bulunmasına müsaade edilen ve orada günde sekiz saat çalışacak olanların sağlıklarını bozmayacak olan azami miktarlarına MAK değeri denir. |
| <b>MIG</b>         | Metal Inert Gaz kaynağı                                                                                                                                                                        |
| <b>NIOSH</b>       | Amerikan Ulusal İş Güvenliği ve Sağlığı Enstitüsü (National Institute for Occupational Safety and Health,USA)                                                                                  |
| <b>OSHA</b>        | İş Güvenliği ve Sağlığı İdaresi,USA (Occupational Safety and Health Administration )                                                                                                           |
| <b>PARPAT</b>      | Parlayıcı, Patlayıcı, Tehlikeli ve Zararlı Maddelerle Çalışan İş Yerlerinde ve İşlerde Alınacak Tedbirler Hakkında Tüzük                                                                       |
| <b>PEF</b>         | En yüksek nefes alış miktarı (peak expiratory flow)                                                                                                                                            |
| <b>PEL</b>         | OSHA tarafından belirlenen “Müsaade Edilen Maruziyet Sınırı” (Permissible Exposure Limit)                                                                                                      |
| <b>REL</b>         | NIOSH tarafından belirlenen ve bir kimyasalın işyeri havasında bulunan miktarına ilişkin “Önerilen Maruziyet Seviyesi” değeridir (Recommended Exposure Limit)                                  |
| <b>TIG</b>         | Tungusten Inert Gaz kaynağı                                                                                                                                                                    |
| <b>TLV</b>         | ACGIH tarafından belirlenen “Eşik sınır değeri” (Threshold Limit Value)                                                                                                                        |
| <b>TWA</b>         | Zaman Ağırlıklı Ortalama (Time Weighted Average–TWA): En az 8 saat ve olağan çalışma koşullarında, işçinin maruz kaldığı toz konsantrasyonunu ifade eder.                                      |
| <b>TR</b>          | Türkiye                                                                                                                                                                                        |

**STEL**

Kısa Dönem Maruziyet Sınır Değeri (Short term exposure limits–STEL): 15 dakika süreyle maruziyet konsantrasyonunu belirlemek üzere yapılan ölçümlerde kullanılır.

**UK**

İngiltere

**USA**

Amerika Birleşik Devletleri

## 1.GİRİŞ

Geçmişte, günümüzde ve gelecekte önemini hiç yitirmeyecek bir üretim yöntemi olarak kaynaklı birleştirmeler tüm sektörlerde ana veya yardımcı imal yöntemi olarak kullanılmaktadır. Metallerin sökülemez birleştirmelerinde kullanılan gaz altı, tozaltı, elektrot, direnç vb. gibi pek çok yöntemle sahip olan kaynak yöntemleri, kalifiye kaynakçıların kontrolü altında havacılıktan, uzaya, basınçlı kaplardan, petrol boru hatlarına pek çok alanda vazgeçilmezliğini sürdürmektedir. Gelişen teknoloji ile her gün kaynak yöntemleri artmakta ve bu sayede kaynağın penetrasyonu, kullanım alanları çoğalmaktadır. Birleştirilecek metallerin cinsi, koruyucu gaz kullanımı, elektrot tipi, elektriksel değerler (amper, voltaj), oluşturulacak metalik yapının özellikleri, malzeme kalınlığı, metalik yapının kullanım alanı, dayanımı, kaynakçının yeteneği, dikiş kalitesi vb. gibi pek çok parametreye bağlı olarak kaynak kalitesi değişmektedir [Tezcan, 2007].

Ülkemizde yaklaşık olarak metal ve yan ürünleri sektöründe 452 258 işçi istihdam edilmektedir. Bu rakam 50'nin üstünde çalışana sahip iş yerlerinden elde edilen bir veridir. 50'nin altında çalışanın bulunduğu işyerleri, herhangi bir sebeple çalışmayan/çalışamayan veya yarı zamanlı çalışanlar bu rakama dahil değildir. Türkiye'de bu rakamdan daha fazla da küçük işletmelerde metal ve metal ürünleri işlerinde çalışan personel olduğu düşünülmektedir. Ülkemizde herhangi bir mesleğe yönelik net bir rakamsal çalışma olmadığında kaynakçı pozisyonunda ve kaynak işlerinden etkilenen çalışan pozisyonunda ne kadar personel çalıştığı tam olarak bilinmemektedir [İŞKUR, 2008]

Amerika Birleşik Devleti'nde kesme, kaynak, lehimleme ve sertlehimleme gibi birleştirme işlemlerinde 400 000 den fazla tam zamanlı işçi çalıştığı düşünülmektedir. Dünya genelinde ise 800 000'den daha fazla tam zamanlı kaynakçı çalıştığı düşünülmektedir. Dahası kendi işlerinin bir parçası olarak

yarı zamanlı veya ara ara kaynak yapan 1 000 000'dan fazla çalışan olduğu düşünülmektedir [NIOSH, 2002].

Kaynak işlemi, metal parçaların yüksek kalite ile birleştirilmesi için güçlü bir imalat yöntemidir. Tüm metaller ve alaşımları kaynaklanabilir; bir kısmı kolaylıkla kaynaklanırken, diğerleri özel önlemler altında kaynak yapılabilir. Ticari kullanım için yaklaşık 80 değişik türde kaynak ve yardımcı işlemi vardır. Her bir yöntemi kendine has metalürjik ve işlemsel üstünlükleri vardır ve her birinin kendine has muhtemel sağlık ve iş güvenliği tehlikeleri vardır. Bu sebeple kaynakçılar, eş dağılım gösteren bir topluluk olmaktan ziyade, çok çeşitli koşullar altında çalışan bir topluluk olmaktadır [NIOSH, 2002].

Kaynak işlerinin yapıldığı küçük atölyelerden büyük fabrikalara, kara ve deniz platformlarından boru hatlarına, şantiyelere her alanda kaynakçının, işyerinin, ortamın kaynak nedeniyle etkilenmesi kaçınılmazdır. Kaynaktan dolayı ortamın ( kişi, ortam, atmosfer vb.) kirlenmesi ve bu kirleticilerin çalışanların sağlığında olumsuz etkiler yaratması nedeniyle iş sağlığı ve güvenliği açısından da kaynağın ayrı bir başlık halinde incelenmesi ve analizi iş güvenliği ile ilgili tüm teknik ve yönetim ekibinin sorumlulukları arasında olması gerekir. Kaynaktan dolayı ortaya çıkan kirleticilerin belli başlıları ; Katı (toz) , gaz kirleticiler, zararlı ışınlar ilk akla gelenlerdir [Tezcan, 2007].

Kaynak süresince kaynak yapılan bölgenin oksidasyona uğramaması, kirlenmemesi için atmosferik ortamdan izolasyonu gerekir. Bu amaçla iki türlü koruma kullanılır. İlk yöntem örtülü elektrottan gelen koruma ya da inert veya aktif gaz ile yapılan korumadır. Örtülü elektrotta metal çekirdek etrafındaki mineral ve diğer birleşenlerden oluşan karışım erir ve kaynak bölgesini koruyucu gazla ( örneğin; karbondioksit) koruma altına alır. Gaz korumalı kaynakta ise inert veya aktif gazın yarattığı koruyucu örtü kaynak süresince kaynaklanan bölgeyi atmosferden korur. Genellikle kullanılan gazlar kaynatılacak malzeme cinsine göre argon, helyum, nitrojen, karbondioksittir.

En yaygın gaz korumalı kaynak türleri ise metal ve tungsten inert gaz kaynaklarıdır (TIG ve MIG) [Tezcan, 2007].

Elektrik ark kaynak yapılırken kaynak bölgesinden bir duman yükselir. Bu kaynak dumanının insan sağlığına zararlı olduğu tespit edilmiştir. Kaynak dumanının kaynak bölgesinden çeşitli yöntemlerle (doğal hava akımı, genel havalandırma, yerel havalandırma v.b.) uzaklaştırılarak kaynakçıların ve aynı ortamı paylaşan insanların sağlığı korunmaktadır. Kaynak dumanı gazlardan ve çok ince partiküllerden (metal tozları) oluşmaktadır. Uygulanan kaynak yöntemine, kaynak sarf malzemesi cinsine, iş parçalarının yüzey kaplama durumuna ve kaynak parametrelerine bağlı olarak kaynak dumanının bileşimi ve özellikleri değişmektedir. Genel olarak kaynak net birim dikiş enerjisi arttıkça kaynak dumanı artmaktadır [Fidaner ve ark., 2006].

Kaynak gazları esas olarak karbondioksit, karbonmonoksit, azot oksitler ve ozondan oluşur. Elektrot örtüsüne, üflenene koruma gaz cinsine ve kaynak parametrelerine bağlı olarak oluşan gaz bileşimi ve gaz oranı değişir. Bu gazlar bilhassa solunum yollarında muhtelif hastalıklara sebep olurlar. Dar ve kapalı alanlarda kaynak yapılırken kaynak gazları solunan havanın oksijen oranını azalttıkları için boğucu etki gösterirler [Fidaner ve ark., 2006].

Kaynak yapılırken sarf malzemesinden sıvı metal damlaları oluşur ve bu damlalar sıvı metal kaynak havuzunu oluştururlar. Sıvı damlalarından metal buharlaşması meydana gelir. Oluşan metal buharları direkt olarak eriyen elektrodun kimyasal bileşimine bağlıdır. Kaynak yöntemi ve kaynak parametreleri metal buharlaşma hızını etkilemektedir. Bu buharlar ark bölgesinin dışına çıkınca havanın oksijeni ile birleşerek çok ince metal oksit partikülleri oluştururlar. Bu partiküller solunum yolu ile kaynakçının vücuduna girer. Metal tozları kimyasal bileşimlerine bağlı olarak kaynakçılarda boğaz tahrişi, öksürük, nefes darlığı, ateş, erkeklerde sperm üretiminin azalması ve kanser gibi hastalıklara sebep olurlar [Fidaner ve ark., 2006].

## 2. KAYNAK ve KAYNAK YÖNTEMLERİ

Kaynak tatbik edileceği malzemenin cinsine göre, metal kaynağı ve plastik malzeme kaynağı olarak ele alınır [Anık, 1991].

Metal kaynağı; Metalik malzemeyi ısı veya basınç veya her ikisini birden kullanarak ve aynı cinsten ve erime aralığı aynı veya yaklaşık bir malzeme katarak veya katmadan birleştirmeye "metal kaynağı" adı verilir, iki parçanın birleştirilmesinde ilave bir malzeme kullanılırsa, bu malzemeye "ilave metal" adı verilir [Anık, 1991].

Plastik malzeme kaynağı; Aynı veya farklı cinsten termoplastik (sertleşmeyen plastik) malzemeyi ısı ve basınç kullanarak ve aynı cinsten bir plastik ilave malzeme katarak veya katmadan birleştirmeye, "plastik malzeme kaynağı" adı verilir [Anık, 1991].

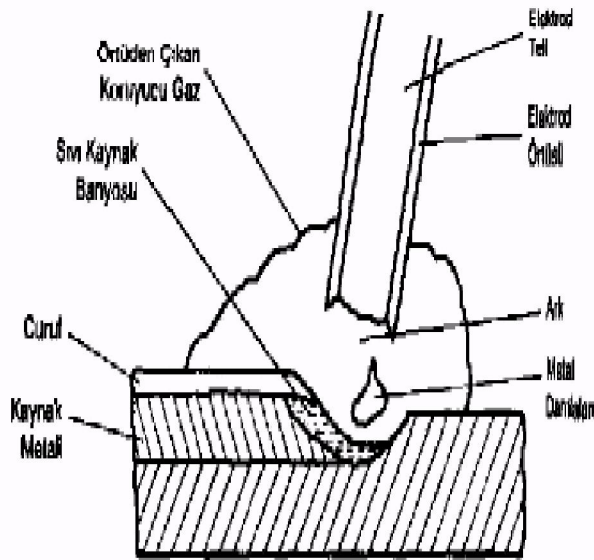
Ayrıca kaynak yöntemleri genel olarak Ergitmesiz ve Ergitmeli olarak da ikiye ayrılabilir.

Basınç Kaynağı; basınç kaynağı; malzemeyi genellikle ilave metal katmadan basınç altında bölgesel olarak ısıtıp birleştirmektir [Anık, 1991].

Ergitme kaynağı; malzemeyi yalnız sıcaklığın tesiri ile bölgesel olarak (sınırlandırılmış bir kısmını) eritip, bir ilave metal katarak veya katmadan birleştirmektir [Anık, 1991].

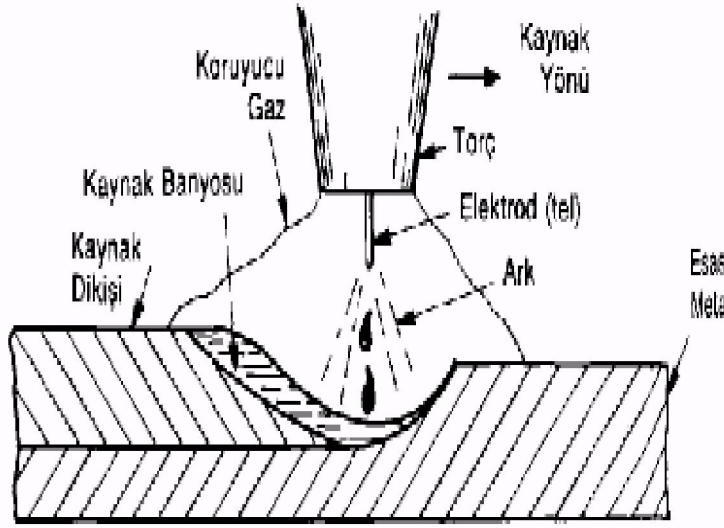
Elektrik Ark Kaynağı; kaynak için gerekli ısı, elektrik arkı tarafından sağlanmaktadır. Kaynak ağzını doldurmak için gerekli ilave metalin katılma biçimi ve kaynak bölgesinin havanın olumsuz etkilerinden korunma biçimine göre çok çeşitli ark kaynak yöntemleri geliştirilmiştir. Günümüzde en yaygın kullanılan ergitme kaynak yöntemi elektrik ark kaynağı yöntemleridir. Örtülü elektrot ile elektrik ark kaynağında ark, iş parçası ve eriyen elektrot arasında

yanar ve bu şekilde eriyen elektrot aynı zamanda kaynak metali haline geçer. Elektrot örtüsü de aynı anda yanarak erir. Bu esnada açığa çıkan gaz ark bölgesini korur ve oluşan cürufta kaynak dikişini örterek kaynak bölgesinin korunmasını sağlar [ANIK ve ark., 1991]. Elektrik ark kaynağı Şekil 2.1’de gösterilmektedir.



Şekil 2.1. Elektrik ark kaynağı gösterimi [ANIK ve ark., 1991].

Gazaltı Kaynakları; koruyucu gaz kaynağı, eriyen kaynak ilave metali veya eritilmeyen bir elektrot kullanılan ve kaynak banyosunu havadan korumak için koruyucu bir gazdan faydalanılan bütün ark kaynağı yöntemlerini ifade eden genel bir terimdir. Yöntemler eriyen ve erimeyen elektrot kullanılması, koruyucu gazın cinsi (aktif veya asal) ve de kullanılan ark türü gibi faktörlere göre gruplara ayrılmıştır [SLV Münih - ODTÜ/KTM 2005]. Gazaltı kaynağı Şekil 2.2’de gösterilmektedir.



Şekil 2.2. MIG/MAG kaynakları gösterimi [ANIK ve ark., 1991].

MIG (Metal Inert Gaz); soy gaz atmosferi altında eriyen elektrod ile yapılan bu gazaltı kaynak türüdür. Soy gaz olarak genellikle, argon gazı kullanılmaktadır. MIG sembolü, Metal Inert Gas ifadesinin baş harflerinin alınmasıyla oluşturulmuştur [Anık, 1991]. Alaşımsız ve düşük alaşımlı çeliklerin kaynağı için uygundur [SLV Munich - ODTÜ/KTM 2005].

MAG (Metal Aktif Gaz); eriyen elektrotla karbondioksit atmosferi altında yapılan, gazaltı kaynak usulüdür. MIG kaynağından tek farkı, kullanılan koruyucu gazın karbondioksit olmasıdır. Bu sebepten MIG kaynak donanımı, MAG kaynağında da kullanılır. MAG sembolü, "Metal Activ Gas" ifadesinin kelimelerinin baş harflerinin alınmasıyla, teşkil edilmiştir [Anık, 1991]. Alüminyum alaşımlarının, nikel alaşımlarının, bakır alaşımlarının ve titanyum alaşımlarının kaynağı için uygundur [SLV Munich - ODTÜ/KTM 2005].

### 3. KAYNAK DUMANINA MARUZİYET VE KAYNAK DUMANININ BİLEŞENLERİ

#### 3.1. Maruziyet ve Değerleri

Kaynak dumanına maruziyet eşsizdir. Kaynak dumanının oluşturduğu bileşim ve yapıda bir malzeme ile doğrudan kıyaslanabilir bir yapı oluşturabilen başka bir malzeme yoktur. Metal ve metal olmayan madenlerin bakım ve onarımı ile ilgili yaralanmalarla ilgili bir araştırmada kaynağın en tehlikeli meslek olduğunu gözlemlemiştir. Kaynağın tehlikeli bir meslek olmasının birkaç nedeni vardır [NIOSH, 2002].

- Bir kaynakçının sağlığını tehlikeye atabilecek ısı, yanıklar, ısınım, gürültü, duman, gazlar, elektriğe kapılma ve hatta rahatsız konumlarda çalışma gibi riskler mevcuttur,
- İş parçası, kullanılan yöntem ve çevreye göre oldukça değişkenlik gösterebilen kaynak dumanlarının kimyasal yapısı,
- Zararlı maddelerin vücuda girdikleri yollar. Kaynaktan ileri gelen olumsuz sağlık etkileri kimyasal, fiziksel ve ısınım gibi tehlikelerden kaynaklanabilir. Çizelge 3.1 de kaynağın zararlı yan ürünleri verilmiştir [NIOSH, 2002].

Genel kimyasal tehlikeler metal parçacıkları ve zehirleyici gazları içerir. Fiziksel tehlikeler elektrik enerjisi, ısı, gürültü ve titreşimden ileri gelir. Görünür ışık, morötesi ve kızıl ötesi gibi ısınımlar ise elektromanyetik ısınımlara sebep olur. Kaynak aynı zamanda solunum yolu ile ilintili olmayan başka sağlık tehlikelerini de barındırır. Bunların en yaygınları elektrik etkileri, ısı ve elektromanyetik ısınımdır. Morötesi ısınım elektrik arkı tarafından oluşturulur ve kaynakçılarda çoğu zaman “kaynak alması-kapması” diye

isimlendirilen akut kerato-konjektivitist isimli bir göz rahatsızlığına sebep olur. Buna rağmen, kaynak esnasında ortaya çıkan duman ve parçacıklar diğer yan ürünlerine göre kaynak işleminin en tehlikeli ürünüdür [NIOSH, 2002].

Çizelge 3.1. Kaynağın tehlikeli yan ürünleri [NIOSH, 2002.]; [UCLA.LOHS, 2003].

| Duman (tozlar)                                                                                                                         | Gazlar                                                                                                                                                                   | Işınım Enerjisi                    | Diğer Tehlikeler           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| Alüminyum<br>Kadmiyum<br>Krom<br>Bakır<br>Floritler<br>Demir<br>Kurşun<br>Manganez<br>Molibden<br>Nikel<br>Silika<br>Titanyum<br>Çinko | Karbondiyoksit<br>Karbonmonoksit<br>Azot oksit<br>Azot dioksit<br>Ozon<br><br><b>Koyucu gazlar</b><br><br>Helyum (He)<br>Argon (Ar)<br>Karbondiyoksit (CO <sub>2</sub> ) | Morötesi<br>Görünür<br>Kızıl Ötesi | Isı<br>Gürültü<br>Titreşim |

Kaynak işlemlerinin genel itibari ile kısa süreli bir işlemdir. İşlem kullanılan kaynak yöntemine göre elektrotun, kaynak telinin, kullanılıyorsa ilave metalin veya kaynak bölgesinin bitiş süresine göre bitmektedir. Tez konusunu oluşturan bu çalışmada kısa dönem maruziyetden (STEL) de daha kısa sürede yapılan kaynak işleminde elde edilecek en yüksek değerler incelenmiştir. Örneğin 3,25 çapında bir elektrotun 150 amperde bitiş süresi 43-46 sn arasındadır. Bu süre esnasında kaynak operatörü kaynak maskesi arkasında maske önüne göre %36-71 daha düşük oranda kaynak duman ve gazına maruz kalmaktadır.

Goller ve Paik 1985 yılında yaptıkları çalışmada, maskenin iç tarafındaki duman konsantrasyonun dış tarafındakine göre %36-71 arasında daha düşük olduğunu göstermişlerdir [Goller ve Paik 1985]. Alpaugh 1968 yılında yaptığı çalışmanın sonucunda koruyucu maskenin dışındaki ölçümlerde çok yüksek ve değişken düzeyde konsantrasyonlar bulurken, maskenin iç tarafında düşük ve daha az değişken konsantrasyonlar bulunduğunu bildirmiştir [Alpaugh, 1968].

Kaynak dumanı maruziyet sınır değerlerini belirlemek üzere uzun ve kısa süreli ölçümler yapılmaktadır.

1. Zaman ağırlıklı ortalama (Time Weighted Average-TWA): En az 8 saat ve olağan çalışma koşullarında, işçinin maruz kaldığı toz ve konsantrasyonu ifade eder.
2. Kısa dönem maruziyet sınır değeri (Short term exposure limits–STEL): 15 dakika süreyle maruziyet konsantrasyonunu belirlemek üzere yapılan ölçümlerde kullanılır.

Limit değerleri ülkelere ve araştırma merkezlerine göre değişebilmektedir. Ülkemizde kısa adı PARPAT olan 27.11.1973 Bakanlar kurulu karar tarihli Parlayıcı, Patlayıcı, Tehlikeli ve Zararlı Maddelerle Çalışan İş Yerlerinde ve İşlerde Alınacak Tedbirler Hakkında Tüzük çeşitli kimyasal maddelerin işyeri havasında bulunmasına müsaade edilen azami miktarı gösterir bir tüzük bulunsa da son yıllarda Amerika Birleşik Devletleri İş Güvenliği ve Sağlığı İdaresi (OSHA) ve Amerikan Ulusal İş Güvenliği ve Sağlığı Enstitüsü (NIOSH) değerleri ve bu merkezlerin yapmış olduğu çalışmalar takip edilmektedir. Tüzük içeriğinde kaynak dumanı ve maruziyeti hakkında özel bir madde bulunmamaktadır. Kaynak dumanı ve gazları için gerekli PARPAT bölümleri Çizelge 3.2 de verilmektedir.

**Çizelge 3.2. Parlayıcı, patlayıcı, tehlikeli ve zararlı Maddelerle çalışan iş yerlerinde ve işlerde alınacak tedbirler hakkında tüzük [24.12.1973, No: 14752 Resmi gazete].**

| <b>Çizelge I</b>                                                                                                                                                                                                          |                             |                   |                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------|----------------|
| Kimyasal Maddenin Adı                                                                                                                                                                                                     | Müsaade Edilen Azami Miktar |                   | Özel İşaretler |
|                                                                                                                                                                                                                           | ppm                         | mg/m <sup>3</sup> |                |
| 27. Azot dioksit                                                                                                                                                                                                          | 5                           | 9                 | T.             |
| 110. Fosgen                                                                                                                                                                                                               | 0,1                         | 0,4               |                |
| 122. Karbon dioksit                                                                                                                                                                                                       | 5000                        | 9000              |                |
| 123. Karbon monooksit                                                                                                                                                                                                     | 500                         | 55                |                |
| <b>Çizelge II</b>                                                                                                                                                                                                         |                             |                   |                |
| Kimyasal Maddenin Adı                                                                                                                                                                                                     | Müsaade Edilen Azami Miktar |                   | Özel İşaretler |
|                                                                                                                                                                                                                           | mg/m <sup>3</sup>           |                   |                |
| 7. Berilyum                                                                                                                                                                                                               | 0,002                       |                   |                |
| 9. Cinko oksit                                                                                                                                                                                                            | 5                           |                   |                |
| 10. Demir oksit                                                                                                                                                                                                           | 10                          |                   |                |
| 44. Mağnezyum oksit                                                                                                                                                                                                       | 15                          |                   |                |
| 46. Manganez                                                                                                                                                                                                              | 5                           |                   | T.             |
| 47. Molibdenin çözünabilen bileşikler                                                                                                                                                                                     | 5                           |                   |                |
| 48. Molibdenin çözünemeyen bileşikler                                                                                                                                                                                     | 15                          |                   |                |
| Çizelge I. gaz halindeki maddeler, Çizelge II. toz halindeki maddeler için tanzim edilmiştir.                                                                                                                             |                             |                   |                |
| I,II,III SAYILI ÇİZELGELERLE İLGİLİ BİLGİ, TARİF VE AÇIKLAMA                                                                                                                                                              |                             |                   |                |
| Çeşitli kimyasal maddelerin işyeri havasında bulunmasına müsaade edilen azami miktarlarına (konsantrasyonlarına) kısaca MAK değeri denir.                                                                                 |                             |                   |                |
| 1 - MAK değeri'nin tanımı: Çeşitli kimyasal maddelerin kapalı işyeri havasında bulunmasına müsaade edilen ve orada günde sekiz saat çalışacak olanların sağlıklarını bozmayacak olan azami miktarlarına MAK değeri denir. |                             |                   |                |
| T; Tavan değerlerinin aşılması mahsurlu olan maddeler bu harfle işaretlenmiştir.                                                                                                                                          |                             |                   |                |

Aşağıda farklı çizelgelerde değişik ülke ve araştırma merkezlerine göre limit değerleri verilmektedir. Örneğin kadminyumoksit için Çizelge 3.3'te OSHA müsaade edilen maruziyet sınırı-en az 8 saat ve olağan çalışma şartlarında (PEL-TWA) 5 µg/m<sup>3</sup>, ACGIH Eşik sınır değeri- En az 8 saat ve olağan

çalışma koşullarında  $10 \mu\text{m}/\text{m}^3$  (maksimum), Çizelge 3.4’de TWI en az 8 saat ve olağan çalışma koşullarında (TWA)  $0,025 \text{ mg}/\text{m}^3$  ve Çizelge 3.5 de İngiltere’nin  $5 \text{ mg}/\text{m}^3$  ve Amerika Birleşik Devletlerinde  $10 \text{ mg}/\text{m}^3$  limit değerlerini kullanıldığı görülmektedir. Çizelge 3.6’da ise İngiltere ve Amerika Birleşik Devletlerinde kaynak gazları limit değerleri verilmektedir.

Çizelge 3.3. Maruziyet limit değerleri [Kaehn ve ark, 2008].

| Bileşenin tanımı          | OSHA<br>PEL-TWA ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | NIOSH<br>REL-TWA ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | ACGIH<br>TLV-TWA ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) |
|---------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Alüminyum dumanı          | 1500                                         | 5000                                          | 5000                                          |
| Arsenik                   | 10                                           | 2                                             | 10                                            |
| Baryum alaşımları         | 500                                          | 500                                           | 500                                           |
| Berilyum alaşımları       | 2                                            | 5                                             | 2                                             |
| Kalsiyumoksit             | -                                            | 2000                                          | 2000                                          |
| Kadmiyumoksit             | 5                                            | LFC (ca)                                      | 10                                            |
| Krom ( $\text{Cr}^{+6}$ ) | NA                                           | 1                                             | 50                                            |
| Kobalt oksit              | 100                                          | 50                                            | 20                                            |
| Bakır dumanı              | 100                                          | 100                                           | 200                                           |
| Demiroksit dumanı         | 10,000                                       | 5000                                          | 5000                                          |
| Magnezyum oksit           | 15000                                        | NA                                            | 10000                                         |
| Mangan                    | 5000                                         | 1000                                          | 200                                           |
| Molibden                  | 5000                                         | -                                             | 5000                                          |
| Nikel                     | 1000                                         | 15 (ca)                                       | 1000                                          |
| Kurşun                    | 50                                           | 100                                           | 50                                            |
| Fosfor                    | 100                                          | 100                                           | 100                                           |
| Platin                    | 2                                            | 1000                                          | 1000                                          |
| Selenyum                  | 200                                          | 200                                           | 200                                           |
| Gümüş                     | 10                                           | 10                                            | 100                                           |
| Sodyum                    | NA                                           | NA                                            | NA                                            |
| Tellür                    | 100                                          | 100                                           | 100                                           |
| Talyum                    | 100                                          | 100                                           | 100                                           |
| Titanyumdioksit           | 15000                                        | LFC (ca)                                      | 10000                                         |
| Vanadiumpentoksit         | 100                                          | 50                                            | 50                                            |
| İtriyum                   | 1000                                         | 1000                                          | 1000                                          |
| Çinko oksit               | 5000                                         | 5000                                          | 5000                                          |
| Zirkonyum                 | 5000                                         | 5000                                          | 5000                                          |

Çizelge 3.4. The Welding Institute (TWI) kaynak dumanı ve gazının mesleki maruziyet limit değerlerinin sağlığa etkileri [http://www.twi.co.uk/content/jk30].

| Maddelerin belirlenmiş maksimum maruziyet limiti | TWA                     | STEL                 |
|--------------------------------------------------|-------------------------|----------------------|
| Berilyum                                         | 0,002 mg/m <sup>3</sup> |                      |
| Kadmiyumoksit dumanı                             | 0,025 mg/m <sup>3</sup> |                      |
| Krom (+6)                                        | 0,05 mg/m <sup>3</sup>  |                      |
| Kobalt                                           | 0.1 mg/m <sup>3</sup>   |                      |
| Nikel                                            | 0,5 mg/m <sup>3</sup>   |                      |
| Kaynak dumanı                                    | 5 mg/m <sup>3</sup>     |                      |
| Fulorid                                          | 2,5 mg/m <sup>3</sup>   |                      |
| Demir oksit dumanı                               | 5 mg/m <sup>3</sup>     | 10 mg/m <sup>3</sup> |
| Çinko oksit dumanı                               | 5 mg/m <sup>3</sup>     | 10 mg/m <sup>3</sup> |
| Manganeze dumanı                                 | 0,5 mg/m <sup>3</sup>   |                      |
| Ozon                                             |                         | 0,2 ppm              |
| Nitrik Oksit                                     | 1 ppm                   |                      |
| Azotoksit                                        | 1 ppm                   |                      |
| Krom (+3)                                        | 0,5 mg/m <sup>3</sup>   |                      |
| Berilyum                                         | 0,5 mg/m <sup>3</sup>   |                      |
| Karbonmonoksit                                   | 50 ppm                  | 300 ppm              |
| Borik oksit dumanı                               | 0,2 mg/m                |                      |

Çizelge 3.5. Kaynak dumanlarının İngiltere ve Amerika Birleşik Devletlerinde kullanılan limit değerleri ve sağlık açısından zararları [Balchin ve Blunt, 2002].

| Element   | Olumsuz etkiler                                                                                                         | Maruziyet limiti (UK) (mg/m <sup>3</sup> ) | Maruziyet limiti (USA) (mg/m <sup>3</sup> ) |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Alüminyum | Alüminyum tozlarını uzun süreli tenefüz etmek akciğere zarar verebilir.                                                 | 5                                          | 5                                           |
| Antimony  | Metabolizmaya düzenini bozarak protein ve karbonhidrat karışıklığına sebep olabilir.                                    | -                                          | 0.5                                         |
| Arsenic   | Kanserojendir. Hedef organ böbreklerdir.                                                                                | 0,1                                        | 0,01                                        |
| Asbestos  | Lokal Plevra tümörü, Akciğer kanseri ve Asbestoz'a sebep olur.                                                          | 0,2                                        | 0,1                                         |
| Barium    | Yüksek dereceli toksit Maddelerdendir. Kaslara zarar verir.                                                             | 0,5                                        | 0,5<br>5                                    |
| Berilyum  | Yüksek maruziyet Ölümcül Berylliosis'e sebep olabilir                                                                   | 0.0002                                     | 0.002                                       |
| Bakır     | Solunduğunda güç kaybına ve baş ağrısına sebep olabilir.                                                                | 0,2                                        | 0,1                                         |
| Çinko     | Metal dumanı ateşine sebep olabilir.                                                                                    | 5                                          | 15                                          |
| Cıva      | Deride gözde ve kas zarında yıpranmaya mide ağrısına, ishale, böbrek yetmezliğine ve nefes yetmezliğine sebep olabilir. | 0,025                                      | 0,1                                         |
| Demir     | Uzun süreli tenefüzde siderosiz olarak bilinen psikolojik sendromla birlikte akciğerde yara izlerine sebep olabilir.    | 5                                          | 10                                          |
| Florit    | Uzun süreli maruziyetlerde akciğer ödemeine sebep olabilir. Kemikleri kötü etkileyebilir.                               | 2,5                                        | 2,5                                         |

Çizelge 3.5. (Devam) Kaynak dumanlarının İngiltere ve Amerika Birleşik Devletlerinde kullanılan limit değerleri ve sağlık açısından zararları [Balchin ve Blunt, 2002].

|          |                                                                                                                                                                              |                       |                      |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------|
| Gümüş    | Tenefüz etmek argrosise sebep olabilir.                                                                                                                                      | 0.01                  | 0.01                 |
| Kalay    | Kalay tozları kasıntıya sebep olabilir. Uzun süre tenefüz etmek pisiskolojik sendrom haricinde akciğerde yara izlerine sebep olabilir.                                       | 2                     | 2                    |
| Kadmiyum | Kanserojendir. Uzun Süreli maruziyet anfizeme (ciğerlerde hava kalması) ve metal dumanı ateşine sebep olabilir. Biraz fazla maruziyette ölümcül hastalıklara sebep olabilir. | 0,025                 | 0,1                  |
| Krom     | Uzun süreli maruziyette krom tozları akciğer fibrosizine sebep olabilir. Cr <sup>+6</sup> bilinen bir kansorejendir.                                                         | Cr <sup>+6</sup> 0,05 | Cr <sup>+6</sup> 0,1 |
| Kobalt   | Solunduğunda veya cilt temasında cilt hassasılığına sebep olabilir.                                                                                                          | 0,1                   | 0,1                  |
| Kurşun   | Halsizlik, baş ağrısı, uyku hali, mide bulantısı, anemi, ve merkezi sinir sisteminde rahatsızlıklara sebep olabilir.                                                         | 0,15                  | 0,05                 |
| Mangan   | Cilt ve gözlerde tahriş, metal dumanı ateşine ve beyine olumsuz yönde bir dejenerasyona sebep olabilir.                                                                      | 1                     | 5                    |
| Molibden | Herhangi bir mesleki hastalık oluşturduğu düşünülmemektedir.                                                                                                                 | 5                     | 5                    |
| Nikel    | Tekrar edilen cilt temaslarıyla alerjik deri iltihabına sebep olabilir. Kanserojendir.                                                                                       | 0,1                   | 1                    |
| Titanyum | Herhangi bir mesleki hastalık oluşturduğu düşünülmemektedir.                                                                                                                 | 4                     | 15                   |
| Tungsten | Mesleki maruziyette hangi hastalığa sebep olduğu bilinmemektedir.                                                                                                            | 5                     | -                    |
| Vanadyum | Yüksek maruziyetlerde Göğüs ağrısı, öksürük, nefes almada zorlanma, astım ve bronşite sebep olabilir.                                                                        | -                     | 0,5                  |

Çizelge 3.6. Kaynak gazlarının İngiltere ve Amerika Birleşik Devletlerinde kullanılan limit değerleri ve sağlık açısından zararları [Balchin ve Blunt, 2002].

| Element        | Olumsuz etkiler                                                                                                          | Maruziyet limiti (UK) (mg/m <sup>3</sup> ) | Maruziyet limiti (USA) (mg/m <sup>3</sup> ) |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Argon          | Boğucudur                                                                                                                | -                                          | -                                           |
| Helyum         | Boğucudur.                                                                                                               | -                                          | -                                           |
| Karbondioksit  | Boğucudur.                                                                                                               | 5000                                       | 5000                                        |
| Karbonmonoksit | Hemoglobininle birleşerek oksijenin yerini alır. (karbonmonoksit zehirlenmesi)                                           | 30                                         | 50                                          |
| Azotoksitler   | Sebepten olabileceği akciğer ödeminde dolayı ölümcül olabilir. Nefes yetmezliği öksürük vb. hastalıklara sebep olabilir. | 3                                          | 5                                           |
| Oksijen        | Yangına yardımcıdır.                                                                                                     | -                                          | -                                           |
| Ozon           | Tahriş edicidir. Uzun süreli maruziyette Akciğer ödeminde sebep olabilir                                                 | 0,2                                        | 0,1                                         |
| Fosgen         | Toksit bir maddedir. Akciğerde hidrojen klorür oluşumuna sebep olur                                                      | 0,02                                       | 0,1                                         |

### 3.2. Kaynak Dumanı ve Oluşumu

Kaynak sırasında ısınan elektrotun veya telin ucu erir ve sıvı damla oluşur. Bu damlaların oluşması ve düşmesi esnasında damla yüzeyinden buharlaşma meydana gelir [Reading, 2002]. Buharların kimyasal bileşimi sıvı damlaların kimyasal bileşimine bağlıdır [Balchin ve Blunt 2002]. Buharlaşmanın % 90 kaynak elektrotu veya kaynak telinin damlalarından oluşur [Zimmer, 2002]. Sıcak metal buharları yükselirken yoğunlaşır ve havanın oksijenin ile reaksiyona girerek metaloksit partiküllerini oluşturur [Zimmer ve ar., 2001 ve Jenkins ve Eagar 2005 ]. Oluşan toz partiküllerinin boyutları aglomerasyon'dan dolayı büyür [NOHSC, 1990].

Duman tabiri, eriyen metallerin çok küçük boyutta parçacıklar oluşturmak üzere yoğunlaştığında havada askıda kalan katı metalleri ifade eder. Buharlaşan metal dumanı havadaki oksijen ile temas ettiğinde oksitlenir ve dolayısıyla, kaynak dumanında bulunan ana bileşenler, kaynak elektrotunun yapımında kullanılan metallerin oksitleri olmaktadır. Bazı metaller kendi özellikleri nedeniyle diğerlerine göre çok daha tehlikeli olabilecek dumanların oluşumuna neden olurlar [NIOSH, 2002].

Kaynak esnasında ana metal ergime sıcaklığına kadar ısıtıldığı için, genellikle ana metalin oksitlerini içeren bir duman oluşur. Ancak, dumanda metalin kendisi de bulunabilir. Örneğin, galvanizli çeliğin saçların kaynağında duman içinde ciddi miktarlarda çinko bulunabilir ve bu miktar kendinden alev alabilecek bir konsantrasyona kadar ilerleyebilir [Blunt ve Balchin, 2002].

Hem kaynak dumanı oluşum hızı ve hem de kimyasal kompozisyonu kaynak parametreleri ve uygulamadaki değişkenlerden etkilenir. Kaynak dumanı oluşum hızı ve bileşimi aşağıdaki faktörlerden etkilenir [NOHSC, 1990]; [Kahraman ve ark., 2003]; [Bilgin, 2001].

- Kaynak işlem türü
- Akım türü
- Akım şiddeti.
- Ark uzunluğuna bağlı olarak değişen gerilim
- Elektrot ve çalışma parçası arasındaki açı
- Kaynak pozisyonu
- Isı girdisine (akım, gerilim ve kaynak hızına bağlıdır.)
- Kaynatılan iş parçasının kimyasal kompozisyonu
- Kullanılması durumunda ilave metalin kimyasal kompozisyonu
- İş parçasının kaplama durumuna ve yüzey kirliliği
- Kullanılan koruyucu gazlar dan etkilenmektedir.

Duman oluşum hızı kaynakçı becerisine bağlı olarak değişen ark uzunluğu ile değişebilir. Genel olarak ark mesafesinin artması ile gerilim artar ve kaynak duman oluşum hızı da artar [NOHSC, 1990].

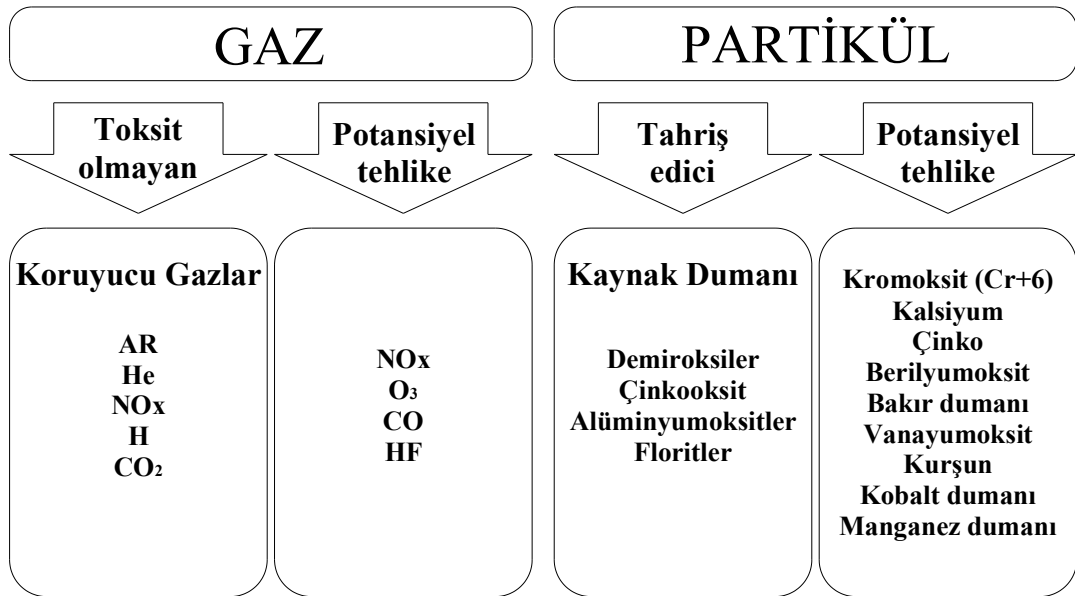
Kaynak duman ve gazının tehlike yaratması aşağıdaki faktörlere bağlıdır [Blunt ve Balchin, 2002].

- Duman veya gazların kimyasal kompozisyonuna
- Oluşan tozların partikül boyutuna
- Tozun veya dumanın kandaki çözünürlülüğüne
- Duman veya gazların absorbe miktarına
- Maruz kalma sürekliliği veya sıklığına
- Mesleki çevreye
- Bireysel etkilenmeye (korunmaya)

Kaynak dumanı aşağıda verildiği gibi formüle edilebilir [NOHSC, 1990].

$$\text{Duman (g/dak)} = \frac{\text{Duman (g/kg)} \times \text{elektrod erime hızı (kg/h)}}{60}$$

Kaynak gaz ve partiküllerinin şematik gösterimi Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Kaynak gaz ve partiküllerinin şematik gösterimi [Kaehn ve ark., 2008].

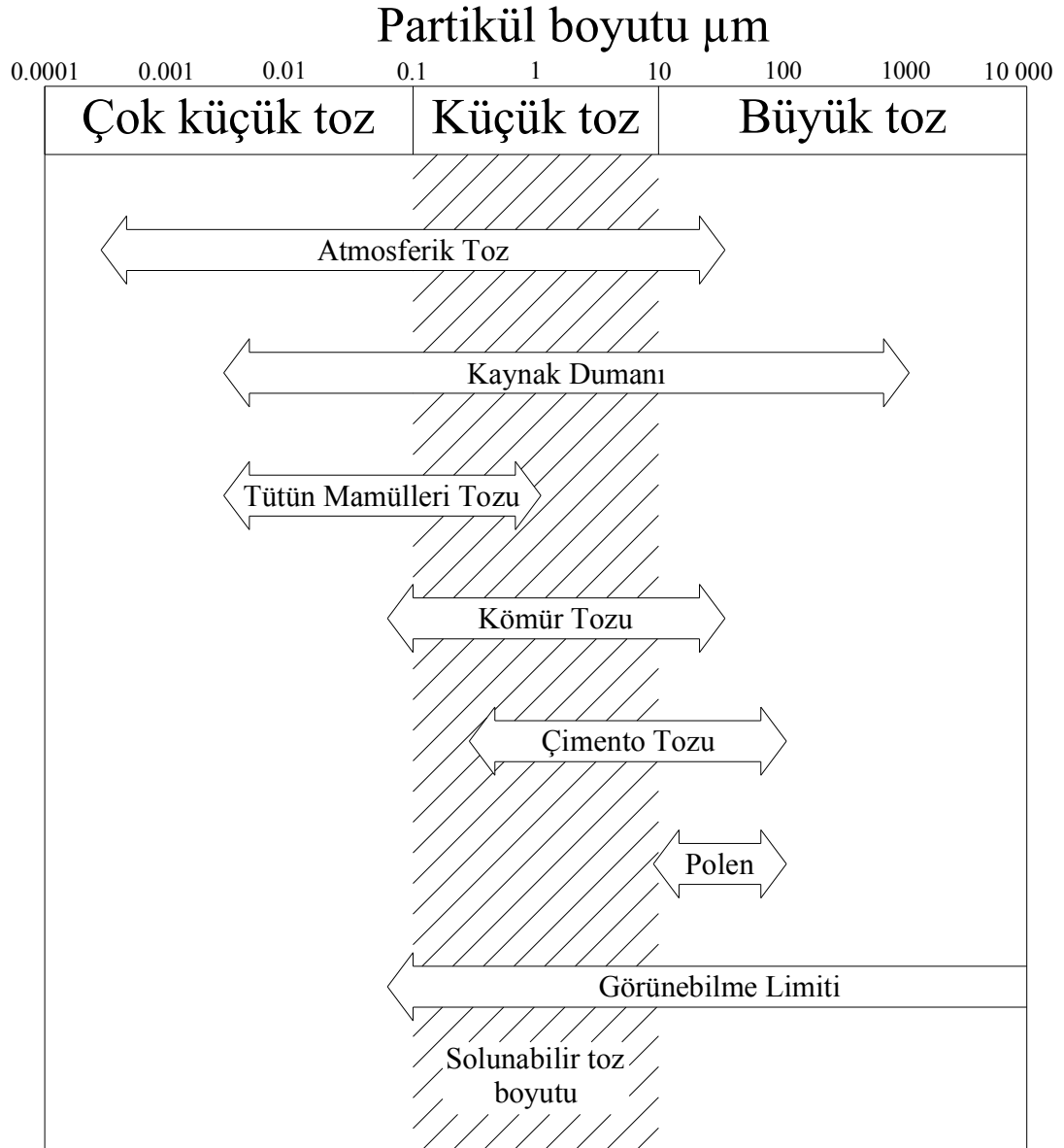
Toz veya dumanlar, çok ince katı parçacıkların havada asılı kalarak oluşturduğu süspansiyonlardır. Çapları havada ne kadar süre asılı kalabileceklerini ve solunum yolunda ne kadar aşağıya kadar ilerleyebileceklerini belirler. 100 µm üzerindeki parçacıklar çok çabuk düşerler ve toz-dumanın oluşum noktasına çok yakın düşerler. Solunmaları pek muhtemel değildir. 30 - 100 µm arasındaki parçacıkları da çok çabuk düşebilirler ancak hava akımları tarafından kolaylıkla daha ileri noktalara taşınabilirler. Bu aralığın altındaki boyuta sahip partiküller solunabilir, ancak burundaki filtreleme mekanizması tarafından tutulacaklardır. Bu partiküller

suda çözünür olmaları durumu hariç, vücuda girmeleri pek muhtemel değildir [Blunt ve Balchin, 2002].

5-30  $\mu\text{m}$  arasındaki parçacıklar ise havada belirgin bir süre asılı kalabilirler. Solunmaları halinde solunum sistemi bronşlarına ulaşabilirler. Burada ise tüylü yapılar tarafından temizlenirler. 5  $\mu\text{m}$  altındaki parçacıklar ise alveol bölgesindeki hava keseciklerine taşınacaklardır. Bu bölgeden atılma ise çok yavaş bir hızda olur. 1  $\mu\text{m}$  çapın altında kalana parçacıklar ise çoğunlukla havada askıda kaldıkları için verilen nefes ile birlikte dışarı atılacaklardır [Blunt ve Balchin, 2002].

İnsanlar, nefes alıp vermeyi durduramadığı ve bir gün içinde alıp-verdiği hava miktarı oldukça yüksek olduğu için, soludukları maddelerden gelen risklere maruz kalmaktadırlar. Ortamda bulunabilecek düşük konsantrasyonlu bir madde dahi bireyin sağlığını etkileyebilmektedir. Gaz ve buharlar alveol bölgesinin derinliklerine kadar teneffüs edilmektedir. Gösterecekleri etki, temelde sahip oldukları kimyasal yapıya bağlıdır [Blunt ve Balchin, 2002].

Bir kaynakçı çok çeşitli toz, duman ve gazlara maruz kalabilmektedir. Bazı kaynak ve kesme işlemleri oldukça yüksek miktarda duman açığa çıkarmaktadır. Bu işlemler esnasında ortaya çıkan parçacıkların boyutları, yukarıda bahsedilmiş olan tüm aralıkları kapsamaktadır ve havada bulunan diğer parçacıklarla da kıyaslanabilmektedir (Şekil 3.2.) [Blunt ve Balchin, 2002].



Şekil 3.2. Kaynak toz boyutlarını diğer tozlar ile karşılaştırılması [Blunt ve Balchin, 2002].

Kaynak duman partikülleri (yani tozlar) oluştukları zaman  $1 \mu\text{m}$  dan daha küçüktürler. Fakat boyutları zamanla aglomerasyon işlemi ile büyümektedir yani partiküller birbirine yapışmaktadır. Partiküller zamanla büyüyerek  $1-7 \mu\text{m}$  olabilir. Bu boyuttaki partiküller solunum organlarındaki tüyler tarafından kolayca temizlenemediğinden dolayı akciğerin dip bölgelerine kadar nüfuz ederek büyük bir sağlık tehlikesi meydana getirebilirler. Kaynak dumanı bulutu içindeki partiküller genellikle ağırdır yani büyük boyutadır ve bu

partiküller yakın bir yüzeye hızlı bir şekilde düşerler. 2 µm dan daha küçük partiküller ise havalandırma yapılmadığı takdirde kaynakçı solunum bölgesinde birkaç saat havada kalabilirler [NOHSC, 1990].

Çalışmanın bu bölümünde insan sağlığı için potansiyel tehlike oluşturabilecek metal tozları hakkında bilgi verilecektir.

### 3.2.1. Krom

Paslanmaz çelik gibi krom alaşımlı malzemeden yapılan kaynak işlemi sonucunda +3 ve +6 değerlikli krom oluşur ki her iki yapı da mukoza, solunum yolları ve akciğer üzerinde tahrişlere neden olurlar. Ayrıca vücut sıcaklığında yükselmeler görülür. +6 değerlikli krom kanser yapma riski yüksek olan bir maddedir. TWA değeri 0.5 mg/m<sup>3</sup> [Kahraman ve ark., 2003].

Krom paslanmaz çeliklerin ana elementi olarak malzeme yüzey tabakasında, sertleştirilmiş malzeme yüzeyinde ve krom alaşımlı elektrotlarda bulunabilir. Paslanmaz çelik kaynak dumanında, yüzeyi sertleştirilmiş malzemelerin kaynak dumanında veya krom alaşımlı elektrotlarla yapılan kaynak dumanında bulunabilen krom mukosal dokulara ve solunum organlarına zarar verebilir. Paslanmaz çeliklerin kaynağında suda çözünebilen +6 değerlikli kroma yüksek konsantrasyonlu maruziyette hem akut hem de kronik krom sarhoşluğu, deri iltihabı ve astıma sebep olduğu rapor edilmiştir [NOHSC, 1990].

Yapılan epidemiyolojik çalışmalar ve hayvansal deneyler ile +6 değerlikli kromun mesleki bir kanserojen olduğu teyit edilmiştir. Kaynaksız yapılan işlerde bu risk belirlenememiştir. Gazaltı paslanmaz çelik kaynakçılarında elektrik ark paslanmaz çelik kaynakçılarına göre muhtemel +6 değerlikli kroma maruziyeti daha azdır. Günümüzde paslanmaz çelik kaynağında büyük ölçüde MIG veya TIG kaynak teknikleri kullanılmaktadır [NOHSC, 1990].

+3 değerlikli kromun biyolojik olarak inert olduğu bilinmektedir. Kaynak dumanı genellikle  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  gibi +3 değerlikli krom veya  $\text{FeOCr}_2\text{O}_3$  gibi çift oksitler içerir [NOHSC, 1990].

Paslanmaz çelik ve yüksek alaşımlı çeliklerin kaynağında krom dumanı bir sorun olarak ortaya çıkar. Kromun TLV-TWA değeri  $0.5 \text{ mg/m}^3$  gibi düşük bir değerdir. Paslanmaz çelik kaynak dumanlarındaki krom çeşitli oksidasyon safhalarında bulunabilir. Kaynak dumanında hem üç değerlikli ( $\text{Cr}^{+3}$ ) hem de altı değerlikli ( $\text{Cr}^{+6}$ ) kromdan önemli miktarlarda tespit edilmiştir. Yapılan analizler, kaynak dumanındaki  $\text{Cr}^{+6}$  konsantrasyonun kullanılan koruyucu gaza bağlı olduğunu ortaya koymuştur.  $\text{Cr}^{+6}$  içeren kaynak dumanının mutasyona yol açabildiğini gösteren çalışmalar yapılmıştır. Paslanmaz çelik kaynakçıları üzerinde yapılan araştırmalar akciğer kanserinden ölüm olasılığı oranının daha yüksek olduğunu göstermektedir [NIOSH, 2002].  $\text{Cr}^{+3}$  hücrelere girmediği için düşük dereceden zehirli olarak kabul edilirken,  $\text{Cr}^{+6}$  yüksek zehirlilik sınıfındadır ve insanlar için kanserojen olarak tanımlanmıştır [Cohen ve ark., 1993].

### 3.2.2. Nikel

Paslanmaz çelik parçaların kaynak işleminde açığa çıkar. Nikel oksit metal buharı ateşine neden olur. Bu oksitler kanserojendir. TWA değeri  $0.1 \text{ mg/m}^3$ 'tür [Kahraman F., ve ark., 2003]

Orta karbonlu çeliklerde, paslanmaz çeliklerde, yüksek mukavemetli çeliklerde ve düşük alaşımlı çelik elektrotlarda bulunan nikel potansiyel bir kanserojen metaldir. Kanserli laboratuvar hayvanlarında bulunmuştur. Fakat Kaynak personellerinin kaynak dumanından nikel bileşiklerini solumasının sağlığa etkileri hakkında çok az bir bilgi vardır. Paslanmaz çeliklerin kaynağında solunum yolunda tahriş meydana gelir [NOHSC, 1990].

Ni parlak beyaz renkli, sert ve paslanmayan bir metaldir. Erime noktası  $1450^{\circ}\text{C}$  ve özgül ağırlığı da  $8.9\text{ gr/cm}^3$  dir. Pil yapımında, nikel kaplama işlemlerinde, paslanmaz çelik yapımında kullanılır.

Cevherden elektroliz ile nikel elde edilmesi, nikel alaşımları vb. hurda malzemeden nikelin geri kazanılması işlemleri, pil yapımı, kapalı yerlerde yapılan kaynak işlemleri, nikel kaplama işleri nikelin başlıca kullanım alanlarıdır. Bu işlemler sırasında gaz formuna geçen nikel solunum yollarından vücuda girerek absorbe edilir. Sindirim kanalından emilim çok azdır, bu yolla maruziyetle toksik tablo genellikle meydana gelmez. Vücuttan atılması başlıca idrar yolu ile olur [Bilir ve Yıldız, 2004].

Nikel paslanmaz çelik kaynak dumanlarında ve nikel alaşımlarında bulunur. Nikel insanlar için kanserojen olarak sınıflandırılmaktadır. Nikel bileşiklerini solumak akciğer kanserine yol açar. Nikel bileşikleri arasında kanserojen potansiyeli açısından oldukça büyük farklılıklar olduğu görülmektedir. Nikel içeren kaynak dumanlarının mutasyona yol açabildiği yapılan çalışmalar da ortaya konulmuştur. Yapılan epidemiyolojik çalışmalar, artan nikel miktarlarına bağlı olarak, paslanmaz çelik kaynakçıların akciğer kanseri gelişimi ihtimalinin daha yüksek olduğunu göstermektedir. Ancak, bu artan riskin sadece duman bileşenlerine ve kaynak işlemlerine has bir artış olduğu kesin olarak kanıtlanamamıştır [NIOSH, 2002].

### 3.2.3. Demir

Kaynak işlemi sırasında oluşan demir oksite uzun süreli etkilene sonucu kişilerde siderosis adı verilen akciğer meslek hastalığı görülebilir. MAK değeri  $10\text{ mg/m}^3$  ve TWA değeri  $3.5\text{ mg /m}^3$ tür [Kahraman ve ark., 2003].

En çok kaynak ihtiyacı duyulan malzemeler demir esaslı malzemelerdir. Demir esaslı malzemelerin kaynak dumanında en çok bulunan FeO dir. Kaynak dumanına uzun süreli maruziyette karaciğerde tortu şeklinde FeO

partikülleri kalabilir. Yeterli miktarda oluştuğu zaman göğüs X-ray filiminde ayırt edilebilir. Tıp bilimindeki adı siderosistur ve pneumoconiosis hastalığının farklı bir biçimidir. Maruziyet ortadan kalktığı zaman siderosis temizlenebilir [NOHSC, 1990].

Çoğu kaynak işleminde duman içeriğinin çoğunu demir oksitleri oluşturur. Demir oksit, solunum sonrasında akciğer kanserine yol açma ihtimali düşük olan bir toz çeşidi olarak görülür. Ancak, demir oksitin alveollar ve akciğer dokusunda birikim yaptığı bilinmektedir. Sonuç olarak, ark kaynağı dumanına uzun süre maruz kalınması kaynakçılarda sideroz olarak bilinen akciğer yangısına (zatürre) neden olmaktadır. Göğüs radyografilerinde dağınık, bulanık yuvarlıklar görülmüş olup genellikle az miktardadırlar ve karmaşık lezyonlar (yara-bere) veya ilerlemiş fibrozlar gözlemlenmemiştir. Dolaşım sistemleri testlerinde işlevlerin fazla değişmediği ve sideroz gelişimi sonrasında dinlenirken veya çalışma esnasında kandaki gazların normal olduğu görülmüştür [NIOSH, 2002].

#### **3.2.4. Mangan**

Mangan her ne zaman kullanılır ise elektrot çekirdeğinde, örtüsünde veya MIG/MAG kaynak tellinde potansiyel bir maruziyet meydana gelir. Dumandan dolayı meydana gelebilen solunum sistemi tahriş olsa da kaynakçılarda ciddi zehirlenmeler az görülür. Manganlı çeliklerin kaynağındaki duman maruziyeti karaciğerde ciddi iltihaplanmalara sebep olabilir [NOHSC, 1990].

Manganez çoğu kaynak dumanında bulunur ve sinirsel ve hücrel zehirleyici bir madde olduğu gösterilmiştir. Mangan oksit, özlü elektrot kaynağında kullanılan elektrot özlerinden biri olup aynı zamanda diğer türdeki elektrotlarda da alaşım elementi olarak kullanılmaktadır. Yüksek oranda mangan içeren bazı özel çelik türlerinin kaynağı yüksek oranda mangan oksit içeren kaynak dumanı üretebilir. Parkinson hastalığına benzeyen mesleki bir merkezi sinir sistem rahatsızlığının belirtilerinden biri de kronik mangan

zehirlenmesidir [NIOSH]. Kaynak dumanına maruz kalmanın Parkinson benzeri bir rahatsızlığa yol açtığı yolunda hipotez ortaya atılmıştır (Sjogren ve ark., 1996, Racette ve ark., 2001). Manganezin kaynakçıların merkezi sinir sistemini etkilediğini gösteren vaka çalışması bulunmamaktadır. Dahası, mangan dumanına maruz kalan kaynakçılarda yapılan bir çalışmada kan içindeki mangan oranının normalden daha yüksek olmadığı görülmüştür [Sjogren ve ark., 1996]

### 3.2.5. Silisyum

Kaynak dumanındaki silisyum, metal elektrot örtülerinden ve özlü elektrotlardaki özlerden gelir. Kaplamalar veya özler silika, demir silikat, kaolin, feldspat, mika veya sodyum silikat formlarında olmak üzere yüksek oranda (%5-30) silisyum içerir. Kaynak dumanında bulunan silisyum silikozise sebep olan kristal formdaki hücreler için yüksek zehirliliğe sahip silika olmaktan ziyade hücreler için zehirli olmayan, amorf yapıdaki silikadır [NIOSH, 2002].

### 3.2.6. Floritler

Temel olarak kaynak elektrotlarında örtü maddesi olarak bulunan flor bileşiklerinin kaynak işlemi sırasında açığa çıkması ve ortam havasına yayılması sonucu solunum yollarında tahrişler ile akut ve kronik etkilenmeler olabilir. Havalandırmanın iyi yapılmadığı kapalı alanlarda ortam havasında bulunan flor konsantrasyonu izin verilen eşik değerinin üzerine çıkabilir. MAK değeri 0.1 ppm ve TWA değeri 2.5 mg/m<sup>3</sup>'tür [Kahraman ve ark., 2003].

Kaynakçılar ark kaynağında, özlütel gazaltı kaynağında, gazaltı kaynak operasyonlarında ve tozlatı kaynağında florit tozlarına, duman veya buharına maruz kalabilir. Florit dumanı gözlere, gırtlığı, solunum organlarına ve cildi tahriş edebilir [NOHSC, 1990].

Kaynak dumanında bulunan floritlerin çoğu metal elektrot örtülerinden veya özlü elektrotların cüruf ve özlerinden gelir. Düşük hidrojen içerikli elektrotlar ve kendinden korumalı özlü elektrotlar yüksek miktarda kalsiyum florit içerir. Florit içeren gazların solunmasının akciğerlerde hasara yol açtığı gösterilmiştir ve işyerinde florit içeren parçacıkların solunmasının mesleki akciğer rahatsızlıklarına yol açtığı belirtilmiştir [NIOSH, 2002]. Metal ark kaynağı dumanlarının gaz metal ark kaynağı dumanlarına göre farelerde daha fazla akciğer rahatsızlığı ve iltihaplanmalarına sebep olduğu deneysel olarak gösterilmiştir [Antonini ve ark., 1999]. Dahası, florit solumanın akciğerlerin bakterilere karşı olan bağışıklık mekanizmasını etkilediği ve böylece enfeksiyona karşı hassasiyeti arttırdığı fareler üzerinde gösterilmiştir [Yamamoto ve ark., 2001].

### 3.2.7. Çinko

Galvanizli parçaların kaynak işleminde çinko oksit oluşur. Çinko oksit metal buharı ateşine neden olur. MAK değeri  $5 \text{ mg/m}^3$  ve TWA değeri  $5 \text{ mg/m}^3$ 'tür [Kahraman ve ark., 2003].

Çinko, galvanizli çelik gibi çelik ürünlerinde bir yüzey kaplaması olarak bulunur. Yeni oluşmuş çinko oksit dumanlarına maruz kalmak, kendi kendini sınırlayan akut bir hastalık olan metal dumanı hummasına, çinko titremesi veya lehim sıtmasına sebep olur. Adeta bir akut grip salgınına benzeyen belirtileri olan hastalık, dumana maruz kaldıktan birkaç saat sonra ortaya çıkar ve 24 ile 48 saat gibi bir süre sonunda tamamen iyileşme görülür. Diğer başka metallerin oluşturduğu taze dumanların da metal dumanı hummasına yol açtığını bildiren raporlar yayınlanmıştır. Beyaz kan hücre sayısındaki geçici bir artış olan lökosit, metal dumanı hummasının genel ve yaygın bir belirtisi olarak bildirilmiş olsa da, kaynakçılar arasında yaygın olup olmadığı bilinmemektedir. [NOHSC, 1990].

Kaynakçıların çinkoya maruz kalmasının çoğunluk sebebi kaynak edilen metalin yüzeyinde bulunan galvaniz kaplamadır. Metal dumanı humması galvanize metalin çinko buharlaştıracak sıcaklığa ulaşmasıyla birlikte çinko oksitce zengin bir duman oluşturması sonucunda oluşur. Metal dumanı humması kaynakçılar arasında en çok görülen akut solunum hastalığıdır. Duman solunumundan 6-8 saat sonra başlar ve ağızda tatlı bir metalik tat, aşırı susuzluk ve öksürük gibi nezle benzeri belirtileri vardır. Bu akut rahatsızlık daha fazla ilerlemez ve 24-48 saat arasında kendiliğinden geçer [NIOSH, 2002].

### **3.2.8. Alüminyum**

Alüminyum çoğu çelik ve demirli olmayan kaynak elektrotu alaşımlarında katkı maddesi olarak kullanılır. Alüminyum aynı zamanda boya, elektrikli kaplama veya spreyleme, daldırma kaplama gibi yöntemlerle kaplanan kaynak metalleri üzerinde de bulunur. Alüminyum alaşımlarının genel gaz metal ark kaynağı uygulamalarında çoğunlukla alüminyum-magnezyum dolgu teli olarak kullanılır ve magnezyumun buharlaşması kolay olduğu için yüksek duman üretme hızı meydana gelir. Alüminyum kaynağı aynı zamanda, solunum sistemi için zehirli bir gaz olan ozonun ortaya çıkmasını da kolaylaştırır [NIOSH, 2002].

### **3.2.9. Bakır**

Bakır ve alaşımları kaynak edildiğinde yüksek miktarda bakıra maruz kalınması muhtemeldir. Gaz metal ark kaynağı elektrotları da bakır oluşumuna neden olurlar. Kaynak dumanında bulunan buharlaşmış bakırın metal dumanı hummasına yol açan metallerden biri olduğu bildirilmektedir [NIOSH, 2002].

### 3.2.10. Kadmiyum

Eritildiğinde gaz formuna geçer. Gaz formundaki kadmiyumun solunması yolu ile de vücuda girer. İn hale edilen kadmiyumun %30 kadarı dolaşıma katılır. Sindirim kanalından da az miktarda (%5 kadar) emilim olabilir. Vücuttan atılımı başlıca idrar ve dışkı yolu ile olur. Vücuttan atılım oldukça azdır, kadmiyumun büyük bölümü organizmada birikir. Depolanma en çok böbreklerde ve karaciğerde olur.

Kadmiyum, çinko ve kalsiyumun antagonistidir (birbirinin etkisini yok eden). Vücutta kadmiyum etkilenmesi bakımından en duyarlı organ böbrektir. Kadmiyum etkisi ile böbrek fonksiyonları bozulur, idrarda şeker ve protein çıkar. Akciğerler ve sindirim sistemine de etkileri vardır, öksürük ve nefes darlığı ile seyreden, amfizeme benzeyen akciğer rahatsızlıkları olabilir. Özellikle akut yüksek dozda etkilenme olduğunda birkaç saat içinde öksürük, göğüs ağrısı, titreme ve terleme ile seyreden akut enfeksiyon tablosuna veya metal dumanı ateşine benzeyen bir rahatsızlık olabilir. Bir gün sonra tablo daha ağırlaşarak 4-7 gün içinde ölümle sonlanabilir. Kronik etkilenme durumunda en duyarlı organ böbrek olmakla birlikte bazı hastalarda karaciğer fonksiyonlarında bozukluk meydana gelebilir. Uzun süreli etkilenmelerde hematopoietik sistemle ilgili belirtiler de olur, orta derecede hipokrom anemi görülebilir. Kadmiyum kemiklerde kalsiyumun yerini aldığı için osteoporoza neden olur. Yaşlılarda ve kadınlarda spontan kemik kırılmaları meydana gelebilir. Bazı hastalarda koku alma duyusunda bozukluk olabilir [Bilir ve Yıldız, 2004].

Kadmiyum kullanılan bir işte çalışan kişide idrarda protein veya şeker bulunması dikkat çekicidir. Kesin tanı için kan veya idrarda kadmiyum düzeyi tayini yapılabilir. Gerekiyorsa işyeri ortamında da kadmiyum düzeyine bakılabilir [Bilir ve Yıldız, 2004].

Tedavi bakımından kişiyi ortamdaki uzaklaştırma dışında yapılacak bir şey yoktur. Hastalığa özel bir tedavi yöntemi söz konusu değildir. Osteoporoz gelişmişse buna yönelik tedavi uygulanabilir [Bilir ve Yıldız, 2004].

İşyeri ortamında kaynağa yönelik olarak havalandırma vb. yöntemlerle havadaki kadmiyum düzeyi kontrol edilmelidir. Gereken durumlarda koruyucu maskeler kullanılabilir. Korunmada tıbbi yaklaşım olarak işe giriş ve aralıklı kontrol muayenelerinde idrar muayenesi yapılmalı, böbrek ve karaciğer fonksiyonları ile kalsiyum ve fosfor düzeyleri kontrol edilmelidir [Bilir ve Yıldız, 2004].

Kadmiyum kaplanmış bir malzeme kaynağında oluşabilir. Kadmiyumoksit dumanı tenefüz edildiğinde solunum sisteminde ciddi tahriş, bronşit, kimyasal akciğer iltihaplanmasına veya karaciğer dokularında aşırı sıvı oluşumuna sebep olabilir. Maruz kalma ve hastalık başlangıcı arasında bir kaç saatlik gizli (anlaşılmayan) bir periyot olabilir. Kadmiyum dumanının aşırı maruz kalmanın etkileri metal dumanı ateşini hatırlatabilir. Kadmiyum dumanına aşırı maruz kalmanın ölümcül olabilir. Kronik kadmiyum zehirlenmesinin sonucunda karaciğer ve böbreklerde hasar oluşabilir [NOHSC, 1990].

Kadmiyum özlü elektrotların imalatında kullanılan özlerde zaman zaman bulunan bir elementtir. Kaynak dumanındaki kadmiyumun akut akciğer solunum rahatsızlığına yol açtığı bildirilmiştir. İltihaplanma, kanama ve/veya ödem gibi klinik belirtileri mevcuttur. Akut durumun tekrar kendini düzeltmesi veya kalıcı akciğer fonksiyon kaybı da meydana gelebilir. Kadmiyum dumanı, ölümcül sonuç doğurabilecek kaynağa özgü sınırlı sayıdaki etmenden bir tanesi olarak tanımlanmaktadır. Kaynak dumanında bulunan kadmiyum metal dumanı hummasına yol açtığı da bildirilmiştir [NIOSH, 2002].

### 3.3. Kaynak Gazlarına Maruziyet

Sanayide çeşitli amaçlarla değişik gazlar kullanılır veya işlemler sırasında bazı gazlar meydana gelebilir. Endüstriyel toksikoloji bakımından işyerlerinde karşılaşılan gazlar; basit boğucu gazlar, kimyasal boğucu gazlar ve iritan (tahriş edici) gazlar olmak üzere üç grupta incelenebilir [Bilir ve Yıldız, 2004].

Basit boğucu gazlar vücutta herhangi kimyasal işleme karışmazlar. Bu gazlar ortamda fazla miktarda bulundukları zaman havadaki oksijen miktarının azalmasına, dolayısı ile hipoksiye neden olurlar. Doğal gazın ana bileşeni olan metan, karbon dioksit, azot, helyum bu grup gazların örnekleridir [Bilir ve Yıldız, 2004].

Kimyasal boğucu gazlar ise vücuttaki enzim sistemlerini bloke ederek veya kimyasal işlemlerle etkileşime girerek etki gösterirler. Bu gazların çok küçük miktarları dahi ciddi zehirlenmeye yol açarlar. Sanayide (ev ortamlarında da) en çok karşılaşılan örnek karbonmonoksittir. Ayrıca hidrojen siyanür ve hidrojen sülfür de endüstriyel toksikoloji bakımından önemli gazlardır [Bilir ve Yıldız, 2004].

İritan gazlar su ile birleştiklerinde asit veya alkali maddeler haline gelerek iritan etki yaratan gazlardır. Azot oksitleri, kükürt dioksit, amonyak sık karşılaşılan örneklerdir [Bilir ve Yıldız, 2004].

Ark kaynağı türlerinde çok sayıda zehirli gaz açığa çıkabilmektedir. Bunlar arasında en öne çıkanları ise ozon, azot oksitler, karbon monoksit ve karbondioksittir. Klorlu hidrokarbonlar gibi kimyasallar çoğu zaman kaynak öncesinde ana metal yüzeyinin temizliğini sağlamak için kullanılır. Tri-klor etilen bu kimyasallar arasında en çok kullanılanıdır ve yüksek bir buhar basıncına sahiptir. Ark etrafındaki havada bulunan buharlar oksitlenmeye maruz kalmakta, kaynak arkının ürettiği ısı ile oksitlenme hızı artmakta ve neticesinde de akciğer dolaşım sistemi için tahriş edici bir gaz

olan fosgen ortaya çıkmaktadır. Kaynak esnasında ortaya çıkan gazların kullanılan kaynak yöntemine göre birkaç farklı kökeni vardır. Bunlar;

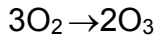
1. Koruyucu gazlar
2. Elektrot kaplamalarının ve özlerinin bozulma ürünleri
3. Atmosferdeki bileşenlerle ark bölgesinde meydana gelen tepkimeler
4. Morötesi ışınların atmosfer gazlar ile tepkimeye girmesi
5. Kaynak edilen metaldeki temizleme sıvıları ve organik kaplamalar [NIOSH, 2002].

### 3.3.1. Ozon

Arktan yayılan (ultraviole, IR) radyasyon havadaki oksijen moleküllerini parçalayarak serbest oksijen atomları oluşmasına neden olur. Bu atomlar, diğer oksijen molekülleri ile reaksiyona girerek O<sub>3</sub> (ozon) moleküllerini oluşturur. 130-175 nm dalga boyundaki ultraviole ışınları ozon oluşumunun ana nedenidir.

Renksiz, sarımsak kokulu ve zehirli bir gazdır. Mukoza özellikle de solunum yolları üzerinde etkilidir. Boğazda kaşıntı ve yanma, öksürük, göğüs ağrısı, akciğer ödemi ve hırıltı etkilenme belirtileridir. MAK değeri 0.1 ppm ve TWA değeri 1 ppm'dir [Kahraman F ve ark., 2003].

Ozon gazı havadaki oksijenin morötesi ışık ile etkileşimi sonucunda oluşur:



Ozon kimyasal açıdan son derece reaktiftir ve de zehirlidir. Çoğu katı ile temas etmesi halinde oksijen haline dönüşmektedir. Ozon aynı zamanda lastiklerle de tepkimeye girer ve yapılarını bozar, dolayısıyla ozon seviyelerinin yüksek olduğu alanlarda lastik hortum ve benzeri ekipmanlar kullanılmamalıdır. Ozon çok çabuk oksijene dönüştüğü için, kaynak işleminin

oluşturduğu duman miktarı ne kadar fazla olursa, üretilen ozon miktarı da o kadar az olur. Koruyucu argon gazının içine çok küçük miktarda (%0.05) azot oksit ilave edilmesinin ozon oluşumunu önlediği iddia edilmektedir. Bu koruyucu gaz patentlidir ve ticari olarak kullanımı vardır. Ozon yüzeyler üzerinde çabucak tepkimeye girerek oksijene dönüştüğü, basit bir maske kullanımı kaynakçıyı koruyacaktır. Atmosferdeki ozonun çoğu, floresan lambalar gibi başka nedenlerden ve güneşin kirlı hava ile tepkimeye girmesinden dolayı ortaya çıkmaktadır [Blunt ve Balchin, 2002].

Ozon ( $O_3$ ) oksijenin allotropik biçimidir. Arkın yaydığı morötesi ışınım ile atmosferdeki oksijenin foto-kimyasal tepkimesi sonucunda oluşur. Tepkime, 210 nm'den daha küçük dalga boyuna sahip ışınım ile iki aşamada gerçekleşir.

1.  $O_2 + \text{UV ışık (<210 nm)} \rightarrow 2O$
2.  $O + O_2 \rightarrow O_3$

Ozon oluşum hızı arkın morötesi ışınım oluşturma yoğunluğu ve dalga boyuna bağlıdır. Bu parametreler ise kaynağı yapılan malzeme, elektrot tipi, koruyucu gaz, kaynak işlemi ve akım, gerilim ve ark boyu gibi kaynak değişkenlerine bağlı olarak değişiklik gösterir. Ozon çok ciddi bir solunum sistemi tahriş edici gazıdır. 0.3 ppm seviyesindeki bir maruziyet ciddi rahatsızlıklara sebep olurken, 10 ppm seviyesinde birkaç saatlik maruziyet akciğer sisteminde ödem oluşmasına yol açabilir. Ozon havada kararsız yapıdadır ve bozunma hızı metal oksit dumanları tarafından arttırılır. Dolayısıyla, özlü elektrot ark kaynağı ve metal ark kaynağı gibi yüksek oranda duman üreten kaynak işlemlerinde önemli miktarda ozon oluşumu meydana gelmez. Ancak, 1968 yılında yapılan çalışmalarda, 40 tersanede üç farklı kaynak işlemi için 0.1-0.6 ppm arasında değişen miktarda ozon ölçümleri yapmıştır. OSHA'nın ozon için halihazırdaki sınır değeri 0.1 ppm'dir. Yapılan diğer çalışmalarda farklı kaynak ve kesme işlemleri için

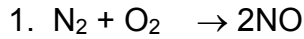
Üretilen ozon seviyelerinin Amerikan TLV değerlerinin altında olduğunu bulmuştur [NIOSH, 2002].

### 3.2.2. Azot oksitler

Renksiz, kokusuz, tatsız durağan bir gazdır. Sıvı halde de renksizdir. Su ve alkolde znr. Gz ve solunum yollarında tahriş, akciğer ödemi ve kusma görülür. Çok uzun süre etkidiğinde diş ve ciltte sarı renk, dişlerde çürüme görülür. MAK değeri 5 ppm ve TWA değeri 3 ppm'dir [Kahraman F ve ark., 2003].

Alev ile yapılan işlemler ve daha az olmakla birlikte ark işlemlerinde ortaya çıkan yan ürünlerden olan azot oksitler ve azot dioksitler havanın oksijen ile tepkimeye girmesi sonucunda oluşmaktadırlar. Bu gazların her ikisi de zehirlidir ve belli bir oranın üzerinde bulunurlarsa ciddi bir tehlike arz ederler. Yetersiz havalandırmaya sahip bölgelerde yapılan elik n tavlamalarında ölümcül kazalar meydana gelmiştir. Fazla maruz kalmanın etkileri ilk birkaç saat içinde kendini göstermez ve maruz kalan kişi tehlikenin farkında olmayabilir, bu nedenle yeterli önleyici tedbirlerin alınması şarttır [Blunt ve Balchin, 2002].

Kaynak esnasında ortaya çıkan azot oksitler, atmosferdeki azotun arkın veya alevin oluşturduğu yüksek sıcaklıklarda doğrudan oksitlenmesi ile oluşur. İlk tepkime azot ve oksijenden nitrik oksit (NO) oluşumudur



NO oluşum hızı 1200°C altında pek belirgin değildir ancak, artan sıcaklıkla birlikte oluşum hızı da yükselir. NO hava ile seyreldikten sonra oksijen ile tepkimeye girerek azot dioksit meydana getirir.

## 2. $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$

Azot oksitlerin gözler, mukoza dokuları ve solunduğu zaman akciğerler için çok tahriş edici olduğu bilinmektedir. Yüksek konsantrasyonlara maruz kalmak akciğer dolaşım sisteminde tahrişe ve ödeme sebep olabilir. Kronik maruziyet durumunda ise akciğerlerin çalışma düzeni etkilenecek akciğer yeterliğinde düşüşe, soluk alıp-verme kapasitesinin azalmasına ve hayati kapasitenin azalması sonucu ortaya çıkar. Özlü elektrot ark kaynağı esnasında kaynak bölgesindeki azot dioksit konsantrasyonunun 7 ppm gibi yüksek değerlere ulaşabileceği bildirilmiştir. Bununla birlikte, göz koruyucu maskenin arkasında 2 ppm'e kadar düşebilen azot oksit seviyesi kaynak maskesinin nefes bölgesi için bir miktar koruma sağladığını göstermektedir [NIOSH, 2002].

### 3.3.3. Karbondioksit ve karbonmonoksit

Karbondioksit ( $\text{CO}_2$ ) gaz kaynağında koruyucu gaz olarak kullanılır. Suda çözünen, katı, sıvı, ve gaz halinde bulunur. Gaz halinde iken renksiz, kokusuz ve boğucudur. Solunum yoluyla etki eder. Havalandırma veya emici tesisatı bulunmayan kapalı ortamlarda yapılan kaynak işleminde bu gazın oranı, % 10'na çıkması halinde kandaki hemoglobin ile birleşerek kanın oksijen taşımamasını önler. Bu taktirde solunum güçlüğüne, baygınlığa ve daha yüksek konsantrasyonunda ölüme neden olabilir. MAKdeğeri 5000 ppm TWA değeri 25 ppm'dir [Kahraman F., ve ark., 2003].

Karbondioksit ( $\text{CO}_2$ ) ve karbonmonoksit (CO) elektrot kaplama ve özlerindeki organik bileşenlerin çözünmesi ve kaplamalardaki inorganik kaplamaların bozunması ile oluşur. CO gazı genellikle, çeliklerin kaplamasında kalsiyum karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ; kireç) içeren elektrotlarla kaynak edilmesi esnasında veya koruyucu gazların  $\text{CO}_2$  veya Ar/ $\text{CO}_2$  karışımı olduğu gaz metal ark kaynağı esnasında ortaya çıkar. Ark içindeki ve eriyik metal yüzeyindeki çok yüksek

sıcaklıklarda ise CO<sub>2</sub>, kimyasal olarak daha kararlı olan CO'ya indirgenir [NIOSH, 2002].

Karbonmonoksit (CO) renksiz, kokusuz boğucu bir gazdır. Uygun ve yeterli havalandırma sisteminin olmadığı kapalı yerlerde yapılan kaynak işlemlerinde CO miktarı yüksek değerlere erişir. CO hemoglobin ile birleşerek kanın oksijen taşımalarını engeller. Yorgunluk, baş ağrısı, çarpıntı ve bayılma gibi belirtiler görülür. MAK değeri 500 ppm ve TWA değeri 25 ppm'dir [Kahraman F ve ark., 2003].

Karbon monoksit bir gaz alevindeki yanma işleminin tamamlanamaması sonucu ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla da indirgeyici özelliğe sahip alevlerde daha fazla ortaya çıkar. Ayrıca, elektrod özlerinin bozunma ürünü olarak da oluşabilmektedir [Blunt ve Balchin, 2002].

CO zehirliliğinin sebebi, karboksil-hemoglobin oluşturması ve dolayısıyla da kanın çeşitli dokulara oksijen taşıma kapasitesini azaltmasında ileri gelir. Eğer karboksil-hemoglobin seviyesi %50'ye ulaşırsa bilinç kaybı meydana gelir. Tersanelerde yapılan bir çalışmada kaynak arkından uzak noktalarda oldukça düşük CO seviyeleri ölçülürken, koruyucu gaz olarak CO<sub>2</sub> kullanılan ark yakınlarında ise konsantrasyonların yüksek olduğu tespit edilmiştir. İç mekanlarda yapılan kaynaklar duman bulutu etrafındaki CO konsantrasyonun dış mekamlardakine göre 8 kat daha fazla olduğunu göstermiştir. Aynı zamanda, iç mekanlarda çalışan kaynakçıların kanındaki karboksil-hemoglobin seviyesinin %15'i aştığı bulunmuştur. Bu %20'ye yaklaşan karboksil-hemoglobin seviyesi damarların büyük molekülleri geçirmesini arttırmakta ve patojenik damar sertliği için önemli bir gösterge olabilmektedir. Buna karşın bu seviye, kalp ritmi değişimlerine, baş ağrılarına, halsizliğe, mide bulantısına veya baş dönmesine yol açan %30 seviyesinin altında kalmaktadır [NIOSH, 2002].

### 3.3.4. Fosgen

Elektrik ark kaynağı yakınında bulunan klorlu solventlerin buharları arkta fosgene dönüşür. Renksiz, çok uçucu ve kolayca sıvılaşılabilen benzol veya toluende çözünen zehirli bir gazdır. Ağız ve boğazda tahriş ile yanıklar oluşturur. Solunum yolu ile etki eder ve akciğer ödemi yapar. MAK değeri 0.1 ppm ve TWA değeri 0.1 ppm'dir [Kahraman F ve ark., 2003].

Fosgen son derece zehirli bir kimyasal olup, morötesi ışınların klorlu çözücülerle etkileşmesi sonucunda ortaya çıkar. Dolayısıyla, kaynak işleminin yapıldığı bölgede bu türden tüm çözücülerin ortadan kaldırılması korunma sağlayacaktır [Blunt ve Balchin, 2002].

## 4. İŞ SAĞLIĞI

### 4.1. İş Sağlığı Kavramı

İş sağlığı genel olarak çalışma hayatı ve sağlık arasındaki ilişkileri inceleyen bir bilimdir. İş ve sağlık arasındaki ilişkilerin incelenmesinde kullanılan yaklaşımlar birbirini tamamlayan iki ana grup halinde ele alınabilir. Konu insan sağlığı ile ilgili olduğu için çalışanların sağlığının korunması, hastalanan ve kazaya uğrayanların iyileştirilmesi gibi uygulamalar iş sağlığının tıbbi boyutu olan iş hekimliğini oluşturur. Çalışanların sağlığını belirleyen faktörler arasında işyerinde bulunan çeşitli madde ve etkenler çok önemlidir. Bu maddelerin varlığının saptanması, düzeylerinin ölçülmesi ve gerektiğinde kontrol altına alınması şeklinde daha çok teknik konuları kapsayan uygulamalar da iş olarak adlandırılır [Bilir ve Yıldız, 2004].

### 4.2. Meslek Hastalığı Kavramı

Meslek hastalığı bir kişinin, çalışma hayatında karşılaştığı etkenler nedeniyle meydana gelen hastalıklarıdır. Meslek hastalıkları belirli mesleklere özgü hastalıklardır. Bu hastalıklarda yapılan iş ile hastalık arasında doğrudan nedensel bir ilişki söz konusudur. Bu ilişki öyle boyuttadır ki, kişi söz konusu işte çalışmıyor olsa bu hastalık meydana gelmeyecektir. Örnek olarak kurşun zehirlenmesi düşünüldüğünde, bu hastalık ancak kurşun kullanılan işlerde çalışan kimselerde meydana gelebilir. Benzeri şekilde pnömokonyoz da ancak tozlu ortamlarda çalışan kişilerde meydana gelebilir. Meslek nedeniyle kurşun etkilenmesi olmayan bir kişide kurşun zehirlenmesi (nadir haller dışında) görülmeyeceği gibi, tozlu yerlerde çalışmayanlarda da pnömokonyoz meydana gelemez [Bilir ve Yıldız, 2004].

Gerçekte çalışanların sağlık sorunları arasında meslek hastalıkları çok sık değildir. Ancak bu hastalıkların mesleğe özgü olması ve korunulabilir olması nedeniyle meslek hastalıkları iş sağlığı konuları arasında önemli bir yer tutar.

Çalışanlar arasında meslek hastalıklarından daha sık görülen bir grup sağlık sorunu da “işle ilişkili” hastalıklardır. Bu grupta yer alan sağlık sorunları genel olarak yetişkinlerde sıkça görülen kalp hastalıkları, kronik obstrüktif akciğer hastalıkları, kas ve iskelet sistemi hastalıkları vb. kronik ve dejeneratif hastalıklardır. Bu hastalıkların oluşunda birden fazla faktör rol oynar ve bu faktörler arasında bazı mesleklerde çalışıyor olmak da yer alır. İşle ilişkili hastalıklara örnek olarak kronik bronşit sayılabilir. Kronik bronşitin en başta gelen nedeni sigara içilmesidir. Bazı mesleklerde (örneğin tozlu iş ortamında) çalışıyor olmak bu hastalık bakımından riski artırır. Bununla birlikte kronik bronşit belirli bir mesleğe özgü değildir, hastalıkla meslek arasında özgül bir nedensel ilişki yoktur. Zira tozlu işlerde çalışanlarda kronik bronşit riski daha fazla olmakla birlikte, bu hastalık tozlu işyerinde çalışmayan kişilerde de görülebilir [Bilir ve Yıldız, 2004].

Meslek hastalıkları çoğunlukla kronik seyirli hastalıklardır ve uzun süreli etkilene sonucunda meydana gelir. Bu yüzden meslek hastalığı tanımında bazı mesleklerde çalışıyor olmanın yanı sıra, belirli bir işyerinde uzunca bir süreden beri çalışıyor olma özelliği yer almalıdır. Ülkemizde Sosyal Sigortalar Kurumu yasasında ve bu yasaya bağlı olan Sosyal Sigorta Sağlık İşlemleri Tüzüğü’nde meslek hastalığı tanımı şu şeklide verilmektedir: “sigortalının, çalıştırıldığı işin niteliğine göre tekrarlanan bir sebeple veya işin yürütüm şartları yüzünden uğradığı, geçici veya sürekli hastalık, sakatlık ve ruhi arıza halleri meslek hastalığıdır” [Bilir ve Yıldız, 2004].

Tanımda meslek hastalığının meslekle ilişkisi net bir biçimde ortaya konmaktadır. Bununla birlikte birkaç nokta üzerinde durulması uygun olacaktır. Meslek hastalığı kısa süreli maruziyetler sonucu değil de tekrarlanan sebeple oluşmaktadır. Meslek hastalığı genellikle aylar-yıllar boyu tekrarlanan maruziyetler sonucu oluşur. Yani örneğin bir veya birkaç kez tozlu ortama veya maden ocağına girmekle pnömokonyoz meydana gelmez. Pnömokonyoz çoğunlukla tozlu işlerde 10 yıl veya daha uzun süre çalışanlarda görülür. Hastalığın oluşabilmesi için en az 3 yıllık maruziyet

süresinin geçmesi gerektiği Sosyal Sigorta Sağlık İşlemleri Tüzüğü'nde belirtilmektedir. Benzeri şekilde gürültüye bağlı işitme kaybı oluşması için de en az 2 yıl gürültülü ortamda çalışmış olmak gerekmektedir. Meslek hastalığı, işin niteliğine göre de farklı farklı olmaktadır, yani değişik işlerde, etkilenilen faktöre bağlı olarak farklı meslek hastalıkları oluşmaktadır. Tanımda meslek hastalıklarının geçici veya sürekli olabildiğine işaret edilmekle birlikte bu hastalıklar genellikle sürekli dir [Bilir ve Yıldız, 2004].

#### **4.3. Meslek Hastalıklarının Türleri ve Nedenleri**

Meslek hastalıkları çeşitli etkenlere bağlı olarak farklı türlerde olabilir. Öte yandan hastalık vücutta farklı organlarla ilgili çeşitli belirtilerle seyredebilir. Bu yüzden meslek hastalıklarının incelenmesinde iki yönden yaklaşım yapılabilir; birincisi hastalık tablosuna göre adlandırma, diğeri ise hastalığın nedenine yönelik sınıflandırmadır. Hastalıkta görülen belirtiler veya hastalığın yerleştiği organ olarak değerlendirildiğinde en sık görülen meslek hastalığı türünün deri hastalıkları olduğu görülür. İnsan vücudundaki en büyük organ ve dış ortamla doğrudan temas halinde bulunması nedeniyle deri hastalıklarının sık görülmesi olağandır. Ancak özellikle gelişmekte olan ülkelerde rutin veri kaynaklarında bunu saptama olanağı yoktur, çünkü deri hastalıkları önemli bir sorun olarak algılanmadığı ve yeterince önemsenmediği için bu yakınma ile sağlık kuruluşuna başvurulmaz, böylece deri hastalıkları meslek hastalığı olarak kayıtlara yeterince geçmez [Bilir ve Yıldız, 2004].

Meslek hastalıklarında deriden sonra en sık tutulan bir sistem de solunum sistemidir. Solunum sistemi de dış ortamla doğrudan temas halindedir ve çevredeki pek çok faktör akciğerlere kolaylıkla ulaşabilir. Alveoler yüzeyin çok geniş olması da temas yüzeyini dorudan arturmaktadır. İşyeri ortamında bulunan tozlar, kimyasal maddeler solunum yollarında etki yapabilir veya akciğerlerin derinliklerine kadar ulaşp orada birikebilir ve çeşitli reaksiyonlara yol açılabilir [Bilir ve Yıldız, 2004].

Deri ve akciğerler dışında pek çok organ ve sistemle ilgili bulgu ve belirtiler de çeşitli meslek hastalıklarında görülebilir. Bunlar arasında hematopoietik sistem, sinir sistemi, dolaşım ve sindirim sistemleri, böbrekler, gözler, işitme duyusu gibi organ ve sistemler sayılabilir. Öte yandan bazan meslek hastalığı tablosunda birden fazla organ veya sistemlerle ilgili belirti ve bulgular olabilir. Örneğin kurşun zehirlenmesi sistemik bir zehirlenme tablosu şeklinde seyir gösterir ve sinir sistemi, dolaşım sistemi, sindirim sistemi, böbrekler, hematopoietik sistem gibi çeşitli organ ve sistemle ilgili belirti ve bulgular olabilir [Bilir ve Yıldız, 2004].

Meslek hastalıklarının incelenmesinde bir başka yaklaşım ise bu hastalıkları etkenlerine göre sınıflandırmaktır. İşyerlerinde işin niteliğine göre çeşitli etkenler olabilir. İnceleme kolaylığı bakımından işyeri ortam faktörleri kimyasal, fiziksel, biyolojik vb. gruplar halinde değerlendirilir. Meslek hastalıkları da bu yaklaşıma paralel olarak sınıflandırılabilir. Buna göre başlıca meslek hastalığı grupları şu şekildedir;

#### **4.3.1. Fiziksel nedenli meslek hastalıkları**

Bu grupta işyeri ortamında bulunan başlıca fiziksel etkenlere bağlı olarak gelişebilecek meslek hastalıkları yer alır. Sık örnekleri olarak gürültüye bağlı işitme kaybı, sıcak ve soğuk ortamda çalışanlarda görülen meslek hastalıkları, iyonize ve iyonize olmayan radyasyonun etkilerine bağlı hastalıklar, yüksek ve düşük basıncın neden olduğu sağlık sorunları, titreşim etkisi ve tekrarlayan işlemler nedeniyle meydana gelen hastalıklar vs. sayılabilir [Bilir ve Yıldız, 2004].

#### **4.3.2. Kimyasal nedenli meslek hastalıkları**

İş ortam faktörleri olarak en çok karşılaşılan etkenler kimyasal maddelerdir. Çeşitli işlerde kullanılan kimyasal maddelerin sayısı binlerle ifade edilecek kadar çoktur. Bu maddelerin hepsi insan sağlığı bakımından sakıncalı etki

göstermemekle birlikte, oldukça çok sayıda kimyasal maddeye bağlı meslek hastalığı da görülmektedir. Sık olarak karşılaşılan örnekleri arasında kurşun, civa gibi ağır metallerle meydana gelen zehirlenmeler, karbonmonoksit, hidrojen siyanür, kükürt dioksit gibi zehirli ve iritan gazların yol açtığı hastalıklar, benzen, toluen, hekzan, trikloretilen vb. solventlerin neden olduğu sağlık sorunları, asit ve alkali maddeler, pestisidler, kanserojen maddelerin neden olduğu hastalıklar vs. sayılabilir. Bu maddelerin bazıları öldürücü olabilen zehirlenme tablolarına yol açabilir, bazıları sinir sistemi belirtileri ve davranış bozuklukları ile seyredebilir veya malign hastalıkların gelişmesine neden olabilir [Bilir ve Yıldız, 2004].

#### **4.3.3. Tozlarla meydana gelen meslek hastalıkları**

En çoğu solunum sistemi ile ilgili olmak üzere tozların yol açtığı çeşitli hastalıklar vardır. Bazı tozlar deri ve mukozalarda iritan etki yapar, bazıları akciğerlerde depolanır, fibrotik reaksiyona neden olarak kronik solunum sistemi hastalıklarına yol açar, bazıları ise kanser gelişmesine neden olur. Toz maruziyeti en çok madencilikte sorundur. Bununla birlikte toprak ve seramik malzeme imali, taş ocağı ve taş işçiliği, demir döküm işleri gibi pek çok alanda toz maruziyeti söz konusu olabilir. Bu işlerde çalışanlar inorganik tozlarla karşılaşır. Öte yandan dokumacılık, tarım ve hayvancılık gibi bazı mesleklerde çalışanlar da bu işleri sırasında bazı organik tozlarla karşılaşır. Organik tozlara bağlı olarak da bazı meslek hastalığı tabloları tanımlanmıştır [Bilir ve Yıldız, 2004].

Çalışma hayatı ve insan sağlığı bakımından tozun büyüklüğü ve aerodinamik çapı, partikülün akciğer alveollerine kadar ulaşması açısından önem taşır. Çapı 10 mikrondan daha fazla olan tozlar solunum yollarına girdikleri halde alveollere kadar ulaşamazlar, bronşiyal mukosiliyer sistem tarafından tutulur ve geri atılırlar. Bu büyüklükteki tozlara “inhalable” toz adı verilir. Çapı 10 mikrondan az olan partiküller ise alveollere kadar ulaşabilirler, bu grup tozlara da “solunabilir” toz adı verilir. Sağlık etkileri bakımından bu gruptaki tozlar

önem taşımaktadır. Kimyasal yapıları bakımından da tozlar “inorganik” (demir tozu, silis tozu, kömür tozu vb.) ve “organik” tozlar (pamuk tozu, şeker kamışı tozu, kümes hayvanlarının tüyleri, bazı mikroorganizmalar vs.) olmak üzere iki gruba ayrılır. İnorganik tozlar akciğer parankiminde birikir ve fibrotik reaksiyona yol açmak suretiyle çeşitli solunum hastalıklarına neden olur. Organik tozlar ise daha çok allerjik mekanizmalar sonucunda bazı hastalıkların gelişmesine neden olurlar [Bilir ve Yıldız, 2004].

### Meslek Hastalıklarına Sebep Olan Toz Çeşitleri

#### *İnert tozlar*

Bu tozlar (örneğin baryum tozu) inert olup vücutta herhangi reaksiyona girmeden lenfatiklerle vücut dışına taşınır. Ancak bu tozlar da fazla miktarda olduğunda lenfatiklerde tıkanıklığa yol açabilir [Bilir N., Yıldız A. N., 2004].

#### *Toksik tozlar*

Bazı metallerin tozları solunum yolundan vücuda girdiğinde vücutta değişik organlara yönelir, bazı kimyasal sistemlerle etkileşime girer ve zararlı etkiler meydana getirir, zehirlenme tablolarına neden olur. Bu tür tozlara toksik toz adı verilir. Kurşun, krom, nikel, kadmiyum gibi metallerin tozları bu gruba örnek olabilir [Bilir ve Yıldız, 2004].

#### *Alerjik tozlar*

Bu tozlar solunum yollarında spazma yol açarak astım benzeri tabloya neden olur, deri temas ettiğinde de allerjik rahatsızlıklar yaratabilir. Pamuk tozu tipik örnek olmakla birlikte, keten, kenevir tozu, şeker kamışı tozu, kuşların tüylerinden gelen tozlar gibi organik tozlar ve cam yünü (cam elyafı), kireç tozu gibi inorganik tozlar da bu grupta sayılabilir [Bilir ve Yıldız, 2004].

Bu etki ve insan sağlığı bakımından en önemli olan grup fibrojenik tozlardır. Bu tozlar akciğerlere ulaştığında orada depolanır, fibrotik reaksiyona yol açar ve sonuç olarak öksürük, nefes darlığı gibi belirtilerle seyreden kronik obstruktif akciğer hastalıklarına neden olur [Bilir ve Yıldız, 2004]

#### Kanserojen tozlar

Bazı tozlar da özellikle akciğerlerde ve solunum sisteminin diğer bölümlerinde kansere neden olurlar. Bu konuda en çok bilinen örnek asbest lifleridir. Asbest akciğer kanserin başlıca nedenlerinden birisidir. Mezotelyoma ise yalnızca asbest etkisi ile meydana gelen bir malign hastalıktır. Asbest dışında krom, nikel, kadmiyum gibi bazı metal tozları ile arsenik tozlarının da çeşitli kanserlerin gelişmesinde etkili olduğu bilinmektedir [Bilir ve Yıldız, 2004].

Kimyasal yapılarına göre de tozlar iki temel gruba ayrılır. Bir grupta demir, kömür, kum, asbest, imento gibi inorganik yapıda olan tozlar vardır. Diğer grupta ise pamuk tozu, şeker kamışı tozu, mantar sporu, kümes hayvanı tüyü gibi organik yapıda olan tozlar bulunur. İnorganik tozlar akciğerlerde depolanma eğilimindedir. Bunlar arasında fibrojenik potansiyeli olanlar fibrozise yol açarak kronik akciğer hastalığına neden olurlar. Organik tozlar ise akciğerlerde depolanmaz, doğrudan fibrojenik etki de göstermez, ancak bir tür allerjik mekanizma aracılığı ile solunum yollarında spazma neden olur. Tekrarlayan spazmodik ataklar sonucunda kronik akciğer hastalığı tablosu oluşur [Bilir ve Yıldız, 2004].

Tozların akciğerlerde hastalık meydana getirmesi bakımından hem tozun hem de kişinin bazı özellikleri önem taşır. Kişisel özelliklerden en önemlisi sigara içilmesidir. Toz nedeniyle meydana gelen akciğer hastalıklarının her türü sigara içenlerde daha sık görülür. Ancak bu konudaki en önemli konu asbeste bağlı akciğer kanserleridir. Sigara ve asbest birbirinden bağımsız olarak akciğer kanserine neden olurlar. Ancak sigara ile asbest birlikte

olduğunda akciğer kanseri riski çok yüksek düzeylere çıkmaktadır. Kişisel özellik olarak genetik yapının da önemi vardır. Alfa-1 antitripsin enziminin eksikliği durumunda genel olarak solunum sistemi hastalıklarına bir yatkınlık söz konusudur. Bu kişiler toza bağlı akciğer hastalıklarının meydana gelmesi bakımından da daha duyarlıdır [Bilir ve Yıldız, 2004].

Akciğer hastalıklarının meydana gelmesi bakımından tozun bazı özellikleri de önemlidir. Bunlardan bir tanesi tozun partikül büyüklüğüdür. Yukarıda da belirtildiği gibi büyüklüğü 100 mikrondan daha az olan tozlar akciğerlere girebilir. Bu grup tozlara inhale edilebilen (inhalable) toz adı verilir. Ancak tozun akciğerlerde hastalık yapabilmesi bakımından solunum yollarına girmesi yeterli değildir, solunum yollarına giren tozun alveolere kadar ulaşması gerekir. Alveollere ulaşabilen tozlar ise 10 mikronun altındaki tozlardır. Bu gruptaki tozlara da solunabilir (respirable) toz adı verilir. Solunabilir tozlarda da 8-10 mikron dolayındaki tozlar daha çok bronşiyoller düzeyinde silialı epitel hücreleri tarafından tutularak mukus içinde yukarıya doğru iletilir ve yutulur veya balgam içinde dışarı atılır. Partikül büyüklüğü 5 mikron ve daha ufak olan tozlar ise bronşiyol düzeyini de geçerek alveollere ulaşır. Akciğerlerde hastalık meydana gelmesi bakımından büyüklüğü 0.5 ile 5 mikron arasında olan tozlar en büyük tehlikeyi oluşturur. Daha ufak olan tozlar alveol içinde havada asılı olarak durur ve solunumla veya lenfatikler yolu ile atılır. Çevrede bulunan bazı partiküllerin büyüklükleri çizelge 7’de görülmektedir [Bilir ve Yıldız, 2004].

Alveollere gelen tozlar burada makrofajlar tarafından fagosite edilir ve bu yolla elimine edilir. Ancak fibrojenik özellikteki tozlar makrofajları tahribederek parçalar ve alveol içine yayılırlar. Makrofajlar tarafından tekrar fagosite edilen tozlar bu makrofajları da parçalar, bu arada tozların bir kısmı alveoler epitel ve bazal membranı geçerek interstistisyuma ulaşır. Böylelikle akciğerde fibrotik reaksiyon başlar. O halde hastalık meydana gelmesi bakımından tozun büyüklüğünün yanı sıra fibrojenik potansiyeli de önem taşımaktadır. Fibrojenik özellikte olmayan tozlar alveollere kadar ulaşırsalar bile, fibrotik

reaksiyon oluşmayacağı için ciddi soruna neden olmazlar. Akciğerlerde hastalık meydana gelmesi bakımından tozun ortamdaki konsantrasyonu ve kişinin maruziyet süresinin de önemli olduğunu belirtmek gereklidir. Solunan toz miktarı az olduğunda alveoller makrofaj sistemi ile elimine edilmesi daha kolaydır, ancak yoğunluk fazla ise tozun tamamının elimine edilmesi mümkün olmaz. Toza bağlı akciğer hastalığı meydana gelmesi bakımından en kısa maruziyet süresi 3 yıl olarak kabul edilmekle birlikte çoğu kez 10 yıl ve daha uzun süreli etkilenmenin sonunda hastalık ortaya çıkar [Bilir ve Yıldız, 2004].

Çizelge 4.1. Bazı toz büyüklükleri [Bilir ve Yıldız, 2004].

| Partikül adı      | Büyüklüğü (µm) |
|-------------------|----------------|
| Sigara dumanı     | 0,01-0,4       |
| Egzos dumanı      | 0,04-1         |
| Bakteri           | 0,03-20        |
| Metal tütsüleri   | 0,001-100      |
| Çimento tozu      | 3-100          |
| Bitki sporları    | 10-40          |
| Polen             | 10-1000        |
| İnsan saç kılı    | 5-500          |
| Aksırık materyali | 10-400         |
| Kül               | 1-1000         |
| Dökümhane tozu    | 1-1000         |

#### 4.3.4. Biyolojik faktörlere bağlı meslek hastalıkları

Bu grupta başlıca sağlık personeli ile tarım ve hayvancılık işlerinde çalışanlarda görülen ve mikro organizmaların neden olduğu hastalıklar bulunur. Bu grupta yer alan hastalıkların bazıları hem insanlarda hem de

hayvanlarda görülebilir (zoonoz). Tüberküloz, şarbon, brucellozis, parazit hastalıkları biyolojik nedenli meslek hastalıklarının en çok bilinen örnekleridir [Bilir ve Yıldız, 2004].

#### **4.3.5. Ergonomik faktörlere bağlı meslek hastalıkları**

Çalışma sırasında sağlığa uygun olmayan duruş ve çalışma şekilleri, ağırlık kaldırma ve taşıma, hızlı çalışma temposu gibi faktörler de bazı sağlık sorunlarının nedeni olabilir [Bilir ve Yıldız, 2004].

## **5. KAYNAK DUMANI VE GAZININ YOL AÇTIĞI MESLEKİ RAHATSIZLIKLAR**

Kaynak dumanı ve gazının yol açmış olduğu rahatsızlıklar solunum sisteminden kaynaklanan ve solunum sistemi harici rahatsızlıklar olmak üzere iki grup'a ayrılabilir.

### **5.1. Solunum Sisteminde Meydana Gelen Rahatsızlıklar**

#### **5.1.1. Akciğer dolaşım sistemi**

Son birkaç on yılda kaynak dumanının işçilerin akciğer dolaşım sistemine olan etkilerini inceleyen çok sayıda çalışma yapılmıştır. Akciğer dolaşım sistemi testleri, ciğer genişlemesini kısıtlayan veya elastikliğini azaltan fibroz ve anfizem gibi rahatsızlıkları tespit etmekte kullanılırlar. Bu testlerde alınan veya verilen hava miktarı, cebri koşullarda veya normal koşullarda ölçülür. Dolaşım sistemi testleri mesleki grupların, soludukları maddelere maruz kalmasından sonra solunum sistemlerinde meydana gelen hasarı izlemek için kullanılır. Ancak, bu testler akciğer patolojisinde meydana gelen ilk işaretleri her daim yakalayabilecek hassasiyette değildirler ve dolaşım sistemindeki ölçülebilir azalmalar ortaya çıkmadan önce geri dönülemez hasarlar oluşabilir. Kaynak dumanlarının akciğere etkisini inceleyen çalışmalarda birbirinden oldukça farklı sonuçlar elde edilmiştir. Bazı çalışmalar kontrol altına alınmış ortamlarda, bazıları normal işyerlerinde ve bazıları da laboratuvarlarda yapılmıştır. Dolayısıyla, kullanılan kaynak işlem türü ve malzemeler, maruz kalma süresi, çalışılan bölgenin havalandırması ve kaynak yapılan zaman ile akciğer ölçümü arasında geçen süre gibi birçok etmen kaynak dumanına maruz kalmanın sonuçlarını ciddi biçimde etkilemiştir. Bu etmenlere ilave olarak, kaynakçıların akciğer sistemi testlerini etkileyecek üç etmen daha belirtmiştir. Bunlardan ilki, solunum sisteminde sorun yaşamakta olan kaynakçıların başka mesleklere yönelmesi böylece kaynakçı grubunun nüfus yapısının değişmesidir. İkinci etmen olarak ise

sigara kullanımının solunum sistemine olan etkisi belirlenmiştir. Üçüncü etmen ise pasif etkidir. Tersanelerde çalışan çoğu kaynakçının, başka iş kollarında çalışan kaynakçılara göre kronik akciğer hastalıklarına yakalanma oranının daha yüksek olduğu bilinmektedir. Dolayısıyla, akciğer dolaşım sistemi test sonuçları, kaynak dumanı haricinde çalışma ortamında bulunan diğer maruziyet türleri ile de ilişkilendirilebilir [NIOSH, 2002].

Birçok çalışma, günlük maruz kalmanın neticesinde kaynakçıların akciğerlerinde meydana gelen akut belirti vermeyen geçici kayıpları da belirlemeye çalışmıştır. Maruz kalınan zaman diliminde akciğerlerin mekanizmasında geçici etkiler görüldüğü ve bu etkilerin maruz kalınmayan zamanda kendiliğinden tersine döndüğü yönünde öneriler ileri sürülmüştür. Daha önce yapılan bir çalışmada 6-25 sene arasında deneyime sahip 25 kaynakçı ile kontrol grubu olarak kullanılan, yaşları ve sigara içme alışkanlıkları eşleşen 25 elektrik montaj işçisini kıyaslayarak akciğer sistemindeki akut değişiklikleri araştırmışlardır. Akciğer sistem testleri çalışma günü başlangıcında ve sonunda yapılmıştır. Kaynakçılarla kontrol grubunu kıyasladıklarında akciğer fonksiyon testleri açısından belirgin bir farklılığa rastlamamışlardır [NIOSH, 2002].

Çoğu araştırma kaynağın akciğerin işlevine ölçülebilir olarak hiç etki etmediğini veya çok az etki ettiğini göstermiştir [Oxhoj ve ark., 1979]. Ancak, çok ağır bir şekilde dumana maruz kalan veya daha kırılgan (hassas) olan çalışanların varlığı, genel kaynak çalışanları ile üzerinde çalışma yapılan kontrol gruplarının farklılığına sebep olması muhtemeldir. Örneğin, daha kapalı ve kötü havalandırılan alanlarda çalışarak daha yüksek oranda dumana maruz kalan tersane kaynakçılarındaki akciğer sistemi işlevleri daha iyi havalandırılmış alanlarda çalışan kaynakçılara göre daha olumsuz sonuçlar ortaya koymaktadır [Oxhoj ve ark., 1979]; [Chinn ve ark., 1990]; [Akbar-Khanzadeh ve ark., 1980, 1993].

Akbar-Khanzadeh 1993 yılında İngiltere’de 209 kaynakçı ve 109 kaynak dışı meslekte çalışan kontrol grubunu kıyasladığı çalışmasında, vardiya öncesi ve sonrasında akciğer testlerinde farklı sonuçlar elde etmiştir. Hem kaynakçılar hem de kontrol grubu üzerinde yapılan testlerde gösterge endeksler, sabahtan öğleden sonraya kadar önemli düşüşler göstermekle birlikte kaynakçılardaki düşüş oranı 4 kat daha fazla olmuştur. Genelde, kaynak dumanına günlük olarak maruz kalma miktarı ile akciğer işlevindeki akut değişiklikler arasında belirgin bir bağlantı kurulamamıştır. Ancak, bir saniye içindeki cebri nefes alma miktarındaki akut azalmanın,  $Fe_2O_3$  ile doğru orantılı olarak değiştiği belirlenmiştir. Ayrıca, hiçbir havalandırma kullanmayan kaynakçıların iyi havalandırılmış ortamlarda çalışan kaynakçılara kıyasla bazı akciğer fonksiyonları açısından en yüksek kayıpları sergilediği görülmüştür [Akbar-Khanzadeh, 1993] .

Kilburn 1990 yılında, Pazartesi vardiyası için 31 denek (21 kaynakçı, 10 başka meslek) üzerinde akciğer işlev testleri yapmıştır. Akciğer işlev değişiklikleri % 2’nin altındaydı ve gruplar arasında belirgin bir farklılık mevcut değildi [Kilburn ve ark., 1990]. Benzer bir çalışmada sigara içmeyen kaynakçılar ve başka meslekten çalışanlar arasında Pazartesi çalışması için 12 saat boyunca en yüksek nefes alış miktarı (PEF: peak expiratory flow) çalışması yapmıştır. Bu çalışmada, kaynakçılar için 15 dakikalık çalışma sonrasında ortaya çıkan ortalama PEF değişimi kaynakçı olmayanlardan belirgin derecede farklı bulunurken, 12 saatin herhangi bir anında PEF değerindeki maksimum düşme oranı ortalamasının kaynakçıların için çok daha yüksek olduğu da ortaya konulmuştur. Ancak, kaynakçılardan hiçbiri astım belirtisi olan % 20’lik PEF düşüşü yaşamamıştır [Donoghue ve ark., 1994].

Yakın zamanda yapılan bir çalışmada, 51 tersane kaynakçısı ile 54 kontrol deneğinden oluşan 3 yıllık çalışmasında akciğer işlev değişikliklerini incelemiştir. 49 kişilik bir kaynakçı grubu için bir iş günü içinde akciğer işlevlerinde meydana gelen değişiklikleri incelemiş ve bunları, aynı

kaynakçıların çalışmadıkları günde akciğer işlevlerinde oluşan değişikliklerle kıyaslamıştır. Bir vardiyada aktif olarak kaynak yapılan süre 4 saat olarak gerçekleşmiş ve kaynakçıların sadece % 33'ü solunum koruyucu kullanmışlardır. Kaynak yapılan gün ile yapılmayan gün arasında nefes alıp verme miktarı bakımından küçük fakat belirgin bir fark tespit edilmiştir. Solunum sisteminin verdiği toplam semptom sayısı çok yüksek olmamakla birlikte, semptom sayısı toplamı kaynak yapılan gün artarken kaynak yapılmayan gün azalmıştır. Çalışmanın yazarları, kaynağın nefes alıp verme miktarını vardiya boyunca geçici olarak etkilediğini ve bu etkinin tersinir olduğu sonucuna varmışlardır. 3 yıllık çalışma boyunca akciğer işlevinde herhangi bir kayıp veya hava yolundaki tepkimelerde bir artış görülmemiştir [NIOSH, 2002].

Ark kaynağı işçilerinin akciğer dolaşım sistemi kayıplarının gaz metal ark kaynağına kıyasla çok daha yüksek olduğunu gözlemlenmiştir. Bu bulgular, malzeme ve kullanılan kaynak yönteminin, kaynak maruziyetinin akut akciğer işlevleri üzerine oldukça derin bir etkiye sahip olduğunu işaret etmektedir [NIOSH, 2002].

Sobazsek 2000 yılında 144 paslanmaz çelik ve karbon çelik kaynakçısı ile 223 kontrol deneği arasında vardiya başlangıcı ve sonlarında olmak üzere akut solunum etkilerini incelemiştir. Paslanmaz çelik kaynakçılarınin cebri nefes almalarında, muhtemelen kromun solunum organlarını etkilemesi nedeniyle, belirgin bir düşme görülmüştür. Ayrıca, 20 yıllık kaynak geçmişine sahip paslanmaz çelik kaynakçılarınin karbon çelik kaynakçılara göre vardiya boyunca meydana gelen akciğer işlev azalmaları belirgin ölçüde daha fazla olmaktadır. Dahası, vardiya boyunca meydana gelen akciğer işlem azalmaları gaz metal ark kaynağına göre metal ark kaynağı ile daha fazla ilgili bulunmuştur [Sobazsek ve ark.,2000].

### 5.1.2. Astım

Mesleki astım hastalığı iş yerine özgü alerjik maddelerin solunması sonucu ortaya çıkar ve mesleki olmayan astımdan ayrılan özellikleri daha geç bir yaşta ortaya çıkması, belirtilerinin mevsime bağlı olmaması ve işyerinden uzaklaşıldığında belirtilerinde meydana gelen azalmadır. Mesleki astım belirgin türlerdeki kaynağa maruz kalma durumunda ortaya çıkabilmektedir. Paslanmaz çelik kaynağında ortaya çıkan, yüksek krom ve nikel içeren dumanlar havayolu alerjileri/hassaslaşmalarının nedeni olarak değerlendirilmektedir. Kaynak ile mesleki astım arasındaki bağıntı çoğunlukla belirsiz kalmaktadır. İşçi sayıları, sanayi koşulları, kaynak yöntemleri ve maruz kalınan süre gibi parametrelerdeki farklılıklar nedeniyle yapılan çoğu çalışmayı birbiriyle kıyaslamak oldukça güçtür. Mesleki astımın kaynak dumanlarının solunması nedeniyle oluştuğunun kanıtlanamadığını belirtilmektedir. Genel nüfus ile kıyaslama yapılarak tam zamanlı kaynak işçilerinin durumu incelendiğinde, kaynakçılardaki astım görülmesinin seyrek olduğu sonucuna varılmıştır. Bu bağlantıyı incelemek için birçok çalışma yapılmıştır. 1989 ve 1990 yılları arasında yeni bildirilen tüm mesleki astım vakalarını değerlendirmiştir. Paslanmaz çelik kaynak dumanına maruz kalan mesleki astımlıların sayısı 3 ve diğer kaynak dumanlarına maruz kalan mesleki astımlı sayısı ise 20 olarak bulunmuştur. Yapılan bir araştırmada, 246 adet yeni oluşan mesleki akciğer rahatsızlıklarından 124 adedinin astım olduğunu teşhis edilmiş ve kaynak dumanları astım vakalarından 4 için sebep olarak düşünülmüştür. İsveç’de ülkedeki dört fabrika için paslanmaz çelik ve karbon çelik kaynakçılardaki astım vakalarını karşılaştırmıştır. Değerlendirmeye hem halihazırda mesleğine devam eden, hem de bırakmış (emekli, başka işe geçmiş vs) kaynakçılar dahil edilmiştir. Çalışmada 209 aktif kaynakçı (67 paslanmaz çelik/142 karbonlu çelik kaynakçısı) ve 187 eski kaynakçı (57 paslanmaz/130 karbonlu çelik kaynakçısı) yer almıştır. Araç montaj işçisi olarak çalışan ve daha önce hiç kaynak işi yapmamış olan 26 kişi de kontrol gurubunu oluşturmuştur. Hem aktif hem de eski kaynakçılara solunum belirtileri ile ilgili olarak sorular verilmiştir. Aktif ve eski

kaynakçılardaki balgam oranı montaj işçilerine göre belirgin oranda yüksek bulunmuştur. Aktif paslanmaz çelik kaynakçıları ile eski karbon çelik kaynakçıları arasında görülen nefes darlığı artışı da kontrol deneklerine göre çok daha yüksek olmuştur. Raporlanan belirtiler bakımından paslanmaz çelik ile karbon çelik kaynakçıları arasında bir fark görülmemiştir. Astım gelişimini test edebilmek için 23 aktif paslanmaz çelik kaynakçısı, 23 aktif karbon çelik kaynakçısı ve 26 kontrol deneğinde akciğer işlevleri de değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Metakloninle yapılan akciğer işlevleri ve bronş tepkileri testleri normal sonuçlar doğurmuş ve ne paslanmaz çelik kaynakçılar ile karbon çelik kaynakçıları arasında ne de kaynakçılarla kontrol denekleri arasında belirgin bir fark ortaya çıkmamıştır. Sonuç olarak paslanmaz çelik ve karbon çelik kaynağın göreceli olarak yüksek bir astım görülme sıklığı ile ilişkili olduğunu bildirmişlerdir [NIOSH, 2002].

Kuzey İngiltere'deki işçileri değerlendiren geniş ölçekte yapılan epidemiyolojik bir çalışmada, 1024 tersane işçisi arasındaki kaynakçılarda meydana gelen astım oluşumu ile diğer çalışanlardaki oluşumu değerlendirilmiştir. Astımın ön teşhisinde yararlı, klinik olmayan solunum değişimleri belli bir meslek grubunda 3, 5, 7 ve 9 yıllık çalışmaya ulaşmış kişiler için ölçülmüştür. Tersanedeki meslekler havayolu ile gelen kirleticiler bakımında sıralanmıştır. Kontrol denekleri ise tersane tarafından yeni işe alınan çıraklar olmuştur. Sonuçlar, karbon çelik kaynakçılarının solunum yollarında meydana gelen tepkimelerde değişiklik miktarının havayolu kirleticileri ile önemsiz oranda temas eden işçilere göre istatistiksel olarak oldukça yüksek olduğunu göstermiştir. Toplam duman konsantrasyonu ile nefes yolu tepkimeleri arasında doza bağlı bir ilişki görülse de, akciğer işlevlerinde görülen değişimler kişisel hava numune alıcılarda ölçülen herhangi bir metal konsantrasyonu ile bağıntı sağlanmamıştır. Çalışmanın yazarları sonuç olarak, kaynakçılarda görülen klinik olmayan akciğer tepkimeleri değişimlerinin klinik astıma doğru ilerlemenin önemli birer işareti olabileceğini bildirmişlerdir. Karbon çelik kaynakçıların 5 yıllık çalışma sonrasında yaklaşık % 1'lik bir kısmının mesleki astım geliştirme ihtimaline

sahip olduğu öne sürölmüştür. Sonuçları açısından gelecek vaat eden bir çalışmada İsveçli işçilerin ilk 3 yıllık meslek hayatları boyunca verdikleri bronş tepkimelerini incelenmiştir. Akciğer işlevleri bakımından test edilen 202 işçiden 65'i kaynak dumanına maruz kalmıştır. Kontrol gurubu ise gıda sanayinde çalışan 49 işçiden oluşturulmuştur. Kontrol denekleri ile kaynak dumanına maruz kalan işçiler kıyaslandığında standart akciğer işlev testleri bakımında kaynak işçilerinde belirgin oranda kayıplar görölmüştür. Akciğer işlev kaybındaki azalma kaynak yapma süresiyle ve neticesinde gelişen astımla ilişkilendirilmiştir. Başka bir çalışmada İsveç'te 1990-1992 yılları arasında kendiliğinden raporlanan mesleki astım vakalarını incelemiştir. Raporlanan vaka hızları, genel meslek gurubunda bulunan toplam sayı ile vakaların göröldüğü kişi sayıları oranlanarak hesaplanmıştır [NIOSH, 2002].

Boulet 1991 yılında mesleki astıma sahip 11 hastayı incelemiştir. İki astım vakasında etken sebebin kaynak olduğu bildirilmiştir (Boulet ve ark., 1991). Billings ve Howard 1993 yılında kaynakçıların solunum sistemi belirtileri ile ilgili basılmış olan çalışmaları inceledikten sonra, solunum yolunu engelleyen rahatsızlığın oluşumunda kaynak dumanlarının sigara kadar önemli olabileceğini belirtmişlerdir. [Billings ve Howard 1993].

Toren 1996 yılında İsveç'te 1990-1992 yılları arasında kendiliğinden raporlanan mesleki astım vakalarını incelemiştir. Raporlanan vaka hızları, genel meslek gurubunda bulunan toplam sayı ile vakaların göröldüğü kişi sayıları oranlanarak hesaplanmıştır. 20-64 yaş arasındaki erkek kaynak işçilerinde kendiliğinden bildirilen vaka sayısı, genel çalışan nüfustakinin 7 katı olarak tespit edilmiştir. Daha genç olan kaynak işçileri (20-44 yaş arası) çalışma harici tutulduğunda ise, erkek kaynakçılardaki astım vakalarının sayısı genel erkek çalışanlarına kıyasla 9 kat daha fazla gerçekleşmiştir [Toren ve ark., 1996].

### 5.1.3. Metal dumanı humması

Kaynakçılar arasında en sık görülen akut solunum hastalığı olan metal duman humması, kaynak sırasında veya sonrasında kısa süreli olarak görülebilen hummalı bir hastalıktır. Bu durumun sebebi yeni oluşmuş çinko oksit dumanlarının solunmasıdır. En sık görüldüğü kaynakçı grubu çinko kaplı galvaniz çelikleri veya diğer çinko alaşımlarını kaynatan veya kesen işçilerdir [NIOSH, 2002]. Metal dumanı hummasının belirgin özelliği akut olarak gelişmesi (yaklaşık olarak dumana maruz kaldıktan 4 saat sonra) ve genellikle nezle benzeri bir hastalığı andırmasıdır [Liss, 1996]. Belirtileri; susuzluk, kuru öksürük, ağızda metalik veya tatlı bir his, üşütme, nefes darlığı, kırgınlık, adale ağrıları, baş ağrısı, mide bulantısı ve ateştir. Hastalık kendi kendine durur ve başlangıcından 24-48 saat sonra kendiliğinden geçer. Metal dumanı humması hastalığına yeni kaynakçıların ilk çalışma günlerinde rastlandığı gibi uzun süredir kaynak yapan kaynakçılarda da (yaklaşık %30) görülebilmektedir [Liss, 1996].

Metal dumanlarına tekrar tekrar maruz kalma durumunda kısa süreli bir bağışıklık kazanılabilir ve metal dumanı hummasının en sık görüldüğü gün, duman maruziyetine ara verildikten sonra işe başlanan Pazartesi günüdür. Kaynak yapan bir kaynakçıdaki metal dumanı humması incelenmiş ve dumana maruz kalındığı esnada, kandaki çinko seviyesi ve lökositler vücut sıcaklığıyla birlikte artmıştır. Solunum kapasitesinde, nefes yarma kapasitesinde düşüş ve arterlerdeki kısmi oksijen basıncında düşüş gibi parametrelerle kanıtlanan belirgin akciğer işlev değişiklikleri meydana geldiği görülmüştür. Dumana maruz kaldıktan 24 saat sonra ise akciğer işlevleri normale dönmüş ancak, bronş alveol yıkaması (lavaj) ile geri kazanılan hücre sayısı normalde 10 kat daha fazla olup, polymorphonuclear lökositlerde belirgin bir artış gözlenmiştir. Bir başka çalışmada ise gönüllü denekler 5 mg/m<sup>3</sup> konsantrasyonunda çok ince çinko oksit dumanına maruz bırakılmışlardır. Dört denekten her biri de, maruz kaldıktan 6-10 saat sonrasında metal dumanı hummasının bir veya birkaç belirtisini göstermiş ve

24 saat sonrasında ise belirtiler ortadan kalkmıştır. Maruz kalınan süre boyunca akciğer işlevlerinde herhangi bir değişiklik tespit edilmemiştir [NIOSH, 2002].

Metal dumanı hummasının nedenleri bilinse de kaynak dumanında bulunan metal oksit dumanlarının solunması sonucunda hastalığın nasıl bir mekanizma ile başlayıp geliştiği henüz tam olarak belirlenememiştir [NIOSH, 2002].

1993 yılında yapılan bir araştırmada 15-30 dakika galvanizli çelik kaynağı yaptıktan sonra işçilerden 3, 8 ve 22 saat ara ile bronş alveol yıkama (lavaj) sıvısı örnekleri toplanmıştır. Dumana maruz kalan işçilerdeki nekroz tümör faktörü  $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ), interlökin (IL)-1, IL-6 ve IL-8 kalmayan işçilerdekilere göre belirgin bir biçimde daha yüksek tespit edilmiştir. IL-8 seviyesi 8 saat sonra en yüksek değerine ulaşırken, IL-6 değeri maruz kaldıktan sonra sabit bir artış göstererek 22 saat sonunda en yüksek konsantrasyona ulaşmıştır. TNF- $\alpha$  seviyeleri ise dumana maruz kaldıktan 3 saat sonra yükselmiş fakat 8 ve 22 saat sonra herhangi bir artış göstermemiştir. Çalışmanın sonucunda, makrofajların çinko oksit dumanını soluduktan sonra aktif hale geldiği ve çeşitli sitokinler bırakarak metal dumanı hummasının gelişmesine sebep olduğu bildirilmiştir. TNF- $\alpha$ 'nın metal dumanı hastalığını ilk gelişim aşamasında önemli bir rol oynadığı, IL-6 ve IL-8'in ise daha sonraki aşamalarda etkin olduğu belirtilmiştir [NIOSH, 2002].

Blanc 1991 yılında yaptığı bir çalışmada savunma hücrelerinin verdiği tepkilerin metal dumanı humması için büyük bir rol oynadığı fikrini öne sürmektedir. İnsan deneklerinde çinko oksit dumanına maruz kaldıktan 22 saat sonra bronş alveol yıkaması (lavaj) ile geri kazanılan makrofaj ve polymorphonuclear lökosit sayısında belirgin bir artış tespit edilmiştir. Araştırmacılar, sitokinler gibi savunma hücresi araçlarının metal dumanı

humması belirtileri için sorumlu olabileceğini öne sürmüşlerdir [Blanc ve ark., 1991].

#### 5.1.4 Bronşit

Bronşit sigara dumanı, azot oksitler ve kükürt dioksit gibi maddelerin solunması sonucunda ortaya çıkan bir nefes yolu iltihabı olarak tanımlanır. Tam zamanlı çalışan kaynakçılarda yapılan araştırmalarda, solunum sistemi sağlığı ile ilgili en sık rastlanan sorunun kronik bronşit belirtilerindeki artış olduğu görülmüştür. Kronik bronşit 3 ay boyunca çoğu günler boyunca veya 2 yıl boyunca ara ara meydana gelen öksürük ve balgam çıkarma olarak tanımlanmaktadır. Kaynakçılar arasında kronik bronşit ile ilgili araştırmaları etkileyen bir etmen ise kaynakçıların sigara kullanım alışkanlığı olup, kontrol deneklerinde de sigara içmeye bağlı kronik bronşit gelişebilmektedir [NIOSH, 2002].

1969 yılında tam zamanlı kaynak işçilerindeki kronik bronşit yaygınlığını incelemek için birçok çalışma yapılmıştır. Aynı fabrikada çalışan Danimarkalı 156 kaynakçı ve 152 kontrol deneği arasında kronik bronşit oranlarında istatistiksel olarak herhangi belirgin bir farklılık görülmemiştir. Buna ilaveten benzer bir çalışmada benzer sosyoekonomik durumda olan ve benzer sigara kullanım alışkanlıklarına sahip diğer işçilere göre kaynakçıların ciddi solunum rahatsızlığı geçirme açısından daha büyük risk taşımadığını bildirilmiştir [NIOSH, 2002].

157 kaynakçının katıldığı çalışmada kaynakçılardaki kronik bronşit yaygınlığının kontrol deneklerine göre belirgin oranda daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ancak, sürekli öksürük ve nefes darlığı şikâyetleri kaynakçılardan çok kontrol deneklerinden gelmiştir. Çalışmanın sonucu olarak kronik bronşit vakalarının sıklığında; yaş, sigara içme alışkanlıkları, kaynak dumanına maruz kalma süresi veya kullanılan yöntem ve malzemelerinin etkisinin olmadığını bildirmişlerdir [NIOSH, 2002].

1979 yılında yapılan bir çalışmada 9 kaynakçı ve 8 kontrol deneği kıyaslandığında solunum sistemi belirtileri bakımından belirgin bir farklılığa rastlanmamıştır. Ancak, denek grubunun sayısal azlığı ve deneye katılan 6 kaynakçı ve 7 kontrol deneğinin sigara içtiği göz önüne alındığında elde ettikleri sonuçları yorumlamak son derece güçtür. 1984 yılında 45 yaş ve üstündeki tersane kaynakçıları üzerinde yapılan bir çalışmada, kaynakçılar ve kontrol deneklerindeki aktif sigara içenlerin oranı %50 ve geçmişte içmişlerin oranı %33 olmasına karşın, kronik bronşit vakalarının yaygınlıkları arasında belirgin bir fark görülememiştir. Ancak, çalışmaya katılan kaynakçılardaki nefes darlığı oranı kontrol deneklerine kıyasla 4 kat daha fazla olarak belirlenmiştir [NIOSH, 2002].

1984 yılında yapılan farklı bir çalışmada ise ortalama 20 yıllık kaynak deneyimine sahip 10 kaynakçıdan oluşan bir grup incelenmiştir. Kronik bronşitin sadece çok fazla sigara tüketen kaynakçılarda görüldüğünü belirlemiştir. Üst solunum yolunun incelenmesi sonucunda işle ilgili herhangi bir iltihaplanmaya rastlanmamıştır. 1985 yılında yapılan başka bir çalışmada ise ortalama 21 yıl kaynak deneyimine sahip olan 305 kaynakçıdaki solunum yolları etkilerini incelenmiştir. Çalışma neticesinde, bronşit oluşumunun kaynaktan ziyade sigara kullanımı ile ilgili olduğunu bildirilmişlerdir. 1984 ve 1989 yıllarında benzer şekilde yapılan başka çalışmalar da, kronik bronşit ile sigara kullanımı ve kaynak arasında bir etkileşim olduğu yönünde sonuçlar bildirmiştir [NIOSH, 2002].

Kaynak dumanının sigara kullanımından bağımsız olarak tam zamanlı kaynakçılarda kronik bronşite yol açabileceğini belirten çok daha fazla sayıda çalışma yapılmıştır. Dahası, sigara kullanan kaynakçılar arasındaki kronik bronşit yaygınlığı kullanmayanlara göre daha yüksektir. Bir Amerikan tersanesinde yapılmış olan eski bir çalışmada 100 kaynakçı ile 100 kontrol deneği arasında kronik bronşit oranları değerlendirilmiştir. Sigara kullanan kaynakçılardaki kronik bronşit belirtilerinin yaygınlığı %79 iken sigara içen

kontrol deneklerinde bu oran %36, sigara içmeyen kaynakçılarda ise aynı oran %41 iken sigara içmeyen kontrol deneklerinde ise % 5 olarak belirlenmiştir [NIOSH, 2002].

Kronik bronşitin yaygınlığı ile ilgili bir başka çalışma ise bir Romanya tersanesinde yapılmıştır. 173 kaynakçı ile 100 kontrol deneğinin incelendiği çalışmada, kaynakçılardaki kronik bronşit oranı kontrol deneklerinin 1.5 katı fazla gerçekleşmiştir. Sigara içme alışkanlıkları ve yaş etkeni de göz önüne alındığında kronik bronşit yaygınlığı daha da artmaktadır [NIOSH, 2002].

1979 yılında İsveç'teki bir tersanede yapılan bir çalışmada, sigara içenler, sigarayı bırakanlar ve hiç içmeyenleri de hesaba katacak şekilde bir kıyaslama yaptığında ark kaynakçılardaki kronik bronşit ve hırıltının kaynakçı olmayanlardakilere göre daha yaygın olduğunu belirlemiştir [NIOSH, 2002].

1982 yapılan başka bir çalışmada en az 5 yıllık deneyime sahip ve homojen kaynak dumanına maruz kalmış 187 kaynakçıdaki ferromanyetik malzeme birikimini ölçmüşler ve bunu kronik bronşit görülme sıklığı ile ilişkilendirmişlerdir. Yaşlıları ile kıyaslandıklarında kaynakçılardaki manyetit birikimi daha yüksek tespit edilmiştir. Araştırmacılar sigara içenlerde ve içmeyenlerdeki kronik bronşit görülme sıklığında maruz kalınan doz ile ilgili bir bağıntı da tespit etmişlerdir. 1985 yılında sigaranın ve kaynağın bronşit oluşumunda eş zamanlı ve işbirlikçi bir rol oynadığını öne sürülmüştür. Aynı zamanda, elektrik ark kaynakçılardaki kronik bronşit oranının gazaltı kaynakçılara oranla daha yüksek olduğunu ve dolayısıyla da bronşitin kaynak dumanının türüne ve maruz kalınma süre ve miktarına bağlı olabileceği de bildirilmiştir. Benzer maruziyete sahip 607 kaynakçı ile kalker ocakçıları kıyaslayan bir çalışma yapılmıştır. 50 yaşın üstündeki deneklerde % 40 oranında kronik bronşit görülmüş ve, yaş ve sigara kullanım durumuna göre bir düzeltme yapıldığında 2.8 gibi bir risk oranı tespit edilmiştir. Paslanmaz çelik ve tersane kaynakçılarının solunum yolu belirtilerini inceleyen 3 yıllık bir

Çalışma yapılmıştır. Çalışmanın ilk yılında kaynakçıların % 35'i öksürük, balgam, hırıltı ve ggs sıkışması gibi hafta içinde artan ve hafta sonu azalan şikayetler bildirmiştir. Çalışma boyunca bu belirtiler kaynakçılarda kontrol deneklerine göre belirgin oranda daha fazla görülmüş ancak 3 yıllık süre boyunca duman maruz kalma azaldığı için bu belirtiler de hafiflemiştir. Kronik bronşit sıklığı kaynakçılar ve kontrol denekleri arasında farklılık göstermemiştir [NIOSH, 2002].

### 5.1.5. Pnömokonyoz

Pnömokonyozlar mesleki akciğer hastalıklarının çok büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Akciğerde toz birikimi ve buna karşı gelişen doku reaksiyonunun genel adına pnömokonyoz denilmektedir. Akciğerlerde biriken toz, sonu fibrozisle biten bir doku reaksiyonuna yol amıyor, maruziyet sonlandıktan sonra belli bir zaman periyodunda tam veya tama yakın bir düzelme oluyorsa bu tip pnmokonyozlara benign pnömokonyoz denir ki bilinen en iyi rneği kaynakçılarda görülen siderosis'dir. [Akkurt. İ., 2004]

Siderozis; Akciğerlerde demir tozunun ve demir oksitlerinin ( $FeO$ ; demir oksit ve  $Fe_2O_3$  demir trioksit) tozlarının depolanması sonucu ortaya çıkan bir pnömokonyoz türüdür. Demir dünyada en yaygın olarak bulunan mineraldir ve sanayide de en çok kullanılan metal olarak çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Demirin erime noktası  $1530^{\circ}C$  ve özgül ağırlığı da  $7.8 \text{ gr/cm}^3$ . Bazı cevherlerde demir silis ile birlikte bulunur. Bu durumda karışık toz maruziyeti olur, bu tabloya sidero-silikozis adı verilir. İngiltere, Almanya, İtalya'daki bazı demir madenlerinde çalışanlarda bu şekilde vakalar tanımlanmıştır. Silis olmaksızın yalnızca demir tozu maruziyeti olduğunda pnömokonyoz ancak çok yoğun toz maruziyetinin olduğu durumlarda ortaya çıkar. Hastaların hepsinde en az 10 yıllık, hatta bazılarında 25 yıllık bir maruziyet öyküsü vardır. Siderozisli hastaların akciğerlerinde 2 mm. ve daha küçük çaplı demir depo alanları oluşur. Demirin depolandığı alanların çevresinde amfizem türü değişiklikler de olur. Fibrotik reaksiyon çok zayıf

olduğu için akciğerlerin temel anatomik yapısında önemli bozulma olmaz. Mikroskopik muayenede damar endotelinde ve makrofajlar içinde demir toplanması görülebilir [Bilir ve Yıldız, 2004].

Demir bütün dünyada çok yaygın olarak kullanılmakla birlikte siderozis görülüşü çok sık değildir. Bunda demir tozunun fibrojenik potansiyelinin çok düşük olmasının rolü vardır. Hastalığın görüldüğü başlıca işler demir madenciliği ve kaynakçılık işleridir. Demir madenlerinde çalışanların ancak % 5 'lik bir bölümünde siderozis gelişir. Bu hastalar da yoğun şekilde ve uzun süreler toza maruz kalmış olan kişilerdir. Kaynakçılarda da özellikle tank gibi kapalı ortamlarda kaynak yapmış olan kişilerde hastalık meydana gelir. Demir dökümhanelerinde de demir tozu maruziyeti söz konusu olmakla birlikte dökümhanede çalışanlarda siderozis görülüşü sık değildir [Bilir ve Yıldız, 2004].

Hastalarda hafif ile orta derecede obstrüktif tipte solunum fonksiyon bozukluğu olur, Buna bağlı olarak da efor dispnesi en sık klinik belirtidir. Ancak solunum fonksizm'ı' uzun zaman fazla bozulmadan kalabildiği için hastalarda da ağır bir klinik tablo meydana gelmez [Bilir ve Yıldız, 2004].

Hastalığın spesifik tedavisi yoktur. Hastaların klinik tablosuna göre gerekirse semptomatik yaklaşımlar yapılabilir. Demir tozu maruziyetinin kesilmesinden sonra yıllar geçtikçe radyolojik bulgularda düzelme meydana gelebilir [Bilir ve Yıldız, 2004].

Çalışanların akciğer otopsisini incelendiğinde, fibroz oluşumu gözlenmeden önemli miktarlarda demir oksit kalıntıları tespit edilmiştir. Bu duruma sideroz adı verilmiştir ve demir oksit tepkimeye girmeyen bir madde olarak tanımlandığı için zararsız bir pnömokonyoz olarak sınıflandırılmaktadır [Liss, 1996].

Kalıntı demir oksit parçacılarının çoğunluğu alveol makrofajlarında görülmekte olup, alveol septalarında bir kalınlaşma ve alveolit tespit edilmemiştir [Morgan ve ark., 1989].

Polonya'daki mesleki pnömokonyoz vakaları 1961-1992 arasında incelenmiştir. Vakaların görüldüğü işçilerin yaklaşık %92'si 40 yaş veya daha üzerinde olan ve hastalık ortaya çıkmadan en az 20 yıl dumana maruz kaldığı tespit edilmiştir. En yaygın pnömokonyoz biçimleri kömür tozları ve silikaya maruz kalmanın neticesinde ortaya çıkmış ve her birinin 100 000 işçideki görülme sıklığı sırasıyla 5 ve 2.8 oranında tespit edilmiştir. Ark kaynakçılardaki pnömokonyoz vakaları üçüncü en yaygın biçim olup, 100 000 kişideki görülme sıklığı 0.7 olarak tespit edilmiştir [NIOSH, 2002].

1936 yılında kaynakçılardaki ilk sideroz tespitleri radyografilere yapılmış ve silika veya kömür tozuna maruz kalındığına dair bir bulgu görülmediğinden bu durumu farklı bir oluşum olarak değerlendirmişlerdir. Aynı araştırmacıların 1948 yılındaki çalışmalarında incelenen kaynakçılar 9 yıl daha takip edildiğinde mesleği bırakan bir kaynakçının göğüs boşluklarının tamamen ortadan kaybolduğunu, daha az kaynak dumanına maruz kalan kaynakçılarda ise kısmen iyileştiği tespit edilmiştir. 1978 yılında yapılan bir çalışmada 661 İngiliz tersane kaynakçısı üzerinde yaptıkları araştırmada kaynak dumanına maruz kalmak ile 0/1 sınıfındaki (çapı 1 mm'den büyük) küçük yuvarlak boşluklar arasındaki ilişkiyi x ışınları ile araştırılmışlardır. 15 yıl maruz kalınmadan önce 0/1 sınıfındaki küçük yuvarlak boşluklar görülmemiş ancak, artan yaş ve maruz kalma süresi ile birlikte görülme sıklığı artmış ve 45 yıldan fazla maruz kalan kaynakçılarda ise % 30'luk bir orana ulaşmıştır. Ayrıca, ilerlemiş fibroz vakaları olmadığı halde % 7 yaygınlık oranında pnömokonyoz da tespit etmişlerdir [NIOSH, 2002].

1993 yılında Sideroz vakaları gözden geçirilmiş ve rahatsızlık nedeniyle meydana gelen kaybın orta düzeyde olduğu ancak, radyolajik sideroz

bulgularının aşırı derecede kaynak dumanına maruz kalmamanın bir işareti olarak değerlendirilebileceğini belirtilmiştir [NIOSH, 2002].

Kaynakçılarda görülen pnömokonyoz genellikle uysal olarak tanımlanır ve radyografilerinde belirgin anormallikler olan kaynakçılarda akciğer sistemi işlevinde anormallikler olmadığı için solunum sistemi belirtileri ile ilişkilendirilmez [Morgan ve Kerr, 1963]; [Morgan, 1989].

Kaynakçının çalışma alanında bulunan demir oksit dışındaki, kaynak ve kaynak dışı diğer tozların da solunmasından kaynaklanan karışık toz pnömokonyozu olarak kabul edilmektedir [Guidotti ve ark., 1978].

Funahashi 1988 yılında öksürük, nefes darlığı ve olağan dışı radyografileri olan 8-40 yıl arasında kaynak dumanına maruz kalmış 10 tam zamanlı kaynakçının akciğer dokularından mikroskopik bir çalışma yapmıştır. Kaynakçılar üzerinde yapılan akciğer sistemi testlerinde kaynakçıların 7 tanesinde işlev kaybı, 2 tanesinde hafif ile orta arası nefes yolu darlığı ve 3 tanesinde ise azalmış difüzyon tespit edilmiştir. Akciğer biyopsileri ve enerji dağıtıcı x-ışınımı analizleri kullanılarak elementel doku analizleri yapılmıştır. Yaşları eşlenik 10 adet kontrol deneği ile 10 adet silikoz vakasının silisyum/kükürt (Si/S) ve demir/kükürt (Fe/S) oranları kıyaslanmıştır. Tüm vakalarda alveol duvar kalınlaşması olduğu ve 5 vakada da orta dereceden belirgin dereceye kadar fibroz görülmüştür. Dokuların element içerikleri, kaynakçıların ve kontrol deneklerinin Si/S oranının birbirinden farklı olmadığını gösterirken silikozlu hastaların kaynakçılardan ve kontrol deneklerinden belirgin biçimde daha yüksek oranlara sahip oldukları görülmüştür. Silikozlu hastalar ile kontrol denekleri arasındaki Fe/S oranları belirgin oranda farklı olsa da, kaynakçılarla kıyaslandığında oldukça düşüktürler. Araştırmacılar sonuç olarak, dokular arası solunum fibrozunun kaynak dumanına maruz kaldıktan sonra ortaya çıkabileceğini ve silika gibi diğer fibroza sebep maddelerin etkili olamayabileceğini bildirmiştir [Funahashi ve ark., 1988].

1996 yılında ise akciğerlerdeki demir oksit kalıntıları ile ilişkilendirilen bir dokular arası akciğer fibrozuna sahip bir kaynak operatörü vakası üzerinde çalışmışlardır. Kaynak operatörü, çoğunlukla havalandırması yetersiz olan kapalı alanlarda 27 yıl kaynakçı olarak çalışmıştır. Kaynakçı olarak 8 yıl çalıştıktan sonra tüberküloz geçirmiş ve bu rahatsızlık x ışını ile başarılı olarak tedavi edilmiştir. 10 yıl içinde ise solunum rahatsızlık belirtileri olmadan sideroza yakalanmıştır. 27 yıl sonunda ise durumu, azalmış difüzyon kapasitesi olan solunum yolu daralması olarak tespit edilmiştir. Biyopsi yapılan akciğerlerin mikroskopik incelemeleri, fibrozlu bölgelere yakın demir kalıntıları olduğunu ortaya koymuş ve araştırmacılar siderozun dokular arası fibroza dönüştüğü yorumuna varmışlardır. Tıbbi durumu, kapalı alanlarda yüksek seviyelerde kaynak dumanına maruz kalmasına bağlanmıştır. Daha önce geçirdiği tüberküloz enfeksiyonunun da fibroz gelişimine katkıda bulunması da söz konusu olabilmektedir [NIOSH, 2202].

#### **5.1.6. Solunum yolu enfeksiyonu**

Akut üst ve alt solunum yolu enfeksiyonların kaynakçılar arasında ciddiyet, süre ve sıklık olarak arttığı gösterilmiştir. Metal dumanına maruz kalmadan ötürü havayolu dokusunun (epitelyumunun) kimyasal tahrişi, solunum yolları enfeksiyonlarındaki artışın en başta gelen sebebi olarak düşünülmektedir. Yakın zamanda yapılan çalışmalarda Norveç İşçi Sağlığı İnceleme Kurumunun, sıcak metal işlerinin oluşturduğu dumanın solunmasıyla ortaya çıkan muhtemel ölümcül zatürree konusunda Norveç’li hekimleri uyardığını bildirmişlerdir. Uyarı, zatürree teşhisi yapan hekimlerin hastanın mesleki olarak nelere maruz kaldığını dikkate almasını istemektedir. Kaynak, kesme veya taşıma sonrasında maruz kalınan dumanlardan ötürü zatürree baş gösterirse, hastaneye yatırılmak gerekebilir. Araştırmacılar, kaynak dumanını solumanın, zatürreenin gidişatını öngörmeyi oldukça zorlaştırabileceğini belirtmektedirler [NIOSH, 2002].

Muhtelif çalışmalar kaynakçılarda zatürreeye bağlı ölüm oranlarının çok yüksek olduğunu bildirmektedir. Göreceli olarak eski bir çalışmada kaynakçılarda tüm nedenlere bağlı olarak meydana gelen ölümlerin beklenenden biraz daha yüksek olduğunu gösterilmektedir. Bu aşırı ölüm oranlarındaki en büyük pay ise zatürree'ye aittir. Zatürree riski, kaynakçının yaşına bağlı olmaktan ziyade tüm çalışma hayatı boyunca sabit olacak biçimdedir. Yazarlar, akut zatürreenin enfeksiyonlu mikroplardan mı yoksa kaynak dumanına maruz kaldıktan sonra zehirli bileşenlerin savunma mekanizmasını devre dışı bırakmasından kaynaklandığı mı konusunda net bir bilgi vermemişlerdir. 1980 yılında yapılan çalışmalarda kaynakçılardaki aşırı ölümlerin % 67'sinin zatürreeye bağlı olduğunu gözlemlemiştir. Yüksek zatürree vakalarının görülmesi azot oksit ve ozona yüksek oranda maruz kalma ile ilişkilendirilmiştir. 1986 yapılan bir çalışmada ise ani bir şekilde işe bağlı akciğer sistemi rahatsızlığı geliştiren bir kaynakçı vakası çalışılmıştır. Yapılan incelemeler şişkin ve kızarmış bronş mukozası, x-ışını taramalarında göğüste düzensiz boşluklar ve akciğer sistemi işlevinde eksiklikler olduğunu göstermiştir. Zoraki nefes darlığı, bronş hiperaktivites ve zatürree nöbetleri 7 yıl boyunca devam etmiştir. Hastalık eşiğine gelmeden önce, kaynakçı düzgün işlemeyen havalandırma koşullarında çalışmış ve yüksek konsantrasyonda dumana maruz kalmıştır [NIOSH, 2002].

İngiltere ve Galler için 1959-63, 1970-72 ve 1979-1990 arasındaki zaman dilimleri için mesleğe bağlı ölüm verilerini 3 set halinde incelenmiş ve kaynakçılar arasında zatürreeye bağlı ölümlerde önemli bir artış bulunmuştur. İlginç bir şekilde, emekli kaynakçılarda zatürree kaynaklı aşırı ölümler görülmemiştir ve bu nedenle de yazarlar meslek harici etkenleri göz ardı etme yoluna gitmişlerdir. Araştırmacılar, kaynak dumanının akciğer enfeksiyonuna olan dayanım üzerinde tersine çevrilebilir bir etkiye sahip olduğunu ve dolayısıyla, zatürreeyi kaynakçılar için mesleki hastalık olarak sınıflandırmak için kanıt olduğu yorumunda bulunmuşlardır. Ancak, 1994 yılında yapılan farklı bir çalışmada ilişkiye karşı çıkmış ve aşırı zatürree vakalarının yalnızca kaynak dumanından değil, tüm metal türlerine maruz

kalmaktan ileri gelen hassasiyetten kaynaklanabileceğini ileri sürülmüştür. Bağışıklık sistemleri bastırıldığı için kaynakçıların enfeksiyonlara karşı daha hassas olması muhtemeldir. 1989 yılında 20 ve 53 yaşları arasında 74 adet klinik açıdan sağlık tersane kaynakçısının bağışıklık sistem taramasını yapılan bir çalışmada immunglobulin (antikor benzeri globulin) ve deri içi ölçümleri sonucunda kaynakçılarda hücre merkezli bağışıklık eksikliklerinin belirgin oranda yüksek oranda olduğunu bildirilmiştir. 1997 yılında 30 sıradan kaynakçı ve 16 kontrol deneği ile yapılan başka bir çalışmada, çoğu kaynakçının tekrarlayan solunum yolu enfeksiyonları geçirdiğini ve bağışıklık sistemi bastırılmasının tek kanıtı olarak da doğal ölüm hücrelerindeki azalmayı göstermiştir. Doğal ölüm hücreleri enfeksiyona karşı savunma mekanizması için önemli olduğundan, kaynakçıların bağışıklık hücrelerinin sitotoksik faaliyetlerinin azalmasının bildirilen solunum yolu enfeksiyonlarının sebebi olması ihtimali söz konusudur [NIOSH, 2002].

#### **5.1.7. Akciğer kanseri**

Kaynak dumanının akciğer kanserine yol açtığı epidemiyolojik çalışmalarla tam olarak kanıtlanmış değildir. Kaynakçılık mesleği ile akciğer kanseri vakaları ve ölümleri arasındaki muhtemel bağıntı oldukça geniş bir şekilde araştırılmaya devam etmektedir. Kaynakçılarda yapılan çalışmalar, akciğer kanseri görülme riskinin kaynakçılar arasında yüksek olduğunu göstermektedir. Uluslararası Kanser Araştırma Merkezi (IARC) 1990 yılındaki bildirisinde kaynak dumanının insanlar için “muhtemel kanserojen” maddelerden biri olduğunu belirtmiştir [NIOSH, 2002].

Asbest, çok özel bir akciğer kanser türü olan mezotelyom ile ilişkilendirilmektedir. Sigara içmek çoğunlukla akciğer kanser ve diğer zayıflatıcı akciğer rahatsızlıkları ile ilişkilendirilmektedir. Ayrıca, yapılan birçok çalışma da kaynakçılar arasındaki sigara kullanımının nüfusun geneline kıyasla daha yüksek olduğunu ortaya koymaktadır. Tüm kaynak çeşitlerinin büyük çoğunluğunu (yaklaşık %90) oluşturan karbon çelik kaynağının akciğer

kanseri oluşumu için küçük bir risk taşıdığı öne sürülmüştür. Bazı araştırmacılar akciğer kanseri riskinin, krom ve nikel gibi kanserojen maddeleri dumanında barındıran paslanmaz çelik kaynağı ile sınırlı olduğunu düşünmektedirler. Canlı dokular üzerinde yapılan genotoksisite (genlerin, DNA'nın bozulması) çalışmaları paslanmaz çelik dumanlarının memeli hücreleri için mutasyon etkisi gösterirken, karbon çelik dumanların böyle bir etkiye sahip olmadığını ortaya koymaktadır. Ancak, kaynakçılar üzerinde yapılan epidemiyolojik çalışmalar paslanmaz çelik kaynakçılarındaki akciğer kanseri riskinin karbon çelik kaynakçılara kıyaslandığında daha yüksek olduğunu ortaya koyacak bir sonuca ulaşamamıştır [NIOSH, 2002].

Çapraz bağlı DNA protein oluşumu kimyasal nedenle meydana gelen genotoksisite üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilir. Normalde DNA'ya bağlanmayan yapısal proteinler, önemli miktarda krom ve nikel içeren kaynak dumanı gibi kimyasalların etkisiyle DNA üzerine kovalent çapraz bağlarla bağlanabilirler. DNA'da meydana gelen değişiklikler ise kanserin oluşumunu ve ilerlemesini tetikleyebilir. Uygun olmayan kovalent çapraz protein bağlı DNA'lar gen dizilimini ve kromatin yapısını etkileyebilir ve bu lezyonlar tekrar iyileşmediği için DNA eşlenmesi esnasında DNA dizilimini silinmesi sonucuna yol açabilir. 1993 yılında yapılan bir çalışmada çapraz bağlı DNA protein ölçümünün, işçilerin belli bazı kanserojenlere maruz kalması için ümit vaat eden bir yöntem olabileceğini belirtilmiştir. Yaş, cinsiyet ve sigara içme alışkanlıkları bakımından eşlenik olan kaynakçı ve kontrol deneklerini kıyasladığı çalışmada, kaynakçıların lenfositlerindeki çapraz bağlı DNA protein yapısında bir artış olduğunu gözlemlenmiştir. Konu ile ilgili bir başka çalışmada Ak kan hücrelerindeki çapraz bağlı DNA protein sayısını ölçerek kaynakçıların krom ve nikel maruz kalmasını değerlendirilmiştir. Çalışma neticesinde, kaynakçılardaki çapraz bağların yüzdesinin (%1.85 +- 1.14), kontrol deneklerdeki yüzdeye (%1.17+-0.46) göre belirgin oranda yüksek olduğunu ortaya çıkmıştır. Çalışma sonucuna göre kaynakçıların hücrelerinde yüksek miktarda bulunan çapraz bağlı DNA proteinlerinin çapraz bağlayıcı maddeler için bir işaretleyici olmanın da ötesinde, kanser gelişimi

gibi sonuçlara yola açan diğer muhtemel genetik zehirlenmelere sebep olabilecek bir lezyon için de bir ön belirti olması söz konusu olmaktadır [NIOSH, 2002].

1976 yapılan bir çalışmada, Los Angeles bölgesinde 1968-1970 ve 1972-1973 yıllarında 20-64 yaş arasındaki 3938 erkekte meydana gelmiş olan akciğer vakalarının ve ölüm vakalarını gözden geçirilmiştir. Kaynakçılık yüksek oranda akciğer kanseri ölümlerinin görüldüğü mesleklerden biri olarak tespit edilmiştir. Akciğer kanser riskindeki bu yüksek oranın asbest veya hidrokarbonlar, tütün dumanı veya hava kirliliği gibi mesleki kanserojen maddelerden mi ileri geldiği ise belirlenememiştir [NIOSH, 2002].

1981 yılında geniş kapsamlı yapılan bir epidemolojik çalışmada, Amerika Birleşik Devleti'nde Seattle kentindeki 3427 kaynakçı arasında akciğer kanserine bağlı olarak gerçekleşen ölüm vakalarını incelenmiştir. Bu kaynakçılar 1950-1976 yılları arasında en az 3 yıl kaynakçılık mesleğini icra etmişlerdir. 1976 yılına kadar söz konusu kaynakçıların 529'u ölmüştür. Akciğer kanser oranları ölüm belgeleri üzerinden bulunmuş ve yaş, cinsiyet ve ırk bilgileri Amerikan nüfusuna göre düzeltme yapılarak aynı toplumda akciğer kanserinden ölen kaynak dışı meslekten 5432 kişi ile kıyaslanmıştır. Beklenen 38 rakamının aksine, kaynakçıların 50 tanesi akciğer kanserinden ölmüştür. İlk maruziyetten 20 yıl sonrasındaki zaman dilimi dikkate alındığında akciğer kanserine bağlı gerçekleşen ölüm oranları oldukça yüksek olmaktadır. İncelenen vakaların hiçbirinin sigara kullanımları ile ilgili veri elde edilememiş ve kaynak dumanı ile kaynakçıların soluduğuna inanılan asbestin etkileri arasında herhangi bir ayırım yapılmamıştır [NIOSH, 2002].

1987 yılında mesleki maruziyet ve akciğer kanseri arasındaki ilişki üzerine nüfusa dayalı vaka çalışması yapılmıştır. Çalışmaya Amerika, New Mexico eyaletindeki 25-84 yaşları arasında olan 506 akciğer kanserli hasta dahil edilmiştir. Kontrol denekleri ise cinsiyet, etnik köken ve yaş bakımlarından eşlenik 771 kişiden oluşturulmuştur. Kaynakçıların akciğer kanseri riskinde

belirgin bir şekilde daha yüksek bir orana sahip olduğu tespit edilmiştir. Muhtemelen asbeste maruz kalmış hastaları çalışma harici tutmak için sigara içme alışkanlıklarında ayarlama yapılmasına ve tersane işçileri çalışma dışında tutulmasına karşın kaynakçılar arasındaki yüksek akciğer kanser riski devam etmiştir [NIOSH, 2002].

1968 yılında Amerikanın Kaliforniya eyaletinde en az 5 yıllık mesleki deneyime sahip erkek kaynakçılarında aralarında bulunduğu 14 meslek grubunu incelenmiştir. Yaş ve sigara içme alışkanlıkları dikkate alınarak, genel nüfus ile kaynakçılar kıyaslandığında, istatistiksel olarak kaynakçılarda akciğer kanserine bağlı ölüm oranlarının belirgin olarak daha yüksek olmadığı ortaya çıkmıştır. 1985 yılında Amerikada emekli vatandaşlarının ölüm oranları eski mesleklerine ve sigara içme alışkanlıklarına göre değerlendirmiştir. Mesleği kaynakçılık veya alevli kesme olan 771 emekli arasındaki 144 ölüm vakasından altısının akciğer kanserinden ileri geldiği tespit edilmiştir. Genel nüfus ile kıyaslama yapıp, sigara alışkanlıklarına göre de düzeltme yapınca akciğer kanserinden beklenen ölümlerin sayısı 6.5'tir ve elde edilen rakam da bu değerden pek farklı değildir [NIOSH, 2002].

1986 yılında yapılan bir araştırmada epidemiyolojik çalışmaları inceleyen araştırmacı , kaynak dumanı ile bronşlardan kaynaklanan karsinom (bir tür tümör) arasındaki ilişkinin yeteri kadar araştırılmadığını belirtmiştir. Gözden geçirilen çalışmalarda, kaynakçılar arasında akciğer kanserine bağlı ölümlerin %30-40 daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Gözden geçirilen bu çalışmalarda sigara kullanımının ve diğer mesleki ve mesleki olmayan maruziyet türlerinin kanser vakaları üzerine olan etkilerinin dikkate alınmadığı, araştırmacı tarafından belirtilmiştir. Ayrıca, çoğu çalışmada kaynakçılar arasında rastlanan kanser vakalarının sayısı, doğru bir risk belirlemesi yapmak için yetersiz kalmaktadır. Bu noktalara ilaveten, çoğu çalışmada kaynak yapılan zamanın ve kullanılan kaynak türlerinin dikkate alınmadığını da belirtmektedir. Daha önce de belirtildiği gibi, kaynakçılar arasındaki akciğer kanseri riskinin ilk maruz kalımdan sonra geçen 20-30

yıla kadar belirgin olmadığını bildirmişlerdir. 1986 yılında gözden geçirilen çalışmalarda uzun süre maruz kalan kaynakçılardan yeterince örnek toplanmadığını da belirtilmiştir. Epidemiyolojik çalışmaların, paslanmaz çelik kaynağı örneğindeki krom ve nikel gibi kanserojen maddelere maruz kalan kaynakçılar üzerinde yoğunlaşmasının daha uygun olacağını belirtilmiştir. Tüm kaynakçıların %10'luk bir kısmının paslanmaz çelik kaynak dumanlarına maruz kaldığı tahmin edilmektedir. Dolayısıyla, tüm kaynakçılar üzerinde yapılacak olan çalışmalar %10'luk alt grupta yer alan paslanmaz çelik kaynakçılarındaki görülen akciğer kanseri vakalarının önemini yeterince ortaya koyamayacaktır [NIOSH, 2002].

Nikel ve krom içeren dumanlara maruz kalan kaynakçılardaki akciğer kanseri vakalarını inceleyen çalışmalar da yapılmıştır. 1980 yılında ortak özelliklere sahip, 1950-1965 arasında en az 5 yıl çalışmış olan 234 İsveçli paslanmaz çelik kaynakçısı incelenmiştir. Tüm sebeplerden ölüm oranları nüfus genelindeki genel sebeplerden pek bir farklılık göstermemiştir. Genel nüfusa kıyasla 0.68 olarak beklenen akciğer kanserinden ölüm vakası sayısı, kaynakçılarda 3 olarak gerçekleşmiştir. Daha sonra yapılan bir çalışmada, bir önceki çalışmada bahsi geçen 234 paslanmaz çelik kaynakçısını, kendilerinden göreceli olarak daha düşük seviyelerde krom'a maruz kalan bir grup olan 208 demiryolu kaynakçısı ile kıyaslamıştır. Her iki grubun üyeleri de ortalama olarak 5 yıl kaynak yapmışlardır. Asbeste maruz kalma tamamen denklem dışına çıkarılamasa da, çalışmada kullanılan kaynakçılar asbest tozlarının ortaya çıktığı mahallerde çalışmamışlardır. 2 yıllık bir takip süresi sonunda, paslanmaz çelik grubundaki kaynakçılardan beşi akciğer kanserinden ölürken, demiryolu kaynakçılarındaki sadece bir kişi akciğer kanserinden ölmüştür. Bu oranlar genel nüfustan istatistiksel olarak pek farklı olmasa da, iki grup arasındaki fark oldukça belirgindir. 1985 yılında yapılan geçmişe dönük bir çalışmada krom ve nikel içeren dumanlara maruz kalan 1221 Alman kaynakçısı incelenmiştir. Kontrol denekleri 1694 kişilik bir tesviyeci grubundan oluşturulmuş ve istatistikler de ölüm belgelerinden elde edilmiştir. Çalışma süresi boyunca 77 kaynakçı ve 163 tesviyeci ölmüştür.

Kaynakçı grubundaki kanserden ölüm vakaların belirgin oranda daha yüksek çıkmıştır. Başka bir araştırmacının vakaya dayalı olarak yaptığı çalışmasında, akciğer kanseri ile nikel dumanına maruz kalma arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çalışmaya katılan 1343 kanserli kişi arasında toplam olarak 246 akciğer kanseri vakasına rastlanmıştır. Nikele maruz kalan kişilerdeki akciğer kanseri oranı genelin 3 kat üzerinde gerçekleşmiştir. Nikele maruz kalınan meslekler içinde akciğer kanseri ile en “göze çarpan ilişki” kaynakçılık arasında olmuştur. İlginç olarak da, nikele maruz kalmayan kaynaçılardaki akciğer kanser riski ya çok küçük ya da sıfır olarak gerçekleşmiştir [NIOSH, 2002].

Kaynakçılardaki kanser vakalarını inceleyen 23 epidemiyolojik çalışmayı gözden geçiren IARC 1990 yılında, kaynak dumanlarını insanlar için “muhtemel kanserojen” olarak yorumlamıştır. Bulgular insanlar üzerindeki sınırlı ve hayvanlar üzerindeki yetersiz delillere dayandırılmıştır. IARC’nin yorumundan sonra yapılan çalışmalar, kaynak dumanına maruz kalan işçilerin akciğer kanseri gelişimi açısından diğer mesleklerle ve genel nüfusa kıyasla daha yüksek bir riske sahip olduğunu göstermiştir. Ancak, bu yüksek riskin ne kadarının sadece kaynak dumanından kaynaklandığı, kaynak dumanındaki hangi bileşenlerin riski yükselttiği ve yüksek riskin sigara içme ve asbeste maruz kalmaktan ileri gelip gelemeyeceği konularında tam bir fikir birliği yoktur. Paslanmaz çelik kaynak dumanında nikel ve krom bulunmasına karşın, son zamanlarda yapılan çalışmalar paslanmaz çelik kaynakçıların karbon çelik kaynakçılardan daha yüksek bir akciğer kanseri riskine sahip olduğunu net bir şekilde ortaya koyamamaktadır [NIOSH, 2002].

Birçok çalışma, kendilerinden önce yapılmış çalışmaları tekrar inceleyip, durumu karmaşıklaştıran diğer etkenleri (sigara, asbest vs) hariç tutarak, paslanmaz çelik kaynağı ve akciğer kanseri arasında bir bağlantı kurmaya çalışmıştır.

1994 yılında yapılan bir çalışmada, paslanmaz çelik kaynakçılarındaki akciğer kanseri vakalarını sigara ve asbeste göre düzeltilmiş olarak incelemiş 5 çalışmayı tekrar analiz edilmiştir. Paslanmaz çelik kaynakçılarındaki göreceli olarak daha yüksek bir akciğer kanseri riski tespit edilmiştir. Kroma maruz kalan işçilerdeki akciğer kanseri riskini inceleyen çalışmalar 1993 yılında değerlendirilmiştir. Çalışmalar paslanmaz çelik kaynakçıları için akciğer kanseri riskinde artışa işaret etse de, risk oranı krom işinde çalışan işçilere göre belirgin oranda düşük çıkmaktadır. Bir başka gözden geçirme çalışmasında ise nikel ve kroma maruz kalan kaynakçılardaki akciğer kanseri riski üzerine yapılan çalışmalar incelenmiştir. Gözden geçirilen çalışmalar, uzun süreli kaynak dumanı maruziyeti durumunda akciğer kanseri ölümlerinde bir yüksekliği işaret etse de, nikel ve kromun birincil etken maddeler olduğunu gösteren kanıtlayıcı nitelikte deliller bulunamamıştır [NIOSH, 2002].

1997 yılında, farklı kaynakçı gruplarındaki göreceli akciğer kanseri riski hakkında 49 hüküm içeren toplam 36 bağımsız çalışma gözden geçirilmiştir. Tüm kaynak sınıflarında ve tüm çalışma türlerinde, ilgili nüfus ve kontrol deneklerine kıyasla kaynakçılardaki kanser riski oranı daha yüksek çıkmıştır. Tüm kaynakçıların akciğer kanseri için göreceli riski 1.38 olarak gerçekleşmiştir. Paslanmaz çelik ve karbon çelik kaynakçıları arasında göreceli risk bakımından herhangi bir fark görülmemiştir. Daha ilginç olanı ise, asbeste maruz kalan tersane kaynakçılarındaki göreceli akciğer kanser riski diğer kaynakçılardan daha yüksek çıkmamıştır [NIOSH, 2002].

Yüksek akciğer kanseri riski konusunda yorumda bulunmak, çoğu çalışmadaki yetersiz maruziyet değerlendirmeleri ile sigara içme alışkanlıkları ve asbest gibi diğer işle ilgili kanserojen maddelerin etkileri konusundaki bilgi eksiklikleri nedeniyle oldukça güçtür [Hansen ve ark., 1996].

Newhouse 1985 yılında bir İngiliz tersanesinde 1940-1968 yılları arasında çalışmış olan 1027 kaynakçı ve kalafatçı arasındaki ölüm oranlarını

incelemiştir. Tüm sebeplere bağlı olarak gerçekleşen ölüm sayıları, kaynakçılar için beklenenden hafif, fakat belirgin oranda daha yüksek çıkmıştır [Newhouse ve ark., 1985].

Milham 1985 yılında Amerika Washington eyaletinde 1952-1980 yılları arasında kayıtlara geçmiş olan 486 000 erkek ölümü üzerinde akciğer kanseri vakalarını incelemiştir. Kaynakçılık incelenen 9 meslek grubundan biri olmuş ve kaynakçılar arasında akciğer kanserine bağlı ölüm oranları diğer meslek gruplarından pek de farklı çıkmamıştır [Milham ve ark., 1985].

Simonato 1991 yılında Avrupa genelinde 9 farklı ulusa ait 21 vaka kontrolü çalışması ve 27 adet gönüllü katılım çalışmasına dahil olan toplam 11092 kaynakçıyı kapsayacak şekilde kontrol çalışması yapmıştır. Bu çalışmalardan toplanan verilerin incelenmesi sonucunda, kaynakçıların kendi ülkelerindeki genel nüfusa oranla belirgin oranda daha yüksek bir akciğer kanseri ölüm oranına sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Ancak, asbest maruziyeti durumun netliğini karıştıran bir etmen olarak belirtilmiştir. Bu noktada, paslanmaz çelik kaynak dumanı nedeniyle maruz kalınan toplam duman miktarı, toplam krom ve  $Cr^{+6}$  iyonunun akciğer kanseri ile belirgin biçimde bağlantılı olduğunun görülmediğini belirtmek gerekmektedir [Simonato ve ark., 1991].

1993 yılında 5 Fransız fabrikasındaki 2721 kaynakçı üzerinde yaptığı çalışmasında Moulin, 20 yıldır kaynakçılık yapan veya ilk kaynak çalışmasını 20 yıl önce yapmış olan karbon çelik kaynakçılarındaki akciğer kanserine bağlı ölüm oranlarının belirgin biçimde yüksek olduğunu bildirmiştir [Moulin ve ark., 1993]. Danielsen'in 1993 yılında Norveç'teki bir tersanede çalışan kaynakçılar ile genel erkek nüfusunu kıyasladığında, kaynakçılardaki akciğer kanserine bağlı ölüm oranlarının belirgin miktarda daha yüksek olduğunu bulmuştur. Bu çalışmada, asbest ve sigara içme alışkanlıkları hariç tutulsa dahi karbon çelik kaynakçılarındaki çok yüksek oranda akciğer kanseri riski olduğu yorumunda bulunulmuştur [Danielsen ve ark., 1993].

Hansen 1996 yılında, 10 059 Danimarkalı metal işçisinin katılımıyla geçmişe dönük bir kanser vakası çalışması yapmıştır. Tüm kaynakçıların akciğer kanserine yakalanma oranı istatistiksel açıdan belirgin bir farklılık göstermese de, kaynak dışı metal işçileri ile doğrudan kaynakçılar veya bir kaynak firması tarafından başka işlerde çalıştırılan işçilerdeki hastalık oranları belirgin biçimde daha yüksek tespit edilmiştir. Kaynakçı olarak çalışılan süre ile akciğer kanseri riski arasında bir bağlantı kurulamamıştır [Hansen ve ark., 1996].

Yaptığı vaka kontrol çalışmasında 1998 yılında Jockel, cinsiyet, yaş ve Almanya'da yaşadıkları bölge bakımından eşlenik olan deneklerle aynı sayıda, hastanelik olmuş 839 erkekteki akciğer kanseri vakalarını incelemiştir. Yazar, kaynakçılardaki yüksek kanser riski vakalarından hepsinin değil ama bazılarının sigara içme alışkanlığı ve asbeste maruz kalmaktan kaynaklanabileceğini belirtmiştir [Jockel ve ark., 1998].

1999 yılında Almanya'da krom ve nikel maruz kalan 1213 ark kaynakçısı ile 1688 kontrol deneğini 1989-1995 yılları arası için geçmişe dönük olarak inceleyen Becker, kaynakçılardaki kansere bağlı ölümlerin genel nüfus ve kontrol deneklerinden %35 gibi belirgin bir oranda daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Ancak, solunum yolları kanseri nedeniyle gerçekleşen ölümlerin büyük bir kısmı, asbeste maruz kalma sonucu ortaya çıkan mezotelyomdan ötürü gerçekleşmiştir. Kaynak dumanlarında bulunan krom ve nikel dumanına bağlı olarak kanser riskinin arttığına dair bir bağlantı kurulamamıştır [Becker ve ark., 1999].

Danielsen 2000 yılında 861 kaynakçının bulunduğu 4480 tersane kaynakçısında ortaya çıkan akciğer kanseri vakalarını incelemiştir. Kaynakçılarda beklenen 7.1 rakamının aksine 9 akciğer kanseri vakasına rastlanmıştır. Fakat, yazar akciğer kanseri ile kaynak dumanına maruziyet arasında belirgin bir ilişki kurulamadığını belirtmiştir. Kaynakçılar, tersane içinde çalışan üretim personeli ile kıyaslandığında bulgular, kaynak

dumanına maruz kalmanın bir kaynakçının akciğer kanserine yakalanması için daha yüksek bir riske neden olabileceğine işaret etmektedir. En uzun süreli kaynak tecrübesine sahip çalışanların göreceli akciğer kanseri riski 1.90 olmuştur [Danielsen ve ark., 2000].

Kaynakçılardaki kanser vakalarını inceleyen birçok çalışma olsa da kaynağın kanser riski ile olan ilişkisi net bir şekilde ortaya konulamamıştır.

## **5.2. Solunum Harici Etkiler**

### **5.2.1. Cilt ve aşırı duyarlılık etkileri**

İnsan cildi kaynak arkının oluşturduğu morötesi ışınları kolaylıkla emebilmektedir. Sıcak metal ve mor ötesi ışınım nedeniyle meydana gelen yanıklar, kaynakçılar arasında oldukça yaygındır. Işınımın dolaylı meydana gelen yaralanmanın ciddiyeti koruyucu elbise, kaynak işlemi türü, maruz kalınan süre, ışınımın yoğunluğu, ışınım merkezine olan mesafe, dalga boyu, kişinin hassasiyeti ve cildinde ışınım nedeniyle alerjiye yol açabilecek maddelerin olması gibi birçok etmene bağlıdır. Cilt hassaslaşması veya tahrişine neden olan maddeler kaynak esnasında üretilen krom, nikel, çinko, kobalt, kadmiyum, molibden ve tungsten gibi maddeler ve bunların türevleridir. Kromlu çeliklerin kaynağında ortaya çıkan dumanların, kroma alerjisi olan kişilerde alerjik deri yangısına sebep olduğu görülmüştür.  $Cr^{+6}$  gözlenen alerjik tepkimenin sebebi olarak belirtilmiştir. 1979 yılında kaynakçıların kollarında (kolun dirsek ile el arasında kalan kısmında) çile benzer pas kahvesi renginde yayılmış beneklerin oluşturduğu deri renklenmesine dair 10 vaka bildirilmiştir. Beneklerin, kaynak dumanına maruziyetin bitişinden 3-8 yıl sonrasında kaybolduğu gözlemlenmiştir. Koruyucu kullanmayan kaynakçılarda nikel bağli egzama oluştuğu da bildirilmiştir. Sovyetler Birliğinde yapılan bir çalışmada, 117 kaynakçının % 45'inde işe bağli lezyonlar oluştuğu belirlenmiştir. Bu lezyonlar arasında yüzeysel ve derin yanıklar kaynakçıların % 41'inde gözlemlenmiş olan en

yaygın türlerdir. Morötesi ışınım nedeniyle meydana gelen benekler, kaynakçıların % 8.3'ünün yüz, el ve kollarında görülmüştür. Nadiren yüz maskesi takan bir kaynakçıda meydana gelen ağır yüz beneklenmesi vakası 1987 yılında yapılan bir çalışmada tarafından incelenmiştir. Vaka, morötesi ışınımına maruz kalma sonucunda meydana gelen ışık-beneklemesi olarak nitelendirilmiştir. Çalışma esnasında kaynakçının maruz kaldığı mor ötesi ışınım miktarı ölçüldüğünde, 8 saatlik çalışma günü için müsaade edilen en yüksek maruziyet seviyesinin tam 128 katı morötesi ışınımına maruz kaldığı tespit edilmiştir. 77 kaynakçı, 75 kaynak işlemlerinde görev alan işçi ve 58 kaynak harici meslekten işçi üzerinde yapılan bir çalışmada yerel cilt kızarıklığının (eritema) kaynakçılar arasında yaygın olduğu, kaynağa maruz kalan işçiler arasında ise daha az sıklıkla görüldüğü tespit edilmiştir. Cilt kızarıklığı genellikle yerel olarak gerçekleşmekte ve kaynakçıların korunmayan uzuvlarında ve boyun bölgelerinde yaygındır. Ayrıca, çalışılan gruplar arasında dermatoz, cilt tümörleri veya kötü huylu (ileride kansere yol açan) tümör lezyonları bakımından belirgin farklılıklar tespit edilmemiştir. Kaynak esnasında ortaya çıkan morötesi ışınımın cilt kanserine yol açtığı yönünde genel bir hipotez veya kanı olsa da, kaynakçılardaki cilt kanserine morötesi ışınımın katkısı çoklukla bilinmemektedir. 200 000 cilt kanseri vakası üzerine yapılan epidemiyolojik analizler, cilt kanserinin mesleğe bağlı olmadığını göstermektedir [NIOSH, 2002].

Curie ve Monk 2000 yılında, kaynakçılarda ortaya çıkan, melanik (pigmentli) olmayan beş cilt kanseri vakası üzerinde yaptıkları incelemede, rahatsızlığın muhtemelen güneş harici bir morötesi ışınım nedeniyle ortaya çıktığını belirtmişlerdir [Curie ve Monk., 2000].

### **5.2.2. Merkezi sinir sistemine olan etkiler**

Belli mesleklerde çalışan ve kurşun, alüminyum ve manganez gibi bileşenler içeren kaynak dumanının, maruz kalan işçilerde sinirsel-psikiyatrik semptomlara yol açtığı düşünülmektedir. Manganez madenlerinde ve cevher

işleme tesislerinde veya çelik üretiminde çalışan işçiler tarafından yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu manganezin sinirsel zehirlilik yarattığı net bir şekilde ortaya konulmuştur. Son zamanlarda elde edilen bulgular, demir alaşımlı malzemelerde çalışan işçilerin uzun süreli düşük seviyeli manganez oksitlere maruz kalması durumunda sinirsel işlevlerinde değişiklikler olduğunu beyan etmektedir. Kaynak dumanında bulunan manganezin sinirsel sorunlara yol açıp açmadığı yönündeki soruların cevapları belirsizliklerini korumaktadırlar. İnsanlardaki manganez sinirsel zehirlenmesi, parkinson hastalığına benzeyen, iyi bilinen klinik bir sinirsel sendroma yol açmaktadır. Bu sendromun belirtisi bazal gangliyalardaki yüksek manganez seviyesi ile birlikte ortaya çıkan geri dönüşü olmayan beyin rahatsızlığı olup, ilk belirtisi şizofrene benzer bir psikiyatrik bozukluktur. Ardından ataksi (dengesizlik) gelir ve sonrasında subkortikal hareket sendromu ortaya çıkar [NIOSH, 2002].

Kaynakçılarda meydana gelmesi muhtemel sinirsel değişiklikler üzerine inceleme çalışmaları yapılmıştır. Demiryolu rayı imalatında çalışan 14 montajcı/taşıamacı ve 1 kaynakçının katıldığı çalışmada, %12 manganez içeren bir alaşımla kullanılmasına karşın manganezin zehirli etkilerini gösteren belirtiler gözlemlenmemiştir. 1981 yılında, üç farklı fabrikada, farklı havalandırma şartları olan ve dolayısıyla da farklı seviyelerde manganeze maruz kalan toplam 60 kaynakçı üzerinde yaptığı çalışmada; idrardaki manganez miktarlarını ve sinirsel rahatsızlık belirtilerini ölçmüştür. İşçilerin idrarındaki manganez seviyeleri kontrol deneklerine göre daha yüksek bulunmuş ve bazı sinirsel değişiklikler gözlemlenmiştir. Ayrıca, sinirsel belirtilerin kaynak dumanına maruz kalma süresinden bağımsız olarak meydana geldiği de görülmüştür. 1984 yılında Rusya'daki bir meslek hastalıkları hastanesinde kronik bronşit şikayeti olan 54 kaynakçı, 92 döküm işçisi ve 34 taşıamacının sinirsel durumunu inceleyen bir çalışma yapılmıştır. Her üç meslek grubunda da zayıflık, bitkinlik, yorgunluk, kayıtsızlık, sersemlik, dengesizlik, hissizlik, tahriş olma ve hafıza kaybı gibi benzer sinirsel bozukluk belirtileri görülmüştür. Sinir sistemindeki değişikliklerin

ciddiyeti ve sıklığı, bronşitin ciddiyetine göre artmaktadır. 1987 yılında Parkinson belirtileri göstermekte olan ileri aşamada manganez zehirlenmesi yaşamış olan iki kaynakçı vakasını tespit edilmiştir. Her iki kaynakçı da, bir kazan fabrikasında elektrik ark kaynağını sırasıyla 17 ve 31 yıl boyunca yapmışlardır. Fabrikadaki hijyenik şartların yetersiz olduğu bildirilmiştir. 1994 yılında bir OSHA raporunda, 18 yıl boyunca demiryolu ray yapımında solunum koruması olmadan çalışan bir kaynakçıdaki manganez zehirlenmesi vakasını anlatmıştır. Çalışmada kaynakçının kanındaki manganez seviyesinin oldukça yüksek düzeyde ( 11.3 µg/L) ve uzun dönemli manganeze maruz kalmanın tüm klasik işaret ve belirtilerini göstermekte olduğu ifade edilmiştir [NIOSH, 2002].

1993 yılında ileri derecede manganez zehirlenmesi gösteren 25 yıllık bir ark kaynakçısı vakasını ele almıştır. Kaynakçı mangan içeren çelik alaşımından yapılmış demiryolu raylarının tamirini yapmaktaydı. Ayrıca, havalandırması olmayan iç mekanlarda % 20 mangan içeren malzemelerle 15 yıllık kaynak ve kesme deneyimi mevcuttu. En sonunda uykusuzluk, bitkinlik, kafa karışıklığı, hafıza kaybı, kavrama kaybı, paranoyaklık, hareket ve kontrol kaybı gibi rahatsızlıklar oluşmuştur. Manyetik rezonans görüntülemesinde (MRI), bazal gangliyalarda ve orta beyinde manganez kalıntıları tespit edilmiştir [NIOSH, 2002].

1990 yılında İsveçte alüminyumun merkezi sinir sistemine olan etkilerini değerlendirdiği bir çalışmada, İsveçli 65 alüminyum kaynakçısı ve 217 demiryolu ray kaynakçısının sinirsel-psikolojik durumlarını belirlemek için bir anket yapılmıştır. Maruziyet, yaş ve sinirsel-psikolojik belirtilerin ortaya çıkması arasındaki ilişki mantıksal yöntem kullanılarak incelenmiştir. Alüminyum, kurşun veya manganez gibi metallere uzun süre maruz kalan kaynakçılarda daha fazla sinirsel-psikolojik belirtiler görülse de, elde edilen sonuçlar öznel ve kaynakla ilgisi olmayan genel metal maruziyetinden de ileri gelebileceği ve kesin sonuçlar elde etmek için ayrıntılı psikometrik çalışmalar yapılması gerekliliği bildirilmiştir [NIOSH, 2002].

1994 yılında yapılan bir çalışmada Finlandiyalı bir gemi yapım şirketinde çalışan 17 alüminyum kaynakçısını incelemiş ve bir dizi sinirsel-psikolojik test ile kan serumlarındaki ve idrarlarındaki alüminyum seviyelerini ölçülmüştür. Psikomotor, görsel ve mekansal yeteneklerin test sonuçları “ iyi-ortalama” düzeyinde bulunmuştur. Hafıza ve sözel yeteneklerin test sonuçları ise “ortalama” düzeyinde çıkmıştır. Ancak, hafıza testleri ile idrardaki alüminyum arasında ters bir ilişki ve görsel tepkime zamanı ile maruziyet arasında ise doğru bir ilişki bulunmuştur. Maruziyete bağlı sinirsel psikolojik etkiler arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak orta düzeydedir ve sadece bir ilişki olabileceğini öne sürmektedir, kaldı ki böylesi bir ilişki çalışma kapsamının sınırlı sayıda denekten oluşmasından da ileri gelebileceği bildirilmiştir [NIOSH, 2002].

1992 yılında yapılan bir vaka inceleme çalışmasında, ölümcül, kendiliğinden ilerleyen, sinirleri tahrip eden bir rahatsızlık olan motor nöron hastalığı için risk etmenlerini değerlendirmiştir. Hastalığa yakalanmış olan 92 vakanın mesleki geçmişleri ve maruziyetleri, yaşça eşlenmiş 372 denek ile kıyaslanmıştır. Kaynakçılığın da hastalık için önemli derecede risk taşıyan meslekler arasında olduğu bildirilmiştir [NIOSH, 2002].

1993 yılında farklı mesleki sinirsel zehirleyicilere maruz kalmış işçiler üzerinde bilgisayarlı testler yapılmış ve muhtemel tepkime zamanı, öğrenme kabiliyeti, görsel tanıma ve ruh halleri gibi sinirsel-davranışsal bozuklukları incelenmiştir. Çalışma yapılan grup içinde 18 alüminyum kaynakçısı da dahil edilmiştir. Testlerde sadece kurşun ve çinko dumanına maruz kalmış işçiler davranış bozuklukları göstermiştir. Yapılan tüm testlerde kontrol denekleri ile kaynakçılar arasında herhangi bir performans farkı görülmemiştir. 1996 yılında yapılan bir vaka inceleme çalışmasında; motor nöron rahatsızlığı ve amiyotrofik doku sertleşmesi (ALS) rahatsızlığı değerlendirilmiştir. ALS ile en kuvvetli ilişkiye kaynak veya sert lehimleme malzemelerine maruz kalma ile kaynak sanayinde çalışma durumlarının sahip olduğu belirlenmiştir. Bunun

muhtemel sebebi ise hem kaynak hem de lehimleme de bulunan kurşunun zehirleyici etkisi gösterilmiştir [NIOSH, 2002].

Mangan ve alüminyumun kaynakçılarda yol açtığı merkezi sinir sistemi etkileri 1996 yılında Sjogren tarafından incelenmiştir. Her iki metale de zamanında maruz kalmış kaynakçı gruplarına bir dizi sinirsel ve psikolojik test uygulanmıştır. Alüminyum kaynakçılarının (n = 38) idrarındaki alüminyum miktarı kontrol deneklerinden (n = 39) 7 kat daha yüksekti ve daha fazla sinirsel değişiklik ve motor sinir hücre testlerinde daha fazla gerileme tespit edilmiştir. Dahası, yapılan testlerden ikisinde gözlemlenen etkininin doza bağlı olduğu da görülmüştür. Alüminyuma maruz kalan kaynakçılarda (n = 12) yapılan beş motor kontrol testinde kontrol deneklerine göre daha düşük sonuçlar görülmüş ve daha fazla sayıda uyku bozukluğuna rastlanmıştır. Ancak, kaynakçılar kontrol denekleri ile kıyaslandıklarında, kanlarında yüksek miktarda manganez görülmemiştir. Çalışma sonucunda, idrarlarında 50 µg/L üzerinde alüminyum sahip olan kaynakçılarında motor sinir işlevlerinde farklılıklar olduğu ve kaynakçıların alüminyuma maruz kalmasını önlemek için tedbirler alınması gerektiği bildirilmiştir. Ayrıca, kanda düşük miktarda bulunsa ve kısa süreli maruz kalırsa da, manganında bazı kaynakçılar üzerinde motor sinir işlev bozukluklarının muhtemel sebebi olduğu bildirilmiştir. Bu durum için de, yüksek mangan alaşımlı elektrotlarla çalışan kaynakçıların çalışma ortamlarının iyileştirilmesi gerektiği bildirilmiştir [Sjogren ve ark., 1996].

Racette 2001 yılında yaptığı vaka inceleme çalışmasında, 15 tam zamanlı kaynakçıdaki Parkinson hastalığının klinik özellikleri ile hastalığın belli özelliklerini taşıyan iki kontrol grubunu kıyaslanmıştır. Hastalığın alt başlama eşiğinin kaynakçılarda çok daha erken (46 yaş) başlarken, kontrol deneklerinde bunun daha geç (63 yaş) meydana geldiği görülmüştür. Yapılan motor sinir işlevi testlerinde kaynakçılarla kontrol denek grupları arasında herhangi bir farklılık görülmemiştir. Motor sinir işlev testleri sonuçları ve diskinezi (hareketleri kontrol edememe rahatsızlığı) bakımından tüm

gruplardaki dalgalanmalar ve değişimler birbirine benzer gerçekleşmiştir. Çalışmanın sonucunda, kaynakçılardaki parkinson hastalığının klinik ayrımını erken yaşta başlaması ile yapılabileceği ve kaynağın parkinson benzeri bir sendromun gelişmesi için muhtemel bir risk etmeni olduğu belirtilmiştir. Ancak, bu çalışmanın bulguları manganın etken madde olup olmadığının net olarak ortaya koyamamaktadır ve gözlemlenen sinirsel değişiklikler için diğer mesleki ve çevresel dumanların etmen olması da söz konusu olabilir [Racette ve ark., 2001].

### **5.2.3. Üreme sistemine olan etkiler**

Yapılan ilk çalışmalar, kaynağın üreme kabiliyetine çok az bir etkisi olduğunu belirtmektedir. 1973 yılında 61 erkek ark kaynakçısı üzerinde yapılan çalışmada, kaynak ile üreme sistemi bozuklukları arasında herhangi bir ilişki bulunamamıştır. 1981 yılında ilerinde 69 kaynakçı, 192 boru montajısı ve 57 araba tamircisi bulunan 4200 erkek işçi üzerinde yapılan çalışmada üreme sistemi bozuklarını değerlendirmiştir. Bu bahsi geçen 3 meslek grubu haricinde kalan ve mesleki olarak kaynak dumanına maruz kalmamış kişiler ise kontrol denekleri olarak işlev görmüştür. Bozuklukların sıklığı tüm meslekli gruplar arasında aynı çıkmıştır ve netice olarak, kaynakçılar ile diğer mesleki gruplarda meydana gelen üreme sistemi bozukluklarının frekansının aynı olduğu belirtilmiştir. 1988 yılında yapılan başka bir çalışmada ise 20 elektrik ark kaynakçısı ile 11 kontrol deneği arasında test edilen hiçbir üreme sistemi işlevi arasında fark olmadığının gözlemlenmiştir. 1992 yılındaki 30 paslanmaz elik, 30 karbon elik kaynakçısı ile 47 kontrol deneğindeki sperm kalitelerini inceleyen bir çalışma yapılmıştır. Kandaki ve idrardaki krom seviyesi ile paslanmaz elik kaynağı arasında bir bağıntı bulunamadığının gibi kaynak nedeniyle sperm kalitesinde de herhangi bir düşüş bulunmamıştır [NIOSH, 2002].

1988 yılında yapılan bir çalışmada, 1255 işçi üzerinde anket yöntemi ve sperm analizleri uygulanmış ve kaynakçılar arasında üretkenlik

rahatsızlıklarının 2 kat daha yüksek olduğunu bildirilmiştir. Paslanmaz çelik kaynakçılarındaki risk 2.34 kat gibi daha da yüksek bir rakam çıkmıştır. 1990 yılında yapılan bir çalışmada 35 paslanmaz çelik ve 46 karbon çelik kaynakçısı ile 54 başka meslekten işçi arasında sperm kalitesini kıyaslayan bir inceleme yapmıştır. Bu çalışmada karbon çelik kaynak dumanına maruz kalma dozu ile sperm kalitesinin azaldığı yönünde bir bağıntı ortaya çıkmıştır. Paslanmaz çelik kaynak dumanına maruz kalan işçilerin sperm kalitesinde de düşüşler tespit edilmiştir [NIOSH, 2002].

Bonde 1992 yılında yaptığı bir çalışmada, kaynak dumanından havalandırma ve basınçlı hava tüpleri ile yeteri oranda korunan 17 kaynakçıyı incelemiştir. Kaynakçılarda belirgin bir tersine çevrilebilir sperm kalite düşüşü olduğu ancak, bu düşüşün kaynak dumanına maruz kalmaktan ziyade arkın oluşturduğu ısının ısınım yoluyla etki etmesinden ileri geldiği bildirilmiştir [Bonde, 1992].

Wu 1996 yılında yaptığı çalışmada mangan ve kaynak dumanına maruz kalmanın etkilerini Çinli 63 mangan maden işçisi, 110 tersane kaynakçısı, 38 atölye kaynakçısı ve 99 kontrol deneğini inceleyerek yürütmüştür. Çalışma sonucunda, manganın sperm kalitesinde zehirli bir etkiye sahip olduğu belirtilmiştir [Wu ve ark., 1996].

1996 yılında mesleki maruziyetlerinin erkek üreme işlevine olan etkilerini inceleyen çalışmalar hakkında bir literatür tarama çalışması yapan Tas ise kaynak dumanında bulunan belli bazı metallerin erkek üreme sistemi üzerinde zehirli bir etkide bulunabileceğini belirtmiştir. Kadmiyum ve kurşunun erkek üreme sisteminde sorun yaratabilecek metaller olduğu bildirilmiştir [Tas ve ark., 1996].

### **5.3. Hayvanlar Üzerinde Yapılan Çalışmalar**

#### **5.3.1. Sitotoksik çalışmalar**

Kaynak dumanının hücrelerin yaşamsal faaliyetlerine olan etkisi hakkında pek çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda en çok kullanılan hücre tipi alveol makrofajları olmuştur. Makrofaj akciğerlerden bronş-alveol yıkaması adı verilen yöntem ile kolaylıkla ayrılabilir. Makrofajlar hücre savunma mekanizmasının ilk hattında yer alırlar. Solunan parçacıkları fagositler içine alarak, büyük moleküler kalıntıları uzaklaştırarak, mikroorganizmaları öldürerek akciğer yapısının ve işlevinin korunmasında merkezi bir rol oynarlar. Bağışıklık sistemi için yardımcı hücre işlevi görürler ve akciğer parankimasını korur ve tamir ederler, ayrıca akciğer fizyolojisini dengelerler. Farklı çalışmalarda, elektrik ark paslanmaz çelik dumanının diğer kaynak dumanı türlerine göre fare makrofajları üzerinde çok daha sitotoksik etkiye sahip olduğunu ortaya koymuşlardır. 1988 yılında yapılan bir çalışmada paslanmaz çelik elektrotlarla yapılan elektrik ark kaynak dumanlarının karbon çelik malzemelerle yapılan kaynak dumanlarına kıyasla, büyük baş hayvanların akciğer makrofajlarının yaşamsal kabiliyetlerini ve fagositlerini çok daha olumsuz yönde etkilediğini gösterilmiştir [NIOSH, 2002].

Elektrik ark kaynağında oluşan paslanmaz çelik dumanlarının, gazaltı kaynağında oluşan karbon çelik dumanlarına göre çok daha sitotoksik olduğu ve çok daha yüksek miktarda reaktif oksijen türlerinin salınmasına yol açtığı gösterilmiştir [Antonini ve ark., 1997]. Elektrik ark kaynağında oluşan paslanmaz çelik dumanının makrofajlar için en zehirli bileşenler olduğu ve gazaltı kaynağında paslanmaz çelik ile gazaltı kaynağında karbonlu çelik dumanlarına kıyasla makrofajların işlevlerine en büyük etkiye sahip duman türü olduğu ortaya konulmuştur [Antonini ve ark., 1999].

### **5.3.2. Genetik zehirlilik ve mutasyon çalışmaları**

Yapılan çalışmalar kaynakçılardaki muhtemel kanser gelişimini, özellikle de kaynak dumanında bulunan krom ve nikeli göz önüne alarak incelemiştir. Kaynak dumanı ve kaynak dumanı bileşenlerinin genler üzerindeki etkilerini

değerlendirmek için çok sayıda çalışma yapılmıştır. Genetik zehirlilik değerlendirmelerinde, bir maddenin genlerde veya gen bileşenlerinde değişiklik (mutasyon) yaratıp yaratmadığına bakılır. Kanseri gibi bazı insan hastalıkları DNA'da meydana gelen böylesi değişikliklere bağlı olarak da ortaya çıkabildiğinden bu nokta son derece önemlidir. Daha önce yapılan çalışmalarda, paslanmaz çelik kaynak dumanlarının *Salmonella*'da mutasyona yol açtığı ve memeli hücreleri için zehirli olduğu gösterilirken, karbon çelik kaynak dumanlarının mutasyon etkisini çok sınırlı olduğu bildirilmiştir. Paslanmaz çelik elektrotlarla yapılan elektrik ark kaynağında oluşan dumanların zehirli ve dönüştürücü etkisi, bebek hamster (*Hamster: fare benzeri deney hayvanı*) böbrek hücreleri (BHK) üzerinde gösterilmiş olup, duman içinde bulunan  $Cr^{+6}$ 'nın bu etkiye sebep olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada araştırmacıların ortaya koyduğu bir başka husus da, göreceli olarak çözünmez  $Cr^{+6}$  bileşenlerinin BHK üzerinde, çözünebilir  $Cr^{+6}$  bileşenlerine göre çok daha zehirli ve dönüştürücü bir etkiye sahip olmasıdır. 1991 yılından yapılan başka bir çalışmada hamster embriyo hücreleri üzerinde yaptığı çalışmasında  $Cr^{+6}$  bileşiklerinin çözünmesinin zehirlilikleri ve dönüştürücü özellikleri açısından son derece önemli olduğunu bildirilmiştir. 1986 yılında yapılan bir çalışmada paslanmaz çelik elektrik ark kaynağı dumanındaki çözünür ve çözünmez bileşenlerin,  $Cr^{+6}$  ve floridler, nikel, manganez ve  $Cr^{+3}$  gibi daha az bulunan bileşenlerin miktarına bağlı olarak kromatid değişimi başlattığını bildirilmiştir. Ancak, mitoz gecikmesi tek başına  $Cr^{+6}$  konsantrasyonuna bağlı olarak açıklanamamıştır ve bu nedenle dumandaki diğer bileşenlerin de bu süreçte etkin olması söz konusudur. 1987 yılındaki başka bir çalışmada karbon çelik kaynak dumanlarında, doğrudan etken olan ve mutasyon öncesinde rol oynayan, suda çözünmeyen  $Cr^{+6}$ 'sız bileşenler olduğunu gösterilmiştir [NIOSH, 2002].

1981 yılında nikelin etkilerinin değerlendirdiği bir çalışmada nikel bakımından zengin bir kaynak dumanını incelenmiş ve dönüştürücü etkisinin büyük bir kısmı kan serumunda çözünebilir bileşenlerden ileri gelen, son derece mutasyona yol açıcı bir madde olduğunu bildirilmiştir [NIOSH, 2002].

BHK kullanılarak yapılan doku çalışmaları Hansen ve Stern 1983 yılında; nikel sülfid ( $\alpha$ -Ni<sub>3</sub>S<sub>2</sub>) ve farklı mesleki nikel oksitler gibi kansere yol açtığı bilinen bazı nikel bileşiklerinin dönüşüm potansiyellerini incelemişlerdir. Elde ettikleri sonuç, nikelin geldiği yerden ve işlediği hücreden bağımsız olarak tüm nikel bileşiklerinin aynı dönüşüm potansiyeline sahip olduğudur [Hansen ve Stern 1983].

1986 yılında yapılan, gazaltı paslanmaz çelik dumanlarının Cr<sup>+6</sup> içeriklerinden ötürü beklenen zehirlilik oranından daha yüksek bir zehirlilik oranına sahip olduklarını ortaya koymuşlardır. Beklenenden yüksek çıkan dönüştürücü etkinin duman içerisinde yer alan nikel bileşiklerinden ileri geldiği düşünülmektedir. Araştırmacılar, nikel içermeyen paslanmaz çelik kaynak dumanlarının dönüştürücü etkisinin, içerdikleri Cr<sup>+6</sup> miktarı ile orantılı olduğunu da bulmuşlardır. [NIOSH, 2002].

### **5.3.3. Solunum sistemi yangısı, iltihaplanması ve fibroz**

Farklı kaynak dumanlarının akciğer yangısı ve iltihaplanması üzerine olan etkisini incelemek için laboratuvar hayvanlarının kullanıldığı çok sayıda çalışma yapılmıştır. Çalışmaların çoğunda kaynak dumanını hayvanların akciğerine gönderebilmek için nefes borusuna damlatma adı verilen bir yöntem kullanılmıştır. Nefes borusuna damlatma yöntemi gerçek solumaya göre daha az fizyolojik olsa da yöntemin bazı üstünlükleri de vardır [ Driscoll ve ark., 2000; Reasor ve Antonini, 2001].

Kaynak dumanlarının farelerin akciğerlerine nefes borusundan damlatma yöntemiyle verildiği çalışmalarda Antonini 1997 yılında, farklı kaynak dumanlarını akciğer yangısına ve iltihaplanmasına sebep olma potansiyelleri bakımından araştırmış ve kaynak dumanlarının akciğerlerde hasara yol açtığı mekanizmaları incelemiştir. Farklı kaynak yöntemlerinden açığa çıkan farklı kaynak dumanlarının solunum sisteminde farklı sonuçlara yol açtığı ve

akciğerlerden farklı hızlarda temizlendiği gösterilmiştir. Gazaltı kaynağında oluşan paslanmaz çelik ve elektrik ark kaynağı paslanmaz çelik dumanları karbon çelik dumanlara kıyasla solunum yollarında daha fazla zehirleyici etkiye sahiptir ve akciğerde de daha uzun kalmaktadırlar. Gazaltı kaynağında paslanmaz çelik ve elektrik ark kaynağında paslanmaz çelik dumanlarına maruz kalmış olan farelerin akciğerlerinde, önemli miktarlarda TNF- $\alpha$  ve IL- $\beta$  gibi yangıya sebep olan sitokinler tespit edilmiştir. Akciğerlerde yangılı sitokinlerin varlığı ve devamlılığı, gazaltı kaynağında paslanmaz çelik ve elektrik ark kaynağında paslanmaz çelik dumanlarının sebep olduğu akciğer iltihaplanması ve yangısını artışı açıklayabilecek bir gösterge olabilir. Ancak, solunum sistemi için son derece zehirli olan ve fibroza yol açabilen bir mineral olan kristal silikanın aksine; paslanmaz çelik kaynak dumanlarının akciğerden nihayetinde atıldığı ve dolayısıyla da fibroz gibi kronik akciğer hasarına yol açma olasılığının düşük olduğu, farelerde yapılan 2 mg/farelik nefes borusu damlatması deneylerinde gösterilmiştir. Araştırmacılar ayrıca, karbon çelik dumanın geçici, tersine çevrilebilir bir solunum sistemi rahatsızlığına yol açtığını, bunun da demir oksit gibi eser miktarda bulunan bir parçacığın yol açtığı az miktardaki yangı ve fibroz potansiyelinden ileri geldiğini bildirmişlerdir [Antonini ve ark.,1997]. Konuyla ilgili başka bir çalışmada Antonini 1998 yılında, taze üretilmiş veya 1 gün ve 7 gün bekletilmiş paslanmaz çelik dumanlarının nefes borusundan damlatmıştır. Taze üretilmiş paslanmaz çelik dumanlarının bekletilmiş dumanlara göre daha fazla yangı ve iltihaplanmaya sebep olduğu, bunun da duman yüzeylerinde bulunan yüksek konsantrasyonlu serbest radikallerden kaynaklandığı ortaya konulmuştur. Bu sonuca göre, gerçek kaynak alanlarında çalışan işçilerin akciğer rahatsızlıkları gelişimi açısından daha büyük bir risk altında olduğu vurgulanmıştır [Antonini ve ark.,1998].

Yu 2000 yılında fareleri kaynak dumanına maruz bırakmak için yeni bir kaynak dumanı üretim sistemi tasarlamıştır. Fareler 4 saat boyunca 62 mg/m<sup>3</sup> nispetinde paslanmaz çelik dumanına maruz bırakılmış ve maruziyet sonrasındaki farklı zamanlarda akciğerleri incelenmiştir. Kaynak

parçacıklarının büyük oranda küçük bronşçukların gaz değişim bölgelerinde toplandığı ve bronşçukların dallanan bölgelerindeki makrofajların kaynak dumanları ile dolu olduğu görülmüştür. Ancak, 4 saatlik maruziyet sonrasında nefes yolunun hiçbir noktasında hiçbir zamanda belirgin bir patolojik değişim görülmemiştir [Yu ve ark., 2000]. Aynı araştırmacı grubu, kaynakçılarda meydana gelen pnömokonyozu incelemek için bir akciğer fibroz modeli ortaya koymuşlardır. Fareler 90 gün boyunca, 2 saat/gün nispetinde bir süre için  $57-67 \text{ mg/m}^3$  (düşük doz) veya  $105-118 \text{ mg/m}^3$  (yüksek doz) konsantrasyonlarında paslanmaz çelik kaynak dumanına maruz bırakılmıştır. Yapılan patolojik incelemeler, düşük doza maruz kalan farelerde herhangi bir fibroz değişim görülmezken, yüksek doza maruz kalan grupta 15. günden itibaren fibrozun erken belirtileri görülmüştür. 60. günde dokular arası fibroz başlamış ve 90. günde ise belirgin hale gelmiştir. Çalışmayı yapan araştırmacılar sonuç olarak, dokular arası solunum sistemi fibrozunun meydana çıkması için aşırı yüksek miktarda paslanmaz çelik dumanı gerektiğini bildirmişlerdir [Yu ve ark., 2001].

#### **5.3.4. Solunum sistem birikimi, çözünmesi ve sistemden atılması**

1982 yılında yapılan bir çalışmada paslanmaz çelik kaynak dumanının solunum sisteminden temizlenmesini değerlendirmek için demiri manyetik olarak ölçmeye dayalı bir yöntem sunulmuştur. Kan ve çeşitli organlardaki atomik absorpsiyon ölçümleri sonuçları ile birlikte, demir ve kromun akciğerden temizlenmesinin birbirine benzer olduğunu, nikelin ise daha hızlı atıldığı gözlemlenmiştir. Paslanmaz çelik ile karbon çelik kaynak dumanlarını kıyasladığı çalışmasında, akciğerlerde tutulan paslanmaz çelik dumanı ile maruziyet süresi arasında doğrusal bir ilişki tespit ederken, karbon çelik dumanının akciğerlerde tutulması ise maruziyet hızına bağlı olarak doyumluğa ulaşmakta ve daha fazla artmamaktadır. Dört hafta sonunda alveollerdeki paslanmaz çelik dumanı birikmesinin karbon çelik dumanın birikmesinden dört kat daha fazla olduğu görülmüştür. Karbon çelik dumanlarının hızlı bir şekilde temizlenmesini sağlayan bileşenin paslanmaz

elik dumanların temizlenmesi sürecinde eksik olduğu bulunmuştur. Manyetik tanı kullanan bir çalışmada paslanmaz elik dumanlarının farelerin akciğerlerden atılma hızının karbon elik dumanlarının atılma hızına göre belirgin derecede daha düşük olduğunu bulmuştur. Nefes borusu damlatması yöntemiyle verilen paslanmaz elik dumanının yarı ömrü 47 gün olarak gerçekleşirken, damlatılan karbon elik dumanının yarı ömrü sadece 18 gün olmuştur [NIOSH, 2002].

### **5.3.5. Bağışıklık sistemi etkileri**

Yamamoto 2001 yılında yaptığı çalışmasında florid (kaynak elektrot özlerinde yaygın olarak bulunan bir bileşik) solunmasının fare akciğerlerinin anti bakteri savunma mekanizmasını bastırdığını göstermiştir. 14 gün boyunca, 4 saat/gün nispetinde 5 ve 10 mg/m<sup>3</sup> floride maruz bırakılan Staphylococcus aureus cinsi farenin solunum sistemindeki bakteriyel savunma mekanizması konsantrasyona bağlı olarak azalmıştır [Yamamoto ve ark., 2001].

### **5.3.6. Cilt sağlığı ve duyarlılık etkileri**

Kaynak dumanının hayvanların cilt sağlığı ve duyarlılıkları üzerine olan etkileri konusunda yapılmış çalışmalar kısıtlıdır. Gazaltı ve elektrik ark kaynak işlemleri esnasında ortaya çıkan kaynak dumanlarının dişi Gine domuzları üzerinde yol açtığı duyarlılık etkileri hakkında bir çalışma yapılmış ve cildin aşırı hassaslaşmasını tetikleyen durumları test eden birçok yöntem kullanılarak yapılan çalışmada, gazaltı kaynak dumanlarının 40 hayvanda 23 adet tepkimeye yol açtığı, elektrik ark kaynak dumanlarının ise daha az etkin olup 40 hayvanda sadece 10 tepkimeye yol açtığı görülmüştür. Krom tuzlarına çok defalar maruz kalmanın alerjik egzemaya yol açtığı bilinmektedir. Akciğerlerin kromatlara veya krom ve nikelce zengin paslanmaz elik kaynak dumanına maruz kalması durumunda bu türden bir tepkimeyi azaltabildiğini bildirmektedir. Kromata maruz bırakılan Gine domuzlarına deri altından kromat verildiğinde ciltlerinde aşırı duyarlılık tepkisi

oluştugu saplanmıştır. Bu tepkime, solunum sistemlerine düzenli olarak potasyum kromat veya potasyum dikromat verilen hayvanlarda da görülmüştür. Akciğerlerin önceden nikel tuzlarına maruz bırakılması da kromata olan tepkimeyi değiştirmemiş olup bu durum, krom tuzlarına solunum yolu ile maruz kalmanın özel bir tepkime ürettiğine işaret etmektedir [NIOSH, 2002].

### **5.3.7. Merkezi sinir sistemine olan etkiler**

Kaynak dumanının hayvanların merkezi sinir sistemi üzerine olan etkileri konusunda yapılmış çalışmalar kısıtlıdır. Kaynak dumanında yer alan manganın sinirsel zehirliliği konusunda derin endişeler mevcuttur. Kaynak dumanın vücut içinde izlediği yol, manganın dağılımını, metabolizmaya olan etkisini ve sinirsel zehirlilik kabiliyetine önemli bir etkide bulunmaktadır. Sindirim yolu ile kıyaslandığında solunum yolu, manganın beyne gitmesi açısından çok daha kolay ve etkin bir yol olup, solunum yolu ile manganın alımının en zehirli yol olduğu da gösterilmiştir [NIOSH, 2002].

Kaynak dumanını soluma sonrasında beyinde meydana gelebilecek mangan birikimini arttırabilecek bir başka etmen de koklama yoluyla taşınım yani burun ile beyin arasındaki doğrudan bir yoldur. Doğrudan koku alma yoluyla taşınım, solunan kimyasallar koku nöron hücreleri tarafından alınıp taşınır ve sinaps bağlantılarından doğrudan beyne geçer. Koku alma yoluyla taşınımın, beyinde hızlı mangan birikimi için etkin bir yol olduğu en azından fare beyinleri üzerinde gösterilmiştir. Ancak, bu bulguların insanların mangan maruz kalması ile olan ilişkisi ve sinirsel zehirlenme riskleri henüz bilinmemektedir ve, türler arasındaki beyin ile burun anatomisi ve fizyolojisi farkları nedeniyle karmaşılaşmaktadır [Brenneman ve ark., 2000].

Fare beynindeki koku alma bölümü insan ile kıyaslandığında merkezi sinir sisteminde daha büyük bir yer kaplamaktadır [Gross ve ark., 1982]. Buna ilaveten, fareler burun yolu ile solumak zorunda olan canlılarken, insanlar

ağız yoluyla da soluyabilmektedir. Farelerde solunan havanın %16.5lik bölümünün koku mukozasına ulaştığı, insanlarda ise bu oranın sadece %5 olduğu bildirilmiştir [Kimbell ve ark., 1997].

Kaynak dumanının sinirsel zehirliliğini inceleyen bir başka çalışmada 2001 yılında Hudson, model işlemlerden üretilen seçilmiş kaynak dumanı çözüntülerinin beyin lipitleri üzerindeki peroksitletme ve dopamin üzerindeki oksitletme potansiyellerini araştırmıştır. Belli bazı kaynak dumanı türlerinin dopamin oksitletmesini arttırdığı ve lipit peroksitletmesini azalttığı ve bu etkilerin gerilim/akım, koruyucu gaz ve elektrot gibi kaynak parametrelerinden etkilendiği gözlemlenmiştir. Çalışma sonunda araştırmacılar, kaynak dumanına maruz kalmanın, kaynak aparatlarına bağlı olarak tek tek değil, bir bütün halinde olması gerektiğini belirtmişlerdir. Kaynak işleminde yapılabilecek herhangi bir değişikliğin bir sorunu çözerken diğerini tetikleyebileceğini belirtmişlerdir [Hudson ve ark., 2001]

### **5.3.8. Üreme ve döllenme sistemlerine olan etkiler**

1996 yılında kaynak dumanının dişi farelerin üreme kabiliyetine olan etkileri hakkında bir çalışma yapılmıştır. Toplam 72 dişi fare, karbon çelik kaynak dumanına 32, 82 ve 102 gün boyunca maruz bırakılmışlardır. Maruziyet bittikten sonra dişi fareler, kaynak dumanına maruz kalmamış erkek farelerle çiftleştirilmişlerdir. Dişi farelerin kaynak dumanına maruz kalması dişi farelerde gebelik sayısının, fetüs boyut ve ağırlığının düşmesine sebep olduğu gibi dişi üreme organlarının doku patolojisini de değiştirmiştir. Aynı araştırmacı kaynak dumanının erkek farelere olan etkilerini çalışılmış, dişi fareleri maruz bıraktığı aynı karbon çelik dumanına iki grup erişkin erkek fareyi de maruz bırakmıştır. Erkek farelerden bir grup 100 gün boyunca dumana maruz bırakılmış ve hemen arkasından dumana maruz bırakılmamış dişi farelerle çiftleştirilmiştir. Hiçbir dişi fare gebe kalmamıştır. Bir başka fare grubu ise 100 gün boyunca dumana maruz bırakılmış, ardından 80 gün boyunca dinlendirilip dumana maruz bırakılmayan dişi farelerle

iftleştirilmiştir. 16 fareden sadece 4 tanesi gebe kalmıştır. Farelerin testisleri üzerinde yapılan doku çalışmalarında dem ve tohum halindeki epitel hücrelerin kavlaması ve bozulması gibi değişiklikler görülmüştür. 1992 yılında yapılan farklı bir çalışmada, farelere periton boşluğundan 8 hafta boyunca, haftada 5 defa  $\text{Cr}^{+6}$  enjekte etmişlerdir. Maruziyet bittikten sonra incelenen farelerdeki hareketli sperm sayısı ve kan serumundaki testosteron seviyelerinde belirgin düşüşler tespit edilmiştir. Hem lteinleyici hormon (LH) hem de yumurta uyaran hormonların (FSH) kan serumundaki seviyeleri ise artmıştır. Tüm sperm parametreleri ve hormon seviye değişimlerinin çoğu, maruziyetten 8 hafta sonra normal seviyelerine inmişlerdir [NIOSH, 2002].

## 6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

### 6.1. Amaç

Bu çalışmada ark kaynak yöntemlerinden örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağı, MAG ve MIG kaynak yöntemlerinde 100, 125 ve 150 A akım şiddeti ve tüm akım şiddeti değerleri için 15, 30 ve 45 saniye kaynak süresinde ortaya çıkacak serbest haldeki CO, CO<sub>2</sub> gazlarının ve kaynak metal tozlarının kaynak yöntem ve parametrelerine bağlı değişimi araştırılmıştır. Çalışmadaki deney parametreleri, kullanılan makineler, cihaz, çelik malzeme, elektrod, ölçüm ve analiz teknikleri aşağıda açıklanmıştır.

### 6.2. Kaynak yöntemleri, parametreler ve kullanılan malzemeler

Bu çalışmada kimyasal bileşimi Çizelge 6.1 de verilen çelik malzeme üzerine aşağıdaki kaynak yöntemleri ve parametreleri kullanılarak kaynak dikişleri çekilmiş ve kaynak sırasında açığa çıkan kaynak dumanı ve tozu ölçülmüştür.

#### 6.2.1. Kaynak yöntemleri

##### 1. Örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağı

- Rutil elektrod ile örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağı
- Bazik elektrod ile örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağı
- Selulozik elektrod ile örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağı

##### 2. MIG Kaynağı

##### 3. MAG Kaynağı yöntemleri uygulanmıştır.

### 6.2.2. Kaynak parametreleri

Tüm kaynak yöntemlerinde 100, 125, 150 Amper akım şiddeti ve her akım şiddeti için 15, 30, 45 saniye kaynak süreleri kullanılmıştır.

### 6.2.3. Kullanılan çelik malzeme

Kaynak işlemlerinde spektrometre analizi aşağıda verilmiş olan 50 mm x 10 mm'lik 200 mm boyunda orta karbonlu çelik malzeme kullanılmıştır.

Çizelge 6.1. Kullanılan çelik malzeme alaşım elementleri (% ağırlık)

| Element        | Oran (%) |
|----------------|----------|
| Demir (Fe)     | 98.442   |
| Karbon (C)     | 0.325    |
| Mangan (Mn)    | 0.798    |
| Silisyum (Si)  | 0.200    |
| Fosfor (P)     | 0.015    |
| Kükürt (S)     | 0.023    |
| Krom (Cr)      | 0.059    |
| Nikel (Ni)     | 0.061    |
| Molibden (Mo)  | 0.013    |
| Bakır (Cu)     | 0.032    |
| Vanadyum (V)   | 0.020    |
| Alüminyum (Al) | 0.006    |
| Bor (B)        | 0.001    |
| Kalay (Sn)     | 0.002    |
| Niobyum (Nb)   | 0.003    |
| Titanyum (Ti)  | 0.000    |

#### 6.2.4. Kullanılan elektrodlar ve gazaltı teli

Deneylerde, örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağında Ø 3.25 rutil, bazik ve selülozik elektrodlar, gazaltı kaynaklarında ise SG2 Ø 1 mm tel kullanılmıştır. Gazaltı kaynaklarından MAG kaynağında CO<sub>2</sub>, MIG kaynağında yüksek saflıkta (% 99,99) Ar gazları kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan tüm elektrod ve kaynak teli için üretici firma tarafından hazırlanan ürün güvenlik formlarında maruz kalma limit değeri hakkında herhangi bir çalışma yapılmadığı, ürünün normal kullanımı esasında ortaya çıkmakta olan duman ve gazların konsantrasyonu, elektrod veya kaynak telinin tipine ve çalışılan malzemeye bağlı olduğu belirtilmektedir.

#### AS R 143 Rutil elektrod

Rutil karakterli elektrotların örtüsünün büyük bir kısmını Titanyumoksit (TiO) oluşturur. Buna ek olarak örtü feldspat, kuartz, düşük miktarda selüloz, ferromanganez, ve bağlayıcı olarak da cam suyu (sodyum yada potasyum silikat) içerir. Çizelge 6.2’de elektrod çekirdeğin kimyasal analizi verilmektedir [ASKAYNAK, 2003].

Firmanın rutil elektrot için hazırlanan ürün güvenlik formlarında elektrod’un bileşiminde mangan ve mangan alaşımı bileşiklerinin % 3’den az olduğu, temel olarak demiroksit, ikincil olarak da karmaşık mangan oksitlerin olduğu ve ark yayılımı ile ozon ve azotdioksit oluşumunun da muhtemel olduğu belirtilmektedir. Ayrıca Çizelge 6.3’de rutil elektrod ürün güvenlik formunda bulunan kaynak dumanı ve bazı elementlerin MAC değerleri verilmektedir [ASKAYNAK, 2005].

### AS B 248 Bazik elektrod

Bazik karakterli elektrodların örtüsünde kalsiyum ve diğer toprak alkali metallerin karbonatları ile birlikte bir miktarda kalsiyum-florür bulunur. Bazı tipleri alternatif akımda da kullanılabilir. Genellikle bazik elektrotların örtüsünde hidrojen içerecek bir madde bulunmaz. Bağlayıcı madde olarak içerisinde silikat bulunur. Bazik elektrotların örtüsünde bulunan  $\text{CaCO}_3$  kaynak sırasında ayrılır;  $\text{CaO}$  curufa geçer ve  $\text{CO}_2$  ise gazların kaynak bölgesinde uzaklaştırır. Çizelge 6.2'de elektrod çekirdeğin kimyasal analizi verilmektedir [ASKAYNAK, 2003].

Firmanın bazik elektrot için hazırladığı ürün güvenlik formlarında elektrod'un bileşiminde mangan ve mangan alaşımı bileşiklerinin % 2'den az olduğu, temel olarak demiroksit, ikincil olarak da karmaşık mangan oksitlerin olduğu ve ark yayılımı ile ozon ve azot dioksit oluşumunun da muhtemel olduğu belirtilmektedir. Ayrıca Çizelge 6.3'de ürün güvenlik formunda bulunan kaynak dumanı ve bazı bileşiklerin MAC değerleri verilmektedir [ASKAYNAK, 2005].

### AS S 6010 Selülozik elektrod

Selülozik elektrotların örtüsünde yandığı zaman gaz oluşturan organik elementler bulunur. Ağaç ve diğer bitkisel elementler bu amaçla sık olarak kullanılır. Bu organik elementler ark sıcaklığında ayrışarak hidrojen oluştururlar. Oluşan hidrojen ise ark sütunundaki havanın yerini alır. Örtüyü oluşturan maddelerin büyük bir çoğunluğu ayrışır. Çizelge 6.2'de elektrod çekirdeğin kimyasal verilmektedir [ASKAYNAK, 2003].

Firmanın selülozik elektrot için hazırladığı ürün güvenlik formlarında elektrod'un bileşiminde nikel konsantrasyonu'nun % 1, mangan ve, mangan alaşımı bileşik konsantrasyonu'nun % 2 ve molibden konsantrasyonu'nun % 1'den az olduğu, temel olarak demiroksit, ikincil olarak da karmaşık mangan,

nikel ve molibden oksitlerin oluşturduğu ve ark yayınımları ile ozon ve azot dioksit oluşumunun da muhtemel olduğu belirtilmektedir. Ayrıca Çizelge 6.3'de ürün güvenlik formunda bulunan kaynak dumanı ve bazı elementlerin MAC değerleri verilmektedir [ASKAYNAK, 2005].

#### AS SG2 Gazaltı kaynak teli

Firmanın SG2 gazaltı kaynak teli için hazırladığı ürün güvenlik formlarında kaynak telinin bileşiminde mangan ve mangan alaşımı bileşik konsantrasyonu'nun % 2 ve molibden alaşımlarının konsantrasyonu'nun % 1'den az olduğu, temel olarak demiroksit, ikincil olarak da karmaşık mangan oksitlerin olduğu ve ark yayınımları ile ozon ve azot dioksit oluşumunun da muhtemel olduğu belirtilmektedir. Çizelge 6.3'de ürün güvenlik formunda bulunan kaynak dumanı ve bazı elementlerin MAC değerleri verilmektedir [ASKAYNAK, 2005]. Ayrıca Çizelge 6.4 de SG2 kaynak teli kimyasal analizi verilmektedir.

Çizelge 6.2. Rutil, bazik ve selülozik elektrod çekirdeği kimyasal analizi [ASKAYNAK, 2003].

| Element   | Rutil<br>elektrod<br>çekirdeği | Bazik<br>elektrod<br>çekirdeği | Selülozik<br>elektrod<br>çekirdeği |
|-----------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| <b>C</b>  | 0,08                           | 0,07                           | 0,08                               |
| <b>Si</b> | 0,35                           | 0,5                            | 0,35                               |
| <b>Mn</b> | 0,65                           | 0,9                            | 0,65                               |

Çizelge 6.3. Rutil, bazik, selülozik elektrodlar ve SG2 kaynak teli MAC değeri [ASKAYNAK, 2005].

| Tanım         | Rutil<br>elektrod<br>MAC değeri<br>mg/m <sup>3</sup> | Bazik<br>elektrod<br>MAC değeri<br>mg/m <sup>3</sup> | Selülozik<br>elektrod<br>MAC değeri<br>mg/m <sup>3</sup> | SG2 kaynak<br>teli<br>MAC değeri<br>mg/m <sup>3</sup> |
|---------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Kaynak dumanı | 5                                                    | 5                                                    | 5                                                        | 5                                                     |
| Manganoksit   | 1                                                    | 1                                                    | 1                                                        | 1                                                     |
| Ozon          | 0,12                                                 | 0,12                                                 | 0,12                                                     | 0,12                                                  |
| Azotdioksit   | 4                                                    | 4                                                    | 4                                                        | 4                                                     |
| Nikeloksit    | -                                                    | -                                                    | 0.1                                                      | -                                                     |
| Molibdenoksit | -                                                    | -                                                    | 10                                                       | 10                                                    |

Çizelge 6.4. SG2 kaynak teli kimyasal analizi [ASKAYNAK, 2003].

| C           | Si<br>mak. | Mn           | P<br>mak. | S<br>mak. | Cu<br>mak. | Ni<br>mak. | Cr<br>mak. | Al<br>mak. | (Zr+Ti)<br>mak. | Mo<br>mak. |
|-------------|------------|--------------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|-----------------|------------|
| 0,07<br>0,1 | 0,8<br>0,9 | 1,40<br>1,60 | 0,025     | 0,025     | 0,10       | 0,15       | 0.15       | 0,02       | 0,15            | 0,15       |

#### 6.2.5. Gazaltı kaynaklarında kullanılan koruyucu gazlar

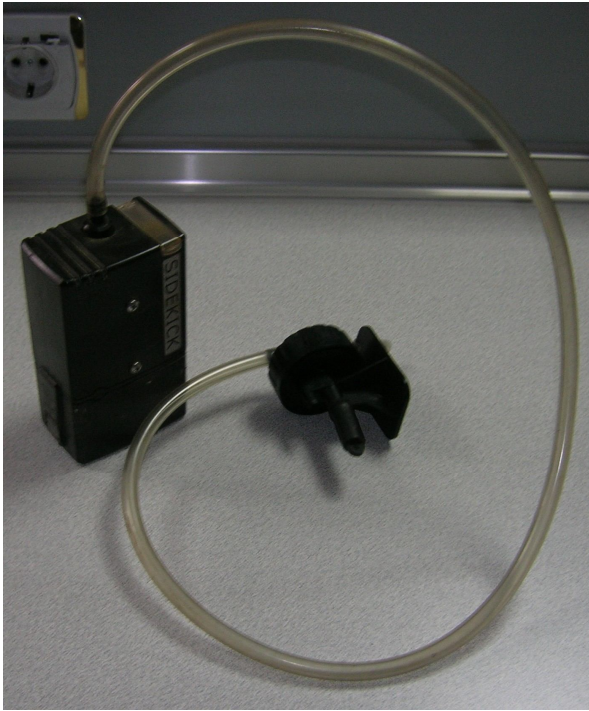
MAG kaynağı için CO<sub>2</sub> gazı ve MIG kaynağı için yüksek saflıkta (% 99,99) Ar gazı kullanılmıştır.

#### 6.2.6. Gaz ölçüm cihazları

CO gazı ölçmek için OLDHAM TX2000 marka (Resim 6.1 ), CO<sub>2</sub> gazı ölçmek için OLDHAM MX2100 marka portatif cihazlar kullanılmıştır (Resim 6.2). Toz numune alımı için Sidekick tip portatif toz toplama cihazı kullanılmıştır (Resim 6.3).



Resim 6.1. CO ölçüm cihazı

Resim 6.2. CO<sub>2</sub> ölçüm cihazı

Resim 6.3. Toz toplama cihazı

### 6.3. Deneysel Metot

Deneyler Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü (İSGUM) ile Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Metal Eğitimi bölümü tarafından oluşturulan ortak bir proje kapsamında İSGUM cihaz ve labratuvarları, metal eğitimi bölümünün kaynak atölyeleri ve kaynak makineleri kullanılarak yapılmıştır. Kaynak dikişleri, kaynak sıransında çıkan gaz ölçümü ve toz numune alımı Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Metal Eğitimi Bölümünde İSGUM uzmanlarının katılımları ile yapılmıştır.

Elektrik ark kaynağında akım şiddeti makine üstünden ayarlanabildiğinden kaynak işlemi sorunsuz yapılabilmiş, kaynak süresi İSGUM uzmanlarının süre tutmasıyla işlemler tamamlanmıştır.

Gazaltı kaynaklarında ise akım şiddeti, tel sürme hızı ve ark seviyesine göre değişmektedir. Amperi etkileyen bu iki etken sabitlenerek akım şiddetinin parametrelere uygun değerde sabit kalması sağlanmıştır. Ark seviyesini sabit tutmak, kaynakçı el hareketleriyle akım şiddetinin değişmesini önlemek için kaynak torcu bir oksî-gaz kesme arabasına bağlanarak sabit bir hızda sabit ark yüksekliğinde kaynağın yapılması sağlanmıştır. Diğer bir faktör olan tel sürme hızı ise torç oksî-gaz kesme arabasına bağlandıktan sonra sabit ark boyunda 100, 125 ve 150 A akım şiddeti sağlayacak tel hızları yapılan denemeler ile makine üstüne işaret konularak belirlenmiştir.

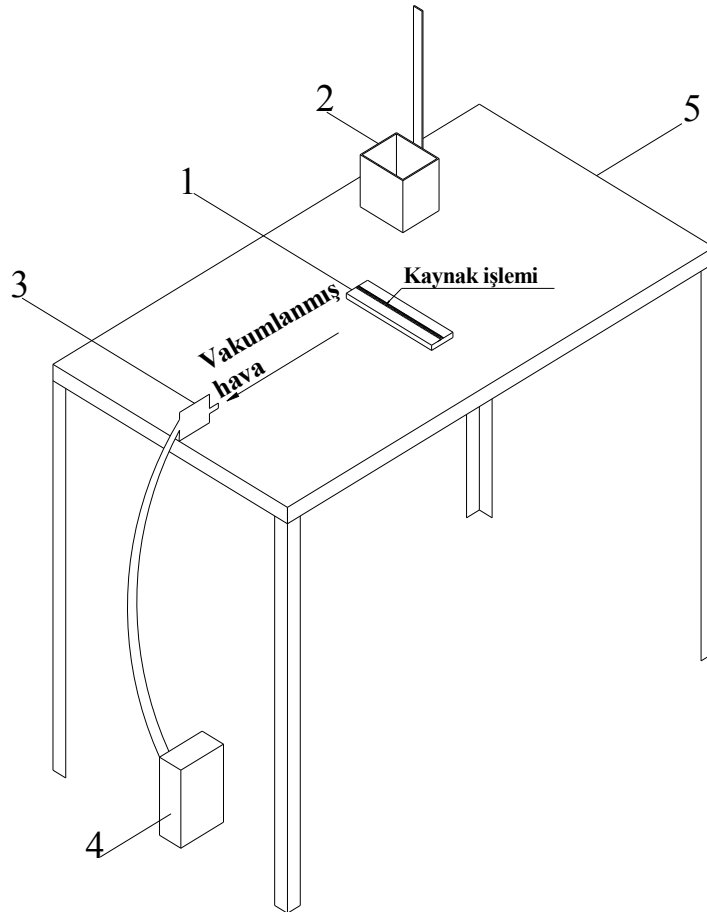
Bu çalışmada kaynak operatörünün maruz kalacağı serbest gazın miktarı ölçülmüş, cihazların kaynak arkına yaklaştırılmasında zarar görmeden ölçüm yapabilecekleri yakın mesafe olarak 25 cm belirlenmiştir.

#### 6.3.1. Kaynak gazlarının ölçümü

Bu çalışmada kullanılan gaz ölçüm cihazlar ile CO (ppm) ve CO<sub>2</sub> (%) gazları ölçülebilmektedir.

Cihazlar Şekil 6.1'deki 2 numaralı koruma kabın içerisine, kaynak yapılacak parçanın 25 cm üstünde ve parçanın tam ortasına gelecek şekilde konumlandırılmıştır.

CO<sub>2</sub> ve CO gaz ölçüm cihazları, algılayıcı sensor etrafında yığılan dumanın en yüksek gaz değerini kaydetmektedir. Cihazdaki gaz değeri artan gaz oranı ile doğru orantılı artar ve en yüksek değer cihaz hafızasında kalır. İşlemin devamında gaz değerinin düşmesi cihazın göstereceği değeri etkilemez.



Şekil 6.1. Gaz ölçümü ve toz numune alımı şematik gösterimi

1. Kaynak işlemi yapılacak parça. 2. CO ve CO<sub>2</sub> ölçüme cihazları ve koruma haznesi. 3. Toz toplama cihaz ucu. 4. Toz toplam cihazı 5. Kaynak masası

### 6.3.2. Kaynak tozlarının ölçümü

Toz toplama cihazının uç kısmı şekil 6.1 de görüldüğü gibi kaynak bölgesine 25 cm mesafeye konularak kaynak ortamından hava vakumlanması ile toz toplama işlemi gerçekleştirilir.

#### Numune alma metodu

Kaynak bölgesinden kişisel toz toplama cihazı (Sidekick) ile 37 mm çaplı selüloz ester membran (MCE) filtreler üzerine numuneler alınmıştır. Sidekick tipi pompalar ortamdaki toz ve ağır metal tozları alma amaçlı kullanılmaktadır. Pompaların debisi 2 L/dk olup aşağıda belirtilen numune alma ve analiz metotlarına göre 2-4 saat arası numune alma işlemi yapılmaktadır. Filtreler numune alma işlemi tamamlandıktan sonra uygun taşıyıcı kasetlere konularak analiz için laboratuvar ortamına gönderilmiştir.

#### Ağır metal analiz metodu

Analizlerin ismine Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre (AAS) Cihazı ile Havada Ağır Metal Tayini denilmektedir.

Kişisel toz toplama cihazındaki filtreler politetrafloroetilen kaplarda basınç altında ve yüksek sıcaklıklarda nitrik asit ile mikrodalga fırın sistemi kullanılarak yakılmakta ve filtreler AAS'de analizlenmek üzere hazır hale getirilmektedirler. Hazırlanan numuneler Varian marka Alevli Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre cihazı ile aşağıda belirtilen analiz metotlarına uygun olarak analiz yapılmaktadır.

Kaynak bölgesinden alınan numunelerde demir, kadmiyum, krom, nikel, mangan ve çinko analizleri yapılmıştır. Çinko metali için, NIOSH 7030; krom

metali için, NIOSH 7024; mangan, demir ve nikel metalleri için OSHA ID 121; kadmiyum metali için ise NIOSH 7048 metotları kullanılmıştır.

## 7. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

### 7.1. CO ve CO<sub>2</sub> gaz ölçümü

Kaynak esnasında yanma reaksiyonları meydana gelir. Yanma reaksiyonlarında C atomunun yeterli oksijen ile yanması (birleşmesi) ve CO<sub>2</sub> gazı oluşması için yeterli süreye ve oksijene ihtiyaç vardır. Kaynak işlemleri devamlılık arz eden, başlangıçtan sona kadar belli bir hızda ilerleyen bir işlemdir. C atomları bu şekilde sürekli ve hızlı olan yanma reaksiyonlarında yeterli oksijen bulamaz ise bir oksijen atomu ile birleşerek karbonmonoksit yeterli oksijen ve süre bulur ise karbondioksit gazı oluşturur. Kaynaktan çıkan CO gazı kaynakçı için zararlıdır ve CO gazı istenmez. Çünkü CO gazı kandaki hemoglobine oksijenden çok daha hızlı bağlanır ve dokulara oksijen taşınmadığından dolayı zehirlenmelere sebep olabilir.

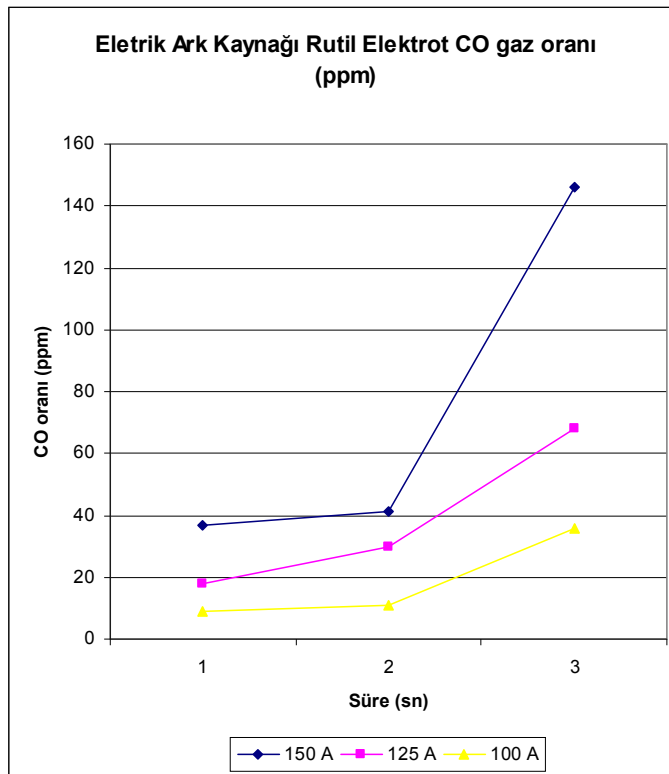
#### 7.1.1. Örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağı CO ve CO<sub>2</sub> gazlarının ölçümü

Örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağında deneylerde kullanılan tüm elektrod çeşitlerinde, akım şiddetlerinde ve sürelerde CO<sub>2</sub> gazı % 0.1 değerinde çıkmıştır. Kullanılan bazik, rutil, selülozik elektrod türleri ve değişen parametreler kaynak esnasında açığa çıkan % CO<sub>2</sub> değerini değiştirmemiştir. Bunun sebebi CO<sub>2</sub> ölçüm cihazının değerleri % olarak vermesidir. Cihaz çıkan değeri ppm mertebesinde veriyor olsaydı değerin değişeceği belirlenmiştir. CO gaz ölçümleri serbest gaz ölçümü olduğundan dolayı her sonuç peş peşe yapılan üç ölçümün ortalamasıdır.

Çizelge 7.1’de örtülü elektrodlarla yapılan kaynak işlemlerinde kaynak akım şiddeti ve kaynak sürelerine bağlı olarak değişen CO gazı miktarları ppm olarak verilmiştir. Sonuçlar grafiksel olarak sırayla Şekil 7.1, 7.2, ve 7.3 de gösterilmektedir.

Çizelge 7.1 Örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağı bazık, rutil ve selülozik elektrodlarda açığa çıkan CO değerleri (ppm)

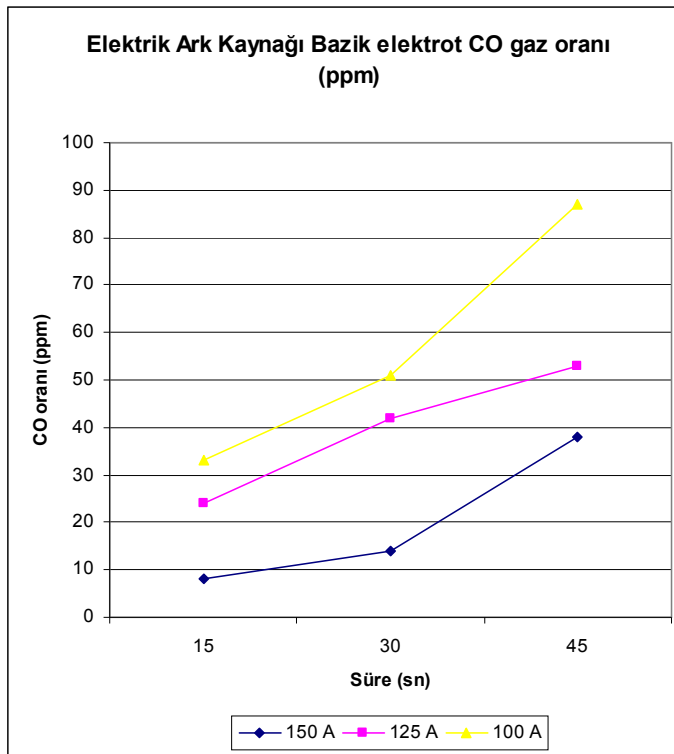
| Elektrot türü      | Akım şiddeti | Süre (sn) |    |     |
|--------------------|--------------|-----------|----|-----|
|                    |              | 15        | 30 | 45  |
| Rutil elektrod     | 100          | 9         | 11 | 36  |
|                    | 125          | 18        | 30 | 68  |
|                    | 150          | 37        | 41 | 146 |
| Bazık elektrod     | 100          | 33        | 51 | 87  |
|                    | 125          | 24        | 42 | 53  |
|                    | 150          | 8         | 14 | 38  |
| Selülozik elektrod | 100          | 18        | 36 | 45  |
|                    | 125          | 11        | 14 | 35  |
|                    | 150          | 3         | 5  | 29  |



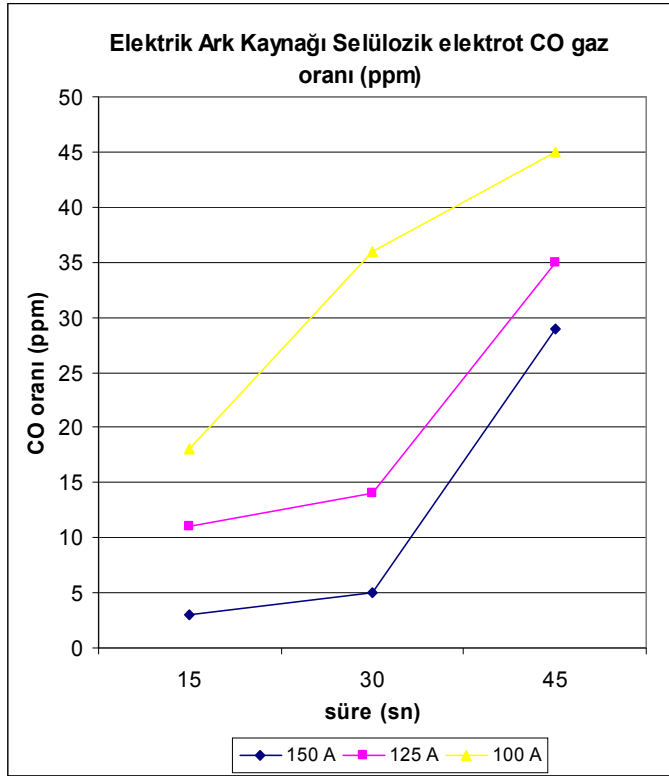
Şekil 7.1. Elektrik ark kaynağında rutil elektrodta açığa çıkan CO gaz değerleri (ppm)

Örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağında rutil elektrot ile yapılan kaynak işleminde en fazla CO gazının 150 A akım şiddetinde 45 saniyede açığa

çıkıldığı, akım şiddetinin azalması ile oluşan CO gaz miktarının da azaldığı görülmektedir. Ancak artan kaynak süreleri ile CO gaz miktarı artmıştır. Burada CO değerinin artmasında etkili olan unsur, artan akım şiddeti ile örtünün çözünerek ortama CO gazı yayılımının daha fazla olduğu düşünülmektedir.



Şekil 7.2. Elektrik ark kaynağında bazik elektrodda açığa çıkan CO gaz değerleri (ppm)



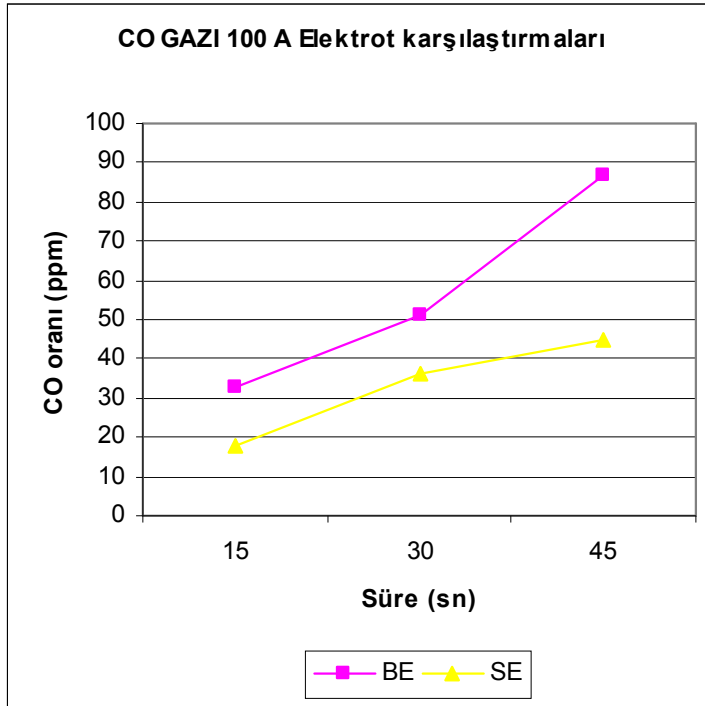
Şekil 7.3. Elektrik ark kaynağında selülozik elektro CO gaz değerleri (ppm)

Örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağında bazik ve selülozik elektrot ile yapılan kaynak işlemlerinde en fazla CO gazının 100 A akım şiddetinde 45 saniyede açığa çıktığı, akım şiddetinin artması ile oluşan CO gazının da azaldığı görülmektedir. Ancak artan kaynak süreleri ile CO gaz miktarı artmıştır.

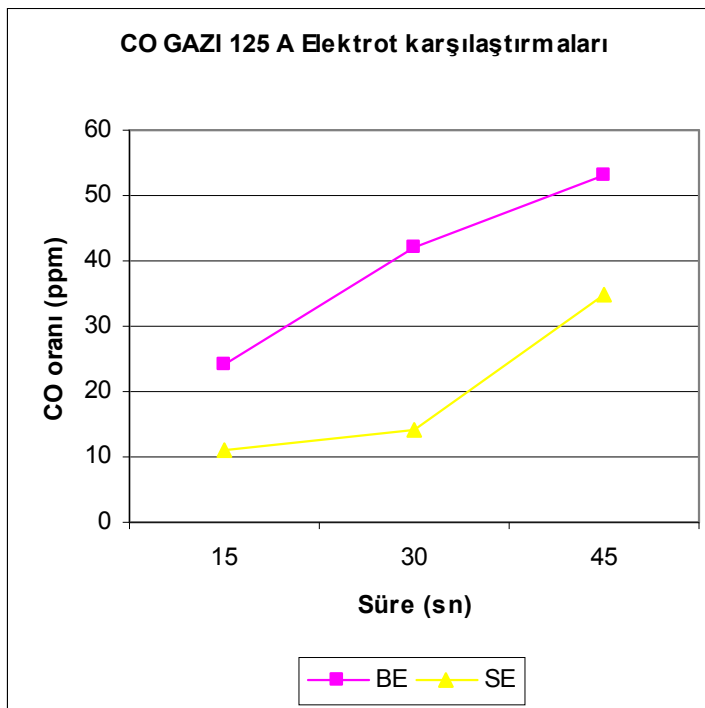
Bazik ve selülozik elektrod rutil elektroda olduğunun tersine artan akım ve ısıyla birlikte CO miktarı azalması bazik ve selülozik elektroda artan akım şiddeti ile tam yanma reaksiyonunun (yeterli miktarda oksijen ile reaksiyon) arttığını, C atomlarının iki O atomu ile birleştiğini, diğer bir ifade ile daha fazla miktarda CO<sub>2</sub> gazı oluştuğunu ve bu sebepten dolayı CO miktarının azaldığını göstermektedir. Fakat CO<sub>2</sub> ölçüm cihazının değeri ppm mertesinde hassas olmamasından ve ölçüm değerini % olarak vermesinden dolayı artan CO<sub>2</sub> miktarı tam ölçülememiştir. Rutil elektrodlar DAEN kutupta, bazik ve selülozik elektrodlar DAEP kutupta yakılmaktadır.

Kutuplama farkı elektrod ucu ve iş parçasında meydana gelen ısı miktarını değiştirmektedir. Elektrodun – kutup’a bağlanması ile arktan açığa çıkan ısıнын % 30’u elektrodta ve % 70’i iş parçasında (ısı kaybı yok sayılmaktadır) oluşur. Kaynak ortamında oluşan CO ve CO<sub>2</sub> oranının önemli bir kısmı elektrottaki örtü oluşturmaktadır. Rutil elektrod kullanımında oluşan ısıнын % 30 elektrodta oluşmuş fakat meydana gelen ısı genelde C atomlarının sadece bir oksijen atomu ile birleşmesini sağlamıştır, arttan amper bu oranı arttırmış fakat iki oksijen atomu ile birleşebileceği sıcaklıklara çıkmamıştır. Artan ısı değeri ile birlikte daha fazla CO meydana gelmiştir. Bazik ve selülozik elektrodta ise kutuplama farkından dolayı arkta oluşan ısıнын % 70’i elektrodta oluşmuş ve oluşan ısı CO<sub>2</sub> oluşumu için yeterli olmuştur. Bu sebepten dolayı bazik ve selülozik elektrodta arttan akım şiddeti ve buna bağlı olarak arttan ısı ile birlikte CO miktarı azalmıştır.

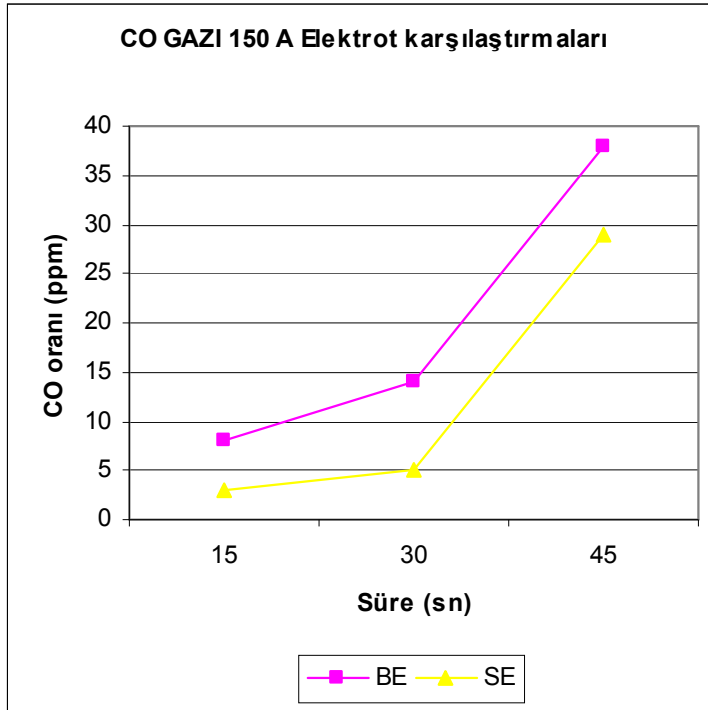
Üç farklı elektrod karşılaştırıldığında farklı kutuplamalardan dolayı sadece bazik ve selülozik elektrot için karşılaştırılma grafiği çizilebilir. Bazik ve selülozik elektrodlar DAEP kutuplamada kullanılmıştır. Aynı kutuptaki iki elektrodun karşılaştırması yapıldığında (Şekil 7.4, Şekil 7.5, Şekil 7.6) tüm akım şiddetleri ve sürelerde bazik elektrod da daha fazla miktarda CO meydana geldiği görülmektedir. Bu farklılığın oluşacak ısı farkından olabileceği gibi bazik ve selülozik elektrod örtülerinin karakteristiğinden oluştuğu düşünülmektedir. Katalog bilgilerinden bazik elektrod örtü içeriğindeki kalsiyumkarbonatın (CaCO<sub>3</sub>) ayrışarak CO<sub>2</sub> gazı oluştuğu bilinmektedir. Oluşan CO<sub>2</sub> gazının ısıнын etkisi ile CO gazı oluşturmaları bazik elektrodta CO gaz miktarının selülozik elektrodta göre daha fazla açığa çıkmasında önemli bir etkidir. Ancak örtü bileşenlerinin firmanın patentli bilgileri olduğundan hangi elementin veya bileşiğin ne oranda kullanıldığı bilgisi elimizde mevcut değildir.



Şekil 7.4. Elektrik ark kaynağında bazik elektrot ve selülozik elektrot 100 A CO gaz değerleri (ppm)



Şekil 7.5. Elektrik ark kaynağında bazik elektrot ve selülozik elektrot 125 A CO gaz değerleri (ppm)



Şekil 7.6. Elektrik ark kaynağında bazik elektrot ve selülozik elektrot 150 A CO gaz değerleri (ppm)

Şekil 7.4, 7.5 ve 7.6'daki grafikler incelendiğinde tüm akım şiddetleri (100 A, 125 A ve 150 A) ve süreler (15 sn, 30 sn, 45 sn) için bazik elektrodda açığa çıkan CO gaz miktarı selülozik elektrodda açığa çıkan CO gaz miktarından daha yüksek miktarda olduğu görülmektedir.

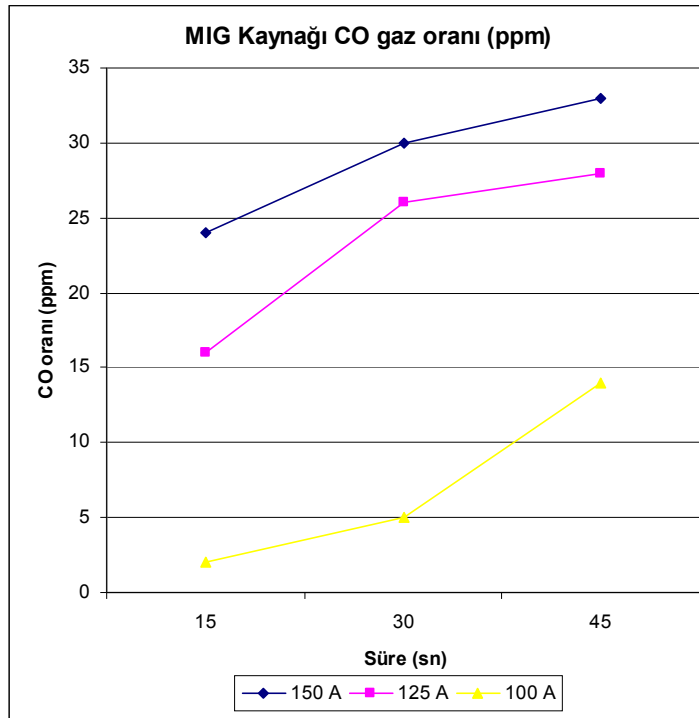
#### 7.1.2. MIG ve MAG kaynaklarında CO değerleri

Çalışmada MIG ve MAG kaynak uygulamaları ile elde edilen birleştirmelerde açığa çıkan CO gaz miktarları da ölçülmüş sonuçlar Çizelge 7.2'de verilmiştir.

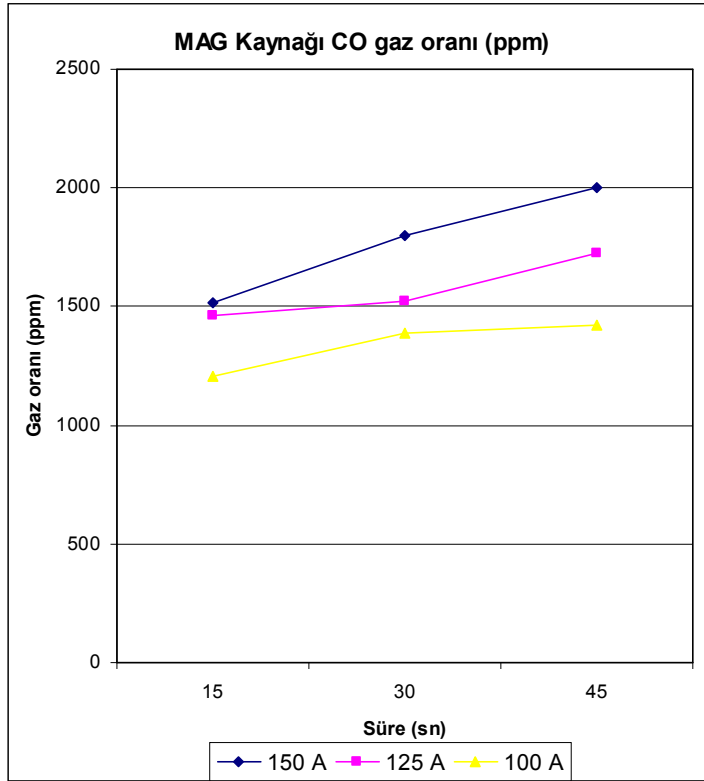
Çizelge 7.2. MIG ve MAG kaynaklarında CO gaz değerleri (ppm)

| Kaynak türü | Amper | Süre (sn) |      |      |
|-------------|-------|-----------|------|------|
|             |       | 15        | 30   | 45   |
| MIG kaynağı | 100   | 2         | 5    | 14   |
|             | 125   | 16        | 26   | 28   |
|             | 150   | 24        | 30   | 33   |
| MAG Kaynağı | 100   | 1206      | 1386 | 1420 |
|             | 125   | 1462      | 1524 | 1728 |
|             | 150   | 1519      | 1802 | 1999 |

Sonuçlar aynı zamanda grafiksel olarak MIG kaynağı için Şekil 7.7 ve MAG kaynağı için Şekil 7.8 de gösterilmiştir.

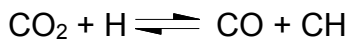
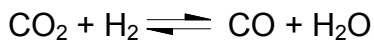
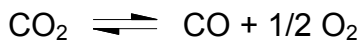


Şekil 7.7. MIG Kaynağında CO Gaz oranı (ppm)



Şekil 7.8. MAG Kaynağında CO Gaz oranı (ppm)

Şekil 7.7 ve 7.8 dan görüldüğü gibi MIG ve MAG kaynağında arttan akım şiddeti ve kaynak süresine bağlı olarak CO gaz miktarı artmıştır. MAG kaynağında ise arttan amper ve süreye bağlı olarak CO gaz miktarı artmıştır. Açığa çıkan CO miktarının yüksek seviyelerde olması MAG kaynağında koruyucu gazının kaynak bölgesindeki ısıdan dolayı farklı tepkimelere girerek CO gazına dönüşümünden dolayı olduğu düşünülmektedir. Bu tepkimeler aşağıda verilmektedir.



MAG kaynağında arttan akım şiddeti ile birlikte meydana gelen ısının artması ve yukarıda gösterilen reaksiyonların artmasına sebep olmuş ve MAG kaynağında artan akım şiddetine bağlı olarak CO<sub>2</sub> miktarı artmıştır. Diğer bir ifade ile ortamda oluşacak CO<sub>2</sub> artarken CO miktarı azalacak veya CO<sub>2</sub> azalırken CO miktarı artacaktır. Buna bağlı olarak MAG kaynağında arttan akım şiddeti ile CO oranı artmış, CO<sub>2</sub> miktarı azalmıştır.

CO gaz ölçüm cihazının en yüksek ölçüm değeri 1999 ppm'dir. Cihaz bu değerin üstünde açığa çıkacak CO gaz miktarını 1999 ppm olarak göstermektedir. MAG kaynağında 150 A akım şiddeti ve 45 sn kaynak süresinde açığa çıkan 1999 ppm CO gazı cihazın ölçebileceği en yüksek değer olduğu bilinmekte ve açığa çıkan gaz miktarının daha yüksek değerlerde olabileceği düşünülmektedir.

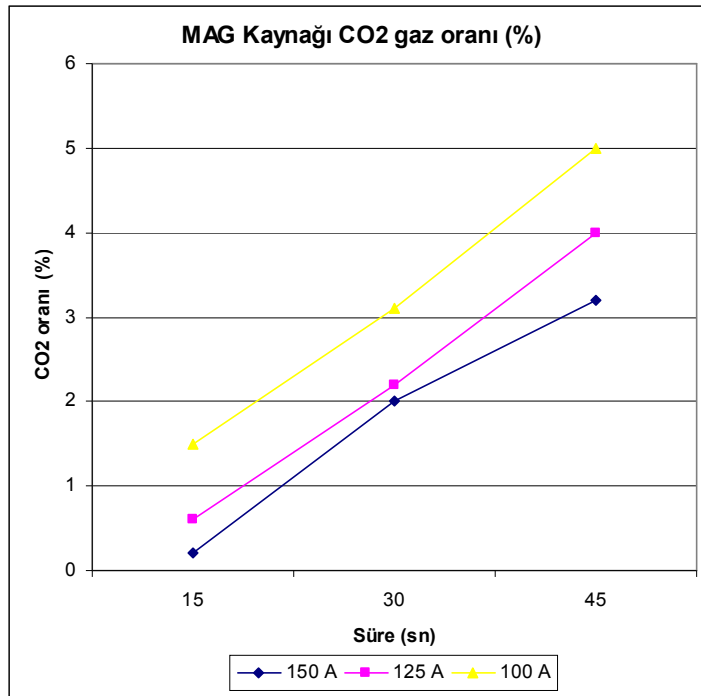
### **7.1.3. MIG ve MAG kaynağında CO<sub>2</sub> değeri**

MIG kaynağında koruyucu gaz olarak kullanılan argon soy gaz olduğu için argon gazı herhangi bir tepkimeye girmeden ortamdan uzaklaşmaktadır. Artan akım şiddeti ile artan ısıdan dolayı bir yanma reaksiyonu olmakta fakat CO<sub>2</sub> cihazının ölçüm değeri % olduğundan dolayı cihazın algılayabileceği kadar karbon yanıp oksijenle birleşmemesinden dolayı CO<sub>2</sub> ölçülememiştir. Ölçümün ppm mertebesinde ölçüm yapan cihazlar ile yapılması durumunda sonuçlar elde edilebilir. Bu sebeplerden dolayı MIG kaynağında sadece CO miktarı ölçülebilmektedir.

MAG kaynağında ise koruyucu gaz olarak CO<sub>2</sub> kullanılmasından dolayı ark bölgesinde yüksek oranda CO<sub>2</sub> bulunduğu için CO<sub>2</sub> gaz ölçümü yapılabilmektedir. Tespit edilen CO<sub>2</sub> gaz verileri Çizelge 7.3 ve Şekil 7.10'da gösterilmektedir.

Çizelge 7.3. MAG kaynağında CO<sub>2</sub> gaz değeri (%)

| Kaynak türü | Amper | Süre (sn) |     |     |
|-------------|-------|-----------|-----|-----|
|             |       | 15        | 30  | 45  |
| MAG Kaynağı | 100   | 1,5       | 3,1 | 5   |
|             | 125   | 0,6       | 2,2 | 4   |
|             | 150   | 0,2       | 2   | 3,2 |

Şekil 7.9. MAG Kaynağında CO<sub>2</sub> gaz değerleri (%).

Çizelge 7.3 ve Şekil 7.10'dan görüleceği gibi artan kaynak zamanına bağlı olarak CO<sub>2</sub> gaz miktarı artarken, artan kaynak akım şiddetine bağlı olarak da CO<sub>2</sub> gazı miktarında bir azalma tespit edilmiştir. Şekil.7.8 deki verilerle mukayese edilirse MAG kaynak uygulamalarında artan kaynak akım şiddetine bağlı olarak artan çıkan CO<sub>2</sub> azalırken CO miktarı artış göstermektedir. Bu durum Şekil 7.9 de görülen reaksiyonlarda olduğu gibi CO<sub>2</sub> gazının ark ısısının şiddetiyle çözünerek CO gazına dönüştüğünü işaret etmektedir.

## 7.2. Tespit Edilen Toz Partikülleri

Toz numuneler; 2 saatlik kaynak süresinde, toz toplama cihazının kaynak bölgesine 25 cm uzağından kaynak işlemi seviyesinde ve dakikada 2 L/dk hava vakumlanması ile cihaz içine giren havanın filtrelenmesinden elde edilmiştir. Örtülü elektrod elektrik ark kaynağı ve gazaltı kaynak yöntemlerinde açığa çıkan toz miktarları ölçülmüştür.

Kaynak yapılan ana malzemenin, elektrodların ve telin kimyasal bileşiminde demir, kadmiyum, nikel, mangan, çinko ve krom tozlarının kaynak bölgesinde bulunabileceği düşünülerek bu elementlerin miktarları araştırılmıştır.

Çizelge 7.4 Örtülü elektrik ile ark kaynağında rutil, bazik ve selülozik elektrodlarda, MIG ve MAG kaynak yöntemlerinde elde edilen tozlar

| Element   | Örtülü elektrot ile ark kaynağı<br>mg/m <sup>3</sup> |                   |                       | Gazaltı kaynakları<br>mg/m <sup>3</sup> |        |
|-----------|------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------------------------|--------|
|           | Rutil<br>elektrod                                    | Bazik<br>elektrod | Selülozik<br>elektrod | MIG                                     | MAG    |
| <b>Fe</b> | 1,410                                                | 0,330             | 1,890                 | 4,690                                   | 11,720 |
| <b>Cd</b> | 0,010                                                | 0,010             | 0,009                 | 0,010                                   | 0,010  |
| <b>Ni</b> | 0,040                                                | 0,030             | 0,020                 | 0,026                                   | 0,040  |
| <b>Mn</b> | 0,206                                                | 0,050             | 0,190                 | 0,657                                   | 1,420  |
| <b>Zn</b> | 0,026                                                | 0,200             | 0,012                 | 0,026                                   | 0,057  |

Çizelge 7.4'de örtülü elektro ile elektrik ark kaynağında rutil, bazik ve selülozik elektrodlarda yapılan kaynaklarda 2 saatlik çalışma süresinde açığa çıkan demir tozu sırasıyla 1.410, 0.300 ve 1.890 mg/m<sup>3</sup>, MIG ve MAG kaynaklarında sırasıyla 4.690 mg/m<sup>3</sup> ve 11.720 mg/m<sup>3</sup> demir tozu açığa

çıkıldığı görülmektedir. Elde edilen değerler Türkiye, İngiltere, Amerika Birleşik Devletleri ülkelerin ve OSHA, NIOSH ve ACGIH kurumlarının belirlemiş olduğu 8 saatlik çalışma şartlarında müsaade edilebilir maruziyet değerleri ile mukayese edilmesi için değerler 4 kat artırıldığında rutil elektrod için  $5.640 \text{ mg/m}^3$ , bazik elektrod için  $1.320 \text{ mg/m}^3$  ve selülozik elektrod için  $7.860 \text{ mg/m}^3$ , MIG kaynağı için  $18.76 \text{ mg/m}^3$  ve MAG kaynağı için  $46.88 \text{ mg/m}^3$  değerine karşılık gelmektedir. Rutil ve selülozik elektrodta demir tozu ölçüm sonuçları Türkiye, İngiltere ve OSHA'nın belirlemiş olduğu değerlerin altında USA, NIOSH ve ACGIH'in üstünde, bazik elektrodta demir tozu ölçüm sonuçları ise tüm ülke ve kurum maruziyet limit değerlerinin altında, MIG ve MAG kaynak yöntemlerinde tüm ülke ve kurumların belirlemiş olduğu değerlerin üstüne çıkıldığı görülmektedir. Diğer elementlerinde müsaade edilebilir maruziyet limitleri ile karşılaştırılması Çizelge 7.5 te verilmektedir. Karşılaştırma diğer elementler içinde yapılır ise oluşan toz miktarlarının müsaade edilebilir değerleri geçilebildiği görülmektedir.

Çizelge 7.5. Toz ölçüm sonuçlarının ve müsaade edilebilir değerlerin karşılaştırılması

| Element | Müsaade edilebilir değer<br>(8 saat)<br>mg/m <sup>3</sup> |     |       |       |       |       | Örtülü elektrot ile ark kaynağı<br>(8 saat)<br>mg/m <sup>3</sup> |                   |                       | Gazaltı kaynakları<br>(8 saat)<br>mg/m <sup>3</sup> |       |
|---------|-----------------------------------------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------|-------|
|         | TR                                                        | UK  | USA   | OSHA  | NIOSH | ACGIH | Rutil<br>elektrod                                                | Bazik<br>elektrod | Selulozik<br>elektrod | MIG                                                 | MAG   |
| Fe      | 10                                                        | 10  | 5     | 10    | 5     | 5     | 5,640                                                            | 1,320             | 7,860                 | 18,760                                              | 46,88 |
| Cd      | -                                                         | 0,1 | 0,025 | 0,005 | -     | 0,04  | 0,040                                                            | 0,040             | 0,036                 | 0,040                                               | 0,040 |
| Ni      | -                                                         | 1   | 0.1   | 1     | 0,015 | 1     | 0,160                                                            | 0,120             | 0,080                 | 0,096                                               | 0,160 |
| Mn      | 5                                                         | 5   | 1     | 5     | 1     | 2     | 0,206                                                            | 0,200             | 0,760                 | 2,628                                               | 5,68  |
| Zn      | 5                                                         | 15  | 5     | 5     | 5     | 5     | 0,104                                                            | 0,800             | 0,048                 | 0,104                                               | 0,228 |

## 8. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Örtülü elektrod ile ark kaynağı (rutil, bazik ve selülozik elektrod), MAG ve MIG kaynaklarında kaynak işlemi esnasında ortaya çıkacak serbest haldeki CO, CO<sub>2</sub> gazlarının ve kaynak metal tozlarının analizi için yapılan bu çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiş ve bazı önerilerde bulunulmuştur.

1. Örtülü elektrod ile elektrik ark kaynak yönteminde rutil elektrotlarda artan akım şiddeti ile CO gazının arttığı bazik ve selülozik elektrotlarda artan akım şiddeti ile CO gazının azaldığı tespit edilmiştir. Bazik ve selülozik elektrotlarda rutil elektrodun tersine artan akım şiddeti ile birlikte azalan CO miktarının örtünün kimyasal karakteristiğine ve elektrodların kutuplamasına bağlı olduğu tespit edilmiştir.

2. DAEP kutuplamada yakılan bazik ve selülozik elektrodlar karşılaştırıldığında bazik elektrodda daha fazla miktarda CO gazı açığa çıktığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlarda örtü içerisindeki elementlerin etkin olduğu düşünülmektedir.

3. MAG kaynağında koruyucu gaz olarak kullanılan CO<sub>2</sub> gazının bir miktarının ısının etkisi ile CO gazına dönüştüğü ve CO değerinin arttığı görülmüştür.

4. MAG kaynak yönteminde şekil 7.8 ve şekil 7.10'da görüleceği gibi kaynak esnasında açığa çıkan CO ve CO<sub>2</sub> gazlarının ortamda birinin azalması ile diğer gazın artacağı sonucuna varılmıştır.

5. Ülkelere ve konu üzerinde çalışan kurumlar arasında gaz ve toz maruziyet limitleri arasında farklılıklar vardır. İş yeri hacmi ve havalandırma koşullarına bağlı olarak örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağı uygulamalarında (rutil, bazik ve selülozik elektrodda) ve MIG kaynağında bu oranların kolayca

geçilebileceği, MAG kaynağında ise kaynak işlemini başlaması ile birlikte bu oranların çok üstüne çıkılabileceği elde edilen verilerden görülmektedir.

6. İş yeri ortamının gaz ve partükül oranının önemli bir etken olduğu, bu nedenle düşük maruziyetler için büyük hacimli ortamlar gerektiği önerilebilir.

7. Kaynak sırasında yayılan CO<sub>2</sub> gazı ölçümü bu çalışmada % biriminden ölçen cihaz ile ölçüm yapıldığından % 0,1 artış değerleri ile ölçüm yapılmıştır. Bu nedenle bu alanda yapılacak araştırmalar için ppm biriminden CO<sub>2</sub> ölçen cihazların kullanılması önerilir.

## KAYNAKLAR

Akbar-Khanzadeh, F., "Long-term effects of welding fumes upon respiratory symptoms and pulmonary function", **J. Occup. Med.**, 22:337-341 (1980).

Akbar-Khanzadeh, F., "Short-term respiratory function changes in relation to work shift welding fume exposures", **Int. Arch. Occup. Environ. Health**, 64:393-397 (1993).

Akkurt, İ., "Mesleki Akciğer Hastalıkları", **Türk Toraks Derneği**, 190-206 (2004).

Alpaugh, E. L., Phillippo, K. A., and Pulsifer, H. C., "Ventilation requirements for gas metal arc welding", **Am. Ind. Hyg. Assoc. J.**, 29:551-557 (1968).

ANIK. S., "Kaynak Tekniği El Kitabı", **Kaynak Teknolojisi Eğitim Araştırma ve Muayene Enstitüsü Gedik Eğitim Vakfı**, İstanbul, 12-14 (1991).

ANIK. S., Tülbentçi. K., Kaluç. E., "Örtülü Elektrot İle Elektrik Ark Kaynağı", **Kaynak Teknolojisi Eğitim Araştırma ve Muayene Enstitüsü Gedik Eğitim Vakfı**, İstanbul, 22-27 (1991).

Antonini, J. M., Krishna Murthy, G. G., and Brain, J. D., "Responses to welding fumes: lung injury, inflammation, and the release of tumor necrosis factor-alpha and interleukin-1 $\beta$ ", **Exp. Lung Res.**, 23:205-227 (1997).

Antonini, J. M., Clarke, R. W., Krishna Murthy, G. G., Sreekanthan, P., Jenkins, N., Eagar, T.W., and Brain, J. D., "Freshly generated stainless steel welding fume induced greater lung inflammation in rats as compared to aged fumes", **Toxicol. Lett.**, 98:77-86 (1998).

Antonini, J. M., Lawryk, N. J., Krishna Murthy, G. G., and Brain, J. D., "Effect of welding fume solubility on lung macrophage viability and function in vitro". **J. Toxicol. Environ. Health**, 58:343-363 (1999).

ASKAYNAK ürün güvenlik bilgi formu, **Eczacıbaşı** (2005).

ASKAYNAK ürün kataloğu, **Eczacıbaşı**, 13-42, 129, (2003).

Blunt J., Balchin N. C., "Health and Safety in Welding and Allied Processes 5<sup>nd</sup> ed.", **Woodhead Publishing Limited**, Cambridge, England, 38-50 (2002).

Baker, R. S. U., Arlauskas, A., Tandon, R. K., Crisp, P. T., and Ellis, J., Toxic and genotoxic action of electric arc welding fumes on cultured mammalian cells. **J. Appl. Toxicol**, 6:357-362 (1986).

Bilgin, M., B., "Kaynak İşlerinde Güvenlik Ve Sağlık Sorunları", Yüksek Lisans Tezi, **Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Denizli, 4-15 (2001).

Bilir, N., ve Yıldız, A. N., "İş güvenliği ve sağlığı", **Hacettepe Üniversitesi Yayınları**. 1-3, 91-99, 133-235, (2004).

Billings, C. G. and Howard, P., "Occupational siderosis and welders' lung: a review", **Monaldi Arch. Chest Dis.**, 48:304-314 (1993).

Blanc, P., Wong, H., Bernstein, M. S., and Boushey, H. A., "An experimental human model of metal fume fever". **Ann. Intern. Med.**, 114:930-936 (1991).

Bonde, J. P., "Semen quality in welders exposed to radiant heat", **Br. J. Ind. Med.**, 49:5-10 (1992).

Brenneman, K. A., Wong, B. A., Buccellato, M. A., Costa, E. R., Gross, E. A., and Dorman, D.C., "Direct Olfactory Transport of Inhaled Manganese (54MnCl<sub>2</sub>) to the rat brain: toxicokinetic investigations in a unilateral nasal occlusion model", **Toxicol. Appl. Pharmacol.**, 169:238-248 (2000).

Chinn, D., Stevenson, I., and Cotes, J., "Longitudinal respiratory survey of shipyard workers: effects of trade and atopic status", **Br. J. Ind. Med.**, 47:83-90 (1990).

Cohen, M. D., Zelikoff, J. T., Chen, L.-C., and Schlesinger, R. B. "Immunotoxicologic effects of inhaled chromium: role of particle solubility and co-exposure to ozone", **Toxicol. Appl. Pharmacol.**, 152:30-40 (1998).

Currie, C. L. and Monk, B. E. "Welding and non-melanoma skin cancer", **Clin. Exp. Dermatol.**, 25:28-29 (2000).

Danielsen, T. E., Langard, S., Andersen, A., and Knudsen, O., "Incidence of cancer among welders of mild steel and other shipyard workers", **Br. J. Ind. Med.**, 50:1097-1103 (1993).

Danielsen, T. E., Langard, S., and Andersen, A., "Incidence of cancer among welders and other shipyard workers with information on previous work history", **J. Occup. Environ. Med.** 42:101-109 (2000).

Donoghue, A. M., Glass, W. I., and Herbison, G. P., "Transient changes in the pulmonary function of welders: a cross sectional study of Monday peak expiratory flow" **Occup. Environ. Med.**, 51:553-556 (1994).

Driscoll, K. E., Costa, D. L., Hatch, G., Henderson, R., Oberdorster, G., Salem, H., and Schlesinger, R. B., "Intratracheal instillation as an exposure technique for the evaluation of respiratory tract toxicity: uses and limitations", **Toxicol. Sci.**, 55:24-35 (2000).

Fidaner, O., Kurtulmuş M., Yükler., A.İ., "Çeliklerin Elektrik Ark Kaynağında Duman". **11. Uluslar arası Malzeme Sempozyumu**. Denizli, 1008-1012 (2006).

Funahashi, A., Schlueter, D. P., Pintar, K., Bemis, E. L., and Siegesmund, K. A., "Welder's pneumoconiosis: tissue elemental microanalysis by energy dispersive x-ray analysis", **Br. J. Ind. Med.**, 45:14-18 (1988).

Goller, J. W. and Paik, N. W. "A comparison of iron oxide fume inside and outside of welding helmets", **Am. Ind. Hyg. Assoc.**, J. 46:89-93 (1985)

Guidotti, T. L., Abraham, J. L., DeNee, P. B., and Smith, J. R. "Arc welders' pneumoconiosis: application of advanced scanning electron microscopy", **Arch. Environ. Health**, 33:117-124 (1978).

Hansen, K. and Stern, R. M. "In vitro toxicity and transformation potency of nickel compounds", **Environ. Health Perspect**, 51:223-226 (1983).

Hansen, K. S., Lauritsen, J. M., and Skytthe, A., "Cancer incidence among mild steel and stainless steel welders and other metal workers". **Am. J. Ind. Med.**, 30:373-382 (1996).

Hudson, N. J., Evans, A. T., Yeung, C. K., and Hewitt, P. J., "Effect of process parameters upon the dopamine and lipid peroxidation activity of selected MIG welding fumes as a marker of potential neurotoxicity", **Ann. Occup. Hyg.**, 45:187-192 (2001).

"İŞKUR 2008 yılı Aralık dönemi istatistikleri", **Türkiye İş Kurumu** (2008).

Jenkins N.T., Eagar T.W., "Chemical Analysis of Welding Fume Particles" **Welding Journal**, 84:87-93 (2005).

Jockel, K.-H., Ahrens, W., Pohlablen, H., Bolm-Audorff, U., and Muller, K. M., "Lung cancer risk and welding: results from a case-control study in Germany" **Am. J. Ind. Med.**, 33:313-320 (1998).

Kaehn, I., Kibogy, J., Parette, D., Wischmeier, B., "Welding fume control: Regulation and processes" **Uni. of Washington Scholl of Public Health and Comminty Medicine.**, 1-18 (2008)

Kahraman, F., Sever, K., Karadeniz, S., "Kaynaklı İmalatta İnsan Sağlığı", **Mühendis ve Makine**, 520:21-39 (2003).

Kilburn, K. H., Warshaw, R., Boylen, C. T., Thornton, J. C., Hopfer, S. M., Sunderman, F. W., and Finklea, J. "Cross-shift and chronic effects of stainless steel welding related to internal dosimetry of chromium and nickel" ***Am. J. Ind. Med.***, 17:607-615 (1990).

Liss, G. M., "In *Health Effects of Welding and Cutting Fume- an Update*", **Canadian national workplace health and safety Ontario Ministry of Labour, ed.**, (1996).

Milham, S., "Mortality in workers exposed to electromagnetic fields", ***Environ. Health Perspect.***, 62:297-300 (1985).

Morgan, W. K. C. and Kerr, H. D., "Pathologic and physiologic studies of welders'siderosis", ***Ann. Intern Med.***, 58:293-304 (1963).

Morgan, W. K. C., "On welding, wheezing, and whimsy", ***Am. Ind. Hyg. Assoc. J.***, 50:59-69 (1989).

Newhouse, M. L., Oakes, D., and Wooley, A. J., "Mortality of welders and other craftsmen at a shipyard in Northeast England (UK)", ***Br. J. Ind. Med.***, 42:406-410 (1985).

"NIOSH Nomination of welding fumes for toxicity studies", ***National Institute for Occupational Safety and Health***, USA, i-iii, 1-42 (2002).

"NOHSC welding: Fumes and gases", ***National Occupational Health and Safety Commission Australian Government Publishing Service***, Canberra, Australian, 22-30 (1990).

Oxhoj, H., Bake, B., Wedel, H., and Wilhelmsen, L., "Effects of electric arc welding on ventilatory function", ***Arch. Environ. Health*** 24:211-217 (1979).

Racette, B.A., McGee-Minnich, L., Moerlein, S.M., Mink, J.W., Videen, T.O., and Perlmutter, J.S., "Welding-related parkinsonism: clinical features, treatment, and pathophysiology", ***Neurology***, 56:8-13 (2001).

Reading, C.J., "Fume model for gas metal arc welding", ***Welding Journal***, 85:95-103 (2002).

Reasor, M. J. and Antonini, J. M., "Pulmonary responses to single versus multiple intratracheal instillations of silica in rats", ***J. Toxicol. Environ. Health***, 62:9-21 (2001).

Simonato, L., Fletcher, A. C., Andersen, A., Andersen, K., Becker, N., Chang-Claude, J., Ferro, G., Gerin, M., Gray, C. N., Hansen, K. S., "A historical prospective study of European stainless steel, mild steel, and shipyard welders", ***Br. J. Ind. Med.***, 48:145-154 (1991).

Sjogren, B., Iregren, A., Frech, W., Hagman, M., Johansson, L., Tesarz, M., and Wennberg, A. "Effects of the nervous system among welders exposed to aluminum and manganese", **Occup. Environ. Med.**, 53:32-40 (1996).

"Kaynak Teknolojisi Merkezi Avrupa kaynak mühendisliği kurs kitabı", **SLV München – ODTÜ**, 1.07: 1-14 (2005).

Sobaszek, A., Boulenguez, C., Frimat, P., Robin, H., Haguenoer, J. M., and Edme, J.-L., "Acute respiratory effects of exposure to stainless steel and mild steel welding fumes", **J. Occup. Environ. Med.**, 42:923-931 (2000).

Tas, S., Lauwerys, R., and Lison, D., "Occupational hazards for the male reproductive system", **Crit. Rev. Toxicol.** 26:261-307 (1996).

Tezcan E., "Kaynak Teknolojisinde İş Sağlığı ve Güvenliği", **TMMOB Makina Mühendisleri Odası Kaynak Teknolojisi VI.Ulusal Kongresi**, Ankara, 11-16 (2007).

Toren, K., "Self-reported rate of occupational asthma in Sweden, 1990-1992". **Occup. Environ. Med.**, 53:757-761 (1996).

Tülbentçi. K., MIG - MAG Gazaltı Kaynak Yöntemi, **Artech Yayın No:2**, İstanbul, 27 (1998).

UCLA Labor "Occupational Safety & Health Program (LOSH)", **Produced by the University of California**, Los Angeles, 1-2 (2003).

Wu, W., Zhang, Y., and Zhang, F., "Studies on semen quality in workers exposed to manganese and electric welding", **Chinese J. Prev. Med.**, 30:266-268 (1996).

Yamamoto, S., Katagiri, K., Ando, M., and Chen, X. Q. "Suppression of pulmonary antibacterial defense mechanisms and lung damage in mice exposed to fluoride aerosol", **J. Toxicol. Environ. Health**, 62:485-494 (2001).

Yu, I. J., Song, K. S., Chang, H. K., Han, J. H., Kim, K. J., Chung, Y. H., Maeng, S. H., Park, S. H., Han, K. T., Chung, K. H., and Chung, H. K. "Lung fibrosis in Sprague- Dawley rats induced by exposure to manual metal arc-stainless steel welding fumes", **Toxicol. Sci.**, 63:99-106 (2001).

Zimmer, A. T., Baron P. A., Biswas P., "The influence of operating parameters on number-weighted aerosol size distribution generated from a gas metal arc welding process" **Aerosol Science**, 33: 519–531 (2002).

Zimmer, A. T., ve Biswas P., "Characterization of the aerosols resulting from arc welding processes", **Aerosol Science**, 32:993-1008 (2001).

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KOÇ, Müslüm  
 Uyruğu : T.C.  
 Doğum tarihi ve yeri : 09.10.1982 ANKARA  
 Medeni hali : Bekâr  
 Telefon : 0 535 571 82 65  
 Faks :  
 e-mail : [muslumkoc@gazi.edu.tr](mailto:muslumkoc@gazi.edu.tr)

### Eğitim

| Derece | Eğitim Birimi                                   | Mezuniyet tarihi |
|--------|-------------------------------------------------|------------------|
| Lisans | Gazi Üniversitesi/ Metal Eğitimi Bölümü         | 2005             |
| Lise   | Ulus Endüstri Meslek Lisesi Metal İşleri Bölümü | 1999             |

### İş Deneyimi

| Yıl                       | Yer                                                                   | Görev        |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------|
| 2006                      | ANDÖKSAN Dök. ve dek. sanayi                                          | Teknik müdür |
| 2007-2008<br>güz dönemi   | Gazi Üniversitesi Atatürk Meslek<br>Yüksek Okulu                      | Öğretim gör. |
| 2007-2008<br>bahar dönemi | Hacettepe Üniversitesi Polatlı Teknik<br>Bilimler Meslek Yüksek Okulu | Öğretim gör. |
| 2008-2009<br>güz dönemi   | Gazi Üniversitesi Atatürk Meslek<br>Yüksek Okulu                      | Öğretim gör. |
| 2008-2009<br>güz dönemi   | Hacettepe Üniversitesi Polatlı Teknik<br>Bilimler Meslek Yüksek Okulu | Öğretim gör. |
| 2008-2009<br>bahar dönemi | Gazi Üniversitesi Atatürk Meslek<br>Yüksek Okulu                      | Öğretim gör. |

### Yabancı Dil

İngilizce

### Yayınlar

5<sup>th</sup> international Powder Metallurgy Conferance TOBB University of Economics and Tecnology, Engineering Faculty “ Toz Metal Demir Parçaların Sert Lehimleme İle Birleştirilebilirliği” **Müslüm KOÇ**, Adem KURT ve Hakan ATEŞ

### Hobiler

Yüzme,Masa Tenisi, Futbol, Bilişim teknolojileri