

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ALÜMİNYUM DÖKÜM ATIK MADDELERİNİN  
ÇEVRESEL ETKİLERİNİN FMEA SİSTEMİ İLE  
İNCELENMESİ**

**Metalurji ve Malz. Müh. Eyup Sabri ÇELİK**

**F.B.E. Metalurji ve Malz. Mühendisliği Anabilim dalı Üretim Programında Hazırlanan**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ahmet EKERİM**

**İSTANBUL, 2007**

# İÇİNDEKİLER

|                                                                                                                         | Sayfa |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| ŞEKİL LİSTESİ.....                                                                                                      | v     |
| ÇİZELGE LİSTESİ .....                                                                                                   | vi    |
| ÖNSÖZ .....                                                                                                             | viii  |
| ÖZET .....                                                                                                              | ix    |
| ABSTRACT .....                                                                                                          | ix    |
| 1. GİRİŞ.....                                                                                                           | 1     |
| 2. Metalurji sektörünün yarattığı çevresel etkilere genel yaklaşım.....                                                 | 2     |
| 2.1 Çevre ve maliyet.....                                                                                               | 3     |
| 2.2 Zararlı ve tehlikeli atıklar.....                                                                                   | 4     |
| 2.2.1 Genel tanım.....                                                                                                  | 4     |
| 2.2.2 Sanayide zararlı ve tehlikeli atık üretim kaynakları nelerdir.....                                                | 4     |
| 2.2.3 Atıklar sanayi için neden sorundur.....                                                                           | 4     |
| 2.2.4 Sanayi atıklarının azaltılması her bakımdan yararlı bir işlem olmasına rağmen neden etkili olarak uygulanmaz..... | 5     |
| 2.2.5 Atık azaltma uygulamalarını destekleyen unsurlar nelerdir.....                                                    | 6     |
| 2.2.6 Atık azaltma çabalarını engelleyici nedenler.....                                                                 | 6     |
| 2.2.7 Atık azaltılması konusunda yöneticilerin genel sorunları.....                                                     | 6     |
| 2.2.8 Sanayide atık azaltma programının ana unsurları neler olabilir.....                                               | 7     |
| 2.2.9 Sanayi atıklarının yönetimi metodları nasıl olabilir.....                                                         | 7     |
| 2.2.10 Sanayi tesislerinde atık azaltılması teknikleri.....                                                             | 7     |
| 3. Döküm atık maddeleri.....                                                                                            | 8     |
| 3.1 Curuf.....                                                                                                          | 8     |
| 3.2 Baca gazları.....                                                                                                   | 10    |
| 3.3 Baca gazlarında mevcut ısı ve tozun kazanımında kullanılan düzenekler.....                                          | 10    |
| 4. Endüstri tesislerinden kaynaklanan hava kirliliği.....                                                               | 17    |
| 4.1 Kirlletici vasfı yüksek tesisler için özel emisyon sınırları.....                                                   | 18    |

|         |                                                                                              |    |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.      | Geri dönüşüm.....                                                                            | 25 |
| 5.1     | Geri dönüşümün önemi.....                                                                    | 26 |
| 5.2     | Döküm atık maddesi olan demir curufunun yeniden değerlendirilmesi.....                       | 27 |
| 5.3     | Öğütülmüş granüle yüksek fırın curufu ve kullanımı.....                                      | 27 |
| 5.4     | Öğütülmüş granüle yüksek fırın curufunun çimento üretiminde kullanımı.....                   | 28 |
| 5.5     | Öğütülmüş granüle yüksek fırın curufunun beton yapımında mineral katkı olarak kullanımı..... | 28 |
| 5.6     | Metalurjik curufların yüzey temizleme işlemlerinde grit olarak kullanımı.....                | 29 |
| 5.7     | Demir ve çelik curufu bazlı gritler.....                                                     | 30 |
| 5.8     | Sinter üretiminde bazik oksijen fırını curufunun kullanılmasının etkileri.....               | 32 |
| 6.      | Olası hata türleri ve etkileri analizi (Failure mode and effects analysis-FMEA).....         | 33 |
| 6.1     | Tanımlar.....                                                                                | 33 |
| 6.2     | FMEA çalışmaları.....                                                                        | 35 |
| 6.2.1   | Tasarım FMEA çalışması.....                                                                  | 35 |
| 6.2.2   | Proses FMEA çalışmasına başlanması.....                                                      | 42 |
| 7.      | DeneySEL çalışmalar.....                                                                     | 54 |
| 7.1     | DeneySEL çalışmalarda kullanılan ekipmanlar, döküm katkı malzemeleri ve hammaddeler.....     | 54 |
| 7.1.1   | DeneySEL ekipmanlar.....                                                                     | 54 |
| 7.1.1.1 | Doğalgazlı döküm ocakları.....                                                               | 54 |
| 7.1.1.2 | İndüksiyon ocakları.....                                                                     | 54 |
| 7.1.1.3 | Yüksek basınçlı (Soğuk kamaralı) alüminyum enjeksiyon makinaları.....                        | 55 |
| 7.1.2   | Döküm katkı malzemeleri.....                                                                 | 56 |
| 7.1.2.1 | Gaz alma tableti.....                                                                        | 56 |
| 7.1.2.2 | Oksit giderme ve curuf alma flaksları.....                                                   | 57 |
| 7.1.2.3 | Kalıp ayırıcı pasta.....                                                                     | 57 |
| 7.1.2.4 | Luber granül piston yağı.....                                                                | 58 |
| 7.1.3   | Döküm hammalzemesi.....                                                                      | 59 |
| 7.2     | Deney prosedürü.....                                                                         | 60 |
| 7.2.1   | Uygulanan FMEA çalışması.....                                                                | 62 |
| 8.      | DeneySEL sonuçlar.....                                                                       | 63 |

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 9. Sonuç ve öneriler..... | 71 |
| KAYNAKLAR.....            | 73 |
| ÖZGEÇMİŞ.....             | 75 |

## ŞEKİL LİSTESİ

|             |                                                                                                      |    |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 3.1   | Sıcak fırın gazlarındaki ısıнын geri kazanılmasında kullanılan "atık-ısı kazanı".....                | 11 |
| Şekil 3.2   | Çeşitli toz ve dumana ait tane boyutları ve tane boyutuna göre değişen gaz temizleme sistemleri..... | 13 |
| Şekil 3.3   | Çeşitli türde gaz temizleme sistemleri.....                                                          | 14 |
| Şekil 3.4   | Torbalı filtre ve yağ yıkama tipi toz çökeltici.....                                                 | 15 |
| Şekil 3.5   | Bir elektrostatik filtre ve çalışma prensip şeması.....                                              | 16 |
| Şekil 4.1   | Toz emisyon sınırları.....                                                                           | 17 |
| Şekil 7.1   | Doğalgazlı döküm ocakları.....                                                                       | 54 |
| Şekil 7.2-a | Yüksek basınçlı alüminyum enjeksiyon makinaları.....                                                 | 55 |
| Şekil 7.2-b | Yüksek basınçlı alüminyum enjeksiyon makinaları.....                                                 | 56 |
| Şekil 7.3   | Alüminyum sürücü kol bağlantı parçası iş akış şeması.....                                            | 60 |
| Şekil 7.4   | Sürücü kol bağlantı parçası teknik resmi.....                                                        | 61 |

## ÇİZELGE LİSTESİ

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 3.1 Yüksek fırın curufunun kimyasal kompozisyonu,%.....             | 9  |
| Çizelge 3.2 Elektrik ark fırını curufunun kimyasal kompozisyonu,%.....      | 9  |
| Çizelge 3.3 Yüksek fırın gazı analizi,%.....                                | 10 |
| Çizelge 4.1 Gazlarla (baca ile) atılan toz emisyonları sınır değerleri..... | 18 |
| Çizelge 5.1 Demir fırını gritleri için istenen özellikler ve değerleri..... | 31 |
| Çizelge 6.1 FMEA çalışma grubu şiddet derecelendirme tablosu.....           | 37 |
| Çizelge 6.2 Tasarım FMEA için hatanın olasılık değerlendirme tablosu.....   | 39 |
| Çizelge 6.3 Tasarım FMEA için keşfedilebilirlik derecelendirme tablosu..... | 41 |
| Çizelge 6.4 Proses FMEA için şiddet derecelendirme tablosu.....             | 45 |
| Çizelge 6.5 Özel özelliklerin belirlenmesi.....                             | 46 |
| Çizelge 6.6 PFMEA olasılık değerlendirme tablosu.....                       | 48 |
| Çizelge 6.7 Proses keşfedilebilirlik değerlendirme tablosu.....             | 50 |
| Çizelge 7.1 Alüminyum enjeksiyon makinası teknik özellikleri.....           | 55 |
| Çizelge 7.2 Gaz alma tableti özellikleri.....                               | 56 |
| Çizelge 7.3 Oksit giderme ve curuf alma flaksı özellikleri.....             | 57 |
| Çizelge 7.4 ETİAL-145 kimyasal analizi.....                                 | 59 |
| Çizelge 7.5 ETİAL-145 tipik özellikleri.....                                | 59 |
| Çizelge 8.1 Hammalzeme giriş operasyonu FMEA çalışması.....                 | 64 |
| Çizelge 8.2-a Ergitme operasyonu FMEA çalışması.....                        | 65 |
| Çizelge 8.2-b Ergitme operasyonu FMEA çalışması.....                        | 66 |
| Çizelge 8.3-a Dinlendirme ve ayrıştırma operasyonu FMEA çalışması.....      | 67 |
| Çizelge 8.3-b Dinlendirme ve ayrıştırma operasyonu FMEA çalışması.....      | 68 |
| Çizelge 8.4-a Baskı operasyonu FMEA çalışması.....                          | 69 |
| Çizelge 8.4-b Baskı operasyonu FMEA çalışması.....                          | 70 |

## ÖNSÖZ

Metal sektöründeki gelişen üretim teknolojileri, birtakım olumsuz çevre etkenlerini de beraberinde getirmektedir. Bu sektör, genel özelliği olarak; ağır işçilik gerektirmesi, çalışanlar için sağlık problemleri doğurması, çevre kirliliğine neden olması, kar marjının düşüklüğü v.b. gibi temel olumsuzluklarla anılmaktadır.

Bu tez çalışmasında, alüminyum döküm atık maddesi olan curuf ve baca gazlarının neden olduğu çevresel etkileri araştırılmıştır. Bu maksatla, Konya’da yüksek basınçlı alüminyum enjeksiyon makinasında döküm yapan bir firmada, döküm sırasında oluşan atıkların çevre ve insan sağlığı üzerinde etkili olan riskleri, FMEA çalışması ile incelenmiştir.

İnceleme sonucunda enjeksiyon makinalarında dökümü yapılan alüminyum döküm parçalarının üretimi esnasında çevre kirliliğine neden olacak ve insan sağlığına zarar verecek faktörlerin minimum değerde olduğu görülmüştür.

Çalışmanın her aşamasında bilgi ve deneyimi ile bana yol gösteren, çalışmalarım boyunca beni sürekli cesaretlendiren danışman hocam, Sayın Prof. Dr. Ahmet EKERİM’e teşekkürlerimi sunarım.

## ÖZET

Çevre problemleri giderek artan bir şekilde hissedildikçe, sanayi, çevre daha doğrusu yaşam-üretim-çevre ilişkilerini de daha derin, daha hassas, daha gerçekçi, daha akılcı inceleme zorunluluğu ortaya çıkmaktadır.

Her döküm sanayisinin çevre kirliliğine az veya çok katkısı vardır. Üretimde girdi olarak kullanılan malzemelerden gaz ve katı atık/yan ürün oluşmaktadır. Oluşan kirli maddelerin havaya salınımının önlenmesi ve katı atıkların/yan ürünlerin yeniden kullanımı ve yeniden dönüşümü üzerine yoğun çalışmalar yapılmaktadır.

Alüminyum döküm sektörü, çevreye en az zarar veren sektörlerden birisidir. Üretimde oluşan gazlar ve katı atıkların/yan ürünlerin çevreye zararı büyük boyutlarda olmadığından ciddi bir çevre kirliliğine sebebiyet vermemektedir.

Bu çalışmada, alüminyum döküm atık maddesi olan curuf ve baca gazlarının neden olduğu çevresel etkileri araştırılmıştır. Bu maksatla, Konya’da yüksek basınçlı alüminyum enjeksiyon makinasında döküm yapan bir firmada, döküm sırasında oluşan atıkların çevre ve insan sağlığı üzerinde etkili olan riskleri, FMEA çalışması ile incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Alüminyum, çevre kirliliği, katı atıklar, yeniden kazanma, FMEA

## **ABSTRACT**

Feeling environment problems increasingly, industry must examine relation of life-production-environment more deeply, more sensitively, more realist and more rationalist.

Every casting industry contribute to polluted environment more or less. Materials which are used by input in production, constitute gas and waste/by-product. Dense studying is done about preventing to oscillate dirty substance to atmosphere.

Aluminium casting sectors damage to environment least of all. Gas and waste/by-product that constitute in aluminium casting production and don't damage to environment too much and don't cause polluted environment.

In this study, slag and gas which are casting wastes and cause environmental effects were searched. So wastes which constitute in casting were researched risks and effects of environment and human health in firm where product aluminium casting parts in Konya by FMEA studying.

**Key Words:** Aluminium, environmental pollution, wastes, recycling, FMEA

## 1. GİRİŞ

İnsanoğlu gerek artan nüfusun ihtiyaçlarını temin maksadıyla gerekse hayat seviyesinin yükseltilmesi gayesiyle teknolojik ve endüstriyel sahada büyük mesafeler kat etmiştir. Hemen hemen bütün endüstriyel faaliyetlerin gayesi hayat standartlarının yükseltilmesidir. İyi niyetlerle doruk noktaya yükseltilecek sanayi faaliyetleri, insan sağlığını tehdit edebilecek olan çevre ve hava kirlenmesini de beraberinde getirmiştir.

Yeryüzü kaynakları ve imkânlar, sanayileşme uğrunda son noktasına kadar kullanılması yanında; insan sağlığının tehdit edildiği, tabiattaki canlı örtünün bozulduğu, çevre ve havanın kirlendiği de dikkate alınmaya başlanmıştır.

Çevre kirlenmesinde belirli sınırların aşılması, tabii dengenin bozulmasına sebep olmakta, canlıların hatta insan sağlığını tehlikeye düşürmektedir. Meseleye çare aranmadan bugünkü hızla gidildiğinde istikbalde çevre ve hava kirlenmesinin büyük tehlikeleri doğuracağı aşîkârdır.

Her döküm sanayisinin çevre kirliliğine az veya çok katkısı vardır. Üretimde girdi olarak kullanılan malzemelerden gaz ve katı atık/yan ürün oluşmaktadır. Oluşan kirli maddelerin havaya salınımının önlenmesi ve katı atıkların/yan ürünlerin yeniden kullanımı ve yeniden dönüşümü üzerine yoğun çalışmalar yapılmaktadır.

Alüminyum döküm sektörü, çevreye en az zarar veren sektörlerden birisidir. Üretimde oluşan gazlar ve katı atıkların/yan ürünlerin çevreye zararı büyük boyutlarda olmadığından ciddi bir çevre kirliliğine sebebiyet vermemektedir.

Bu çalışmada, alüminyum döküm atık maddesi olan curuf ve baca gazlarının neden olduğu çevresel etkileri araştırılmıştır. Bu maksatla, Konya’da yüksek basınçlı alüminyum enjeksiyon makinasında döküm yapan bir firmada, döküm sırasında oluşan atıkların çevre ve insan sağlığı üzerinde etkili olan riskleri, FMEA çalışması ile incelenmiştir.

## 2. METALURJİ SEKTÖRÜNÜN YARATTIĞI ÇEVRESEL ETKİLERE GENEL YAKLAŞIM

Çevre problemleri giderek artan bir şekilde hissedildikçe, sanayi, çevre daha doğrusu yaşam-üretim-çevre ilişkilerini de daha derin, daha hassas, daha gerçekçi, daha akılcı inceleme zorunluluğu ortaya çıkmaktadır.

Yaşam kaynağını doğadan almakta ve yaşayan herkes çevreyi kirletmekte, doğal kaynakların azalmasına sebep olmaktadır. Dünyanın hızla artan nüfusu, doğal kaynakların yenilenebildiğinden daha büyük bir hızla tüketilmesine yol açmaktadır. Çevre bir bütündür ve herkesin sorumluluğundadır. Bazı kişilerin yaptığı gibi çevreyi ve kirliliğini birbirinden ayırarak, “Ağaç, çiçekler temiz sular benim; atık gazlar, çöpler, pis sular plastik şişeler sanayinin” demek mümkün değildir. Sanayici, çevre sorunları ile herkesten önce tanışmıştır ve toplumun en üretken en dinamik kesimi olarak bu konudaki öncelik ve öncülük görevini de yüklenmiştir. Bu görev, üretim faaliyetinin, çevreyi daha az kirleterek, hatta günün birinde hiç kirletmeden de doğal kaynakları kendilerini yenileyebilmelerine imkan verecek kadar az tüketerek sürdürülmesidir. Sanayi olmadan, daha doğrusu serbest piyasa mekanizması içinde dünya piyasasında rekabet gücü olan üretim olmadan, ne yüksek refah ve kültür seviyesine, ne de temiz bir çevreye ulaşmak mümkündür. Bunu görmek için etrafımızdaki gelişmiş ve gelişmemiş ülkelere bakmak ve aralarındaki farklılıkların nedenini biraz düşünmek yeterlidir.

Kirlilik kaynakları ve nedenleri doğru teşhis edilmeden, payımıza düşen fedakarlığa katlanmadan sadece konuşarak daha doğrusu söylenerek ve suçlayarak bir yere varmamız mümkün değildir. Öncelikle sanayicimizin bu konuda bilinçlenmesine ve eğitilmesine yönelik faaliyetlerde bulunmalıyız. Etrafı kirlettiğinin farkında olmayan insanlardan temizlik beklemek mümkün değildir. Tüm sanayiciler bilmelidirler ki sanayicinin sermaye (kar) ve sosyal (istihdam) sorumluluğu yanında, artık bir de çevre sorumluluğu vardır. Göz önünde bulundurulması gereken diğer bir önemli husus ise, ancak etrafını kirletmeyen, içi temiz ve düzenli olan, mutlu insanların çalıştığı tesislerde kaliteli mal üretilebileceğidir. Türkiye sanayinin varlığını sürdürebilmesi ise ancak kaliteli mal üretebilmesiyle mümkün olabilecektir.

Teşhisi doğru yaptıktan sonra, çözüm yollarını bulmak ve uygulamak, çevre kirliliğini azaltmak, hatta günün birinde tamamen ortadan kaldırmak mümkün olacaktır. Sloganlarla, el ele tutuşmakla, nutuk atmakla çevreyi temizlemenin mümkün olmadığını herkesin bilmesi gerekir.

İş yapmamanın güya en inandırıcı yolu her fırsatta kaynak yokluğunu bahane etmektir. Kaynak bulunmaz, yaratılır. Kişi veya şirket bazında bir yatırım yapılırken binaya, makinaya, enerjiye, işçiliğe, nasıl kaynak bulunuyorsa, o tesisin çevre ile ilgili yatırımlarına da öyle kaynak bulunur, yeter ki uygun ortam olsun, mesele kaynak sorunundan çok, üretim-tüketim, rekabet-randıman ilişkisidir (Bilge,1999).

## 2.1 Çevre ve Maliyet

Çevrenin ekonomiye maliyeti konusunda üç temel halden bahsetmek mümkün;

- 1- Çevrenin ekonomiye maliyeti yoktur.
- 2- Çevrenin ekonomiye maliyeti çok yüksektir.
- 3- Çevrenin ekonomiye maliyeti, ekonomiye katkı şekline dönüşmüştür.

Esasında birbirleriyle çelişen bu üç temel hal ile, aynı anda, aynı yerde olmamak üzere sürekli karşı karşıya bulunmaktayız. Birincisinin geri kalmış ülkelerde, geri kalmış yörelerde yoğunlaştığını, o bölgedeki toplumun yaşamını ancak doğal kaynakları yok ederek gerçekleştirebildiğini hepimiz biliyoruz. Ormanlar tahrip ediliyor, toprak yok ediliyor veya verimliliği düşürülüyor, su kaynakları kirletiliyor, v.s. Bu toplumda tabii ki çevrenin ekonomiye hiç bir maliyeti yoktur.

Çevrenin ekonomiye maliyetinin yüksek olduğu ikinci hali daha ziyade gelişmekte olan ülkelerde ve maalesef kendi ülkemizde de görüyoruz. Bu toplumlar, genel kültür eksiklikleri, gerçek çevre bilincinin oluşmamış ve çevre eğitim politikasının yanlış olması ile konunun muhtelif sebeplerle istismarı dolayısıyla “Doğru Çevre Politikaları” oluşturamamakta veya uygulayamamaktadırlar. Böylece hem maliyet yükselmekte, yaşam pahalılaşmakta, hem de en kötüsü, çevre temizlenememekte, yıpranma durdurulamamaktadır. Bu halde iş yapma gayreti yerine kaynak yokluğu lafı kalkan olarak kullanılmakta, mevcut kaynaklarda ziyan edilmektedir. İşte çevrenin ekonomiye maliyetinin yüksek olduğu bu hal, daha ziyade amaçların saptırılması veya istismarı sonucu oluşmaktadır.

Üçüncü hal ise çevrenin ekonomiye maliyetinin, ekonomiye katkı şekline dönüştüğü, çevrenin başlı başına bir ekonomik sektör haline geldiği gelişmiş ülkelerde görmektediriz. Eski Batı Almanya’da endüstride çalışanların % 18’ini çevre sektöründe çalışanlar teşkil etmekteydi. Daha az atıklı üretim, atıkların ve yan ürünlerinin değerlendirilmesi veya geri kazanım

tekniklerinin gelişmesi sonucu çevrenin ekonomiye maliyeti bir yandan minimize edilmiş ve giderek ekonomiye katkı haline dönüştürülmüştür.

Çevre ve Ekonomi ilişkisinde bu üçüncü hale ulaşmak, ancak tüm kurumların katılımı ve işbirliği ile oluşturulacak, doğru, sağlıklı, uzun vadeli, istikrarlı çevre politikaları ile mümkün olabilmektedir (Bilge,1999).

## **2.2 Zararlı ve Tehlikeli Atıklar**

**2.2.1 Genel Tanım:** Üreten ve tüketen tarafından değersiz olarak sınıflanan ve elden çıkarılan sanayi yan-ürünü ve evsel kökenli tehlikeli ve zararlı maddelerdir. Diğer bir deyişle; henüz bir pazarı olmayan özel bir sanayi ürünüdür (Bilge,1999).

### **2.2.2 Sanayide zararlı ve tehlikeli atık üretim kaynakları nelerdir?**

- Hammadde içindeki istenmeyen katkı maddeleri (empüriteler)
- Kullanım yerindeki malzeme taşıma, depolama ve proses için yükleme sırasındaki dökülmeler
- Kullanımdan arta kalan az miktardaki hammaddeler
- Çeşitli ünitelerde ortaya çıkan ürün dışındaki maddelerin (atıkların) ayrı sistemlerde tutulmaması
- Üretilmiş malın depolama ve paketlenmesi sırasındaki dökülmeler
- Bozuk kaliteli ve/veya fabrikaya geri gönderilmiş ürünler (Bilge,1999).

### **2.2.3 Atıklar Sanayi İçin Neden Sorundur?**

- Ürün azalması ve hammadde kaybına yol açar
- Atık depolama, taşıma ve ber tarafı ilave masraf gerektirir
- Zararlı ve tehlikeli atık, özel eğitim, tecrübe ve teknoloji gerektirir
- Düzenli olmayarak yapılan depolamalar fabrika sahasında ilerideki gelişmelere, ilave tesisler yapımına engel olur
- Uluslararası ticaretle uğraşan şirketlerin dışarıya pazar açılmasına engel çıkarır

- Yeni yatırımlar için uluslararası finansman kuruluşlarının desteğini azaltır
- Uzun vadede oluşabilecek çevre sorunları nedeni ile fabrika sahalarının ve tesislerinin ilerideki değerlerini düşürür
- Çevre kirliliğine yol açtığından; halktan tepki görür ayrıca devletten yasal zorunluluklar ve ceza uygulamaları getirir (Bilge,1999).

#### **2.2.4 Sanayi atıklarının azaltılması her bakımdan yararlı bir işlem olmasına rağmen neden etkili olarak uygulanmaz?**

Üreticinin amacı; elinde olan sistemle, verim düşük olsa dahi, üretimi yapmak ve belli bir plana göre kar edip piyasada yaşayabilmektir. Atık azaltılması sorununun ön plana alınmamasında aşağıdaki nedenlerden bir ya da birkaçı önemli rol oynar.

- Hammadde ucuz ve boldur, üretimden kazanç yeterlidir.
- Üretici bu konuda bilgisizdir; eskiden kurulmuş, alışılmış sistemi değiştirmek istemez.
- Üreticinin herhangi bir atık azaltma ünitesini koyacak yeri yoktur.
- Üreticinin herhangi bir ilave ünite için yatırım kaynakları kısıtlıdır.
- Üretici bu konuda bilgilidir ama bu konuya önem vermez.
- Çevre kirlenmesi açısından halktan herhangi bir tepki gelmez.
- Devlet ve belediyelerde etkili yasal bir denetim ve zorunluluk yoktur.
- Sanayi kuruluşlarında bu konuda ortak bir görüş birliği yoktur.
- Devlet ve belediyelerden, sanayi kuruluşlarından bu tür yatırımlar için parasal ve teknik konularda bir teşvik yoktur.
- Araştırma kuruluşları ve teknik danışmanlar bu konuya gereken önemi gösterip sanayicilere yol göstermez (Bilge,1999).

#### **2.2.5 Atık Azaltma Uygulamalarını Destekleyen Unsurlar Nelerdir?**

- Atıkların gerçek değeri-kullanılmazsa bir masraf kaynağı olması
- Şirketlerin ileriye dönük yönetim anlayışı

- Çevre koruma anlayışı
- Yasal sorumluluklar (Bilge,1999)

### **2.2.6 Atık Azaltma Çabalarını Engelleyici Nedenler**

- Yöneticilerin ilgisizliği
- Sermaye bulma sıkıntısı-önceliğin üretime yönelik üniteye verilmesi
- Tecrübeli teknik eleman azlığı
- Üretimde geçici kalite ve miktar düşüklüğü yaratma olasılığı düşüncesi
- Atık borsası yokluğu
- Çevre koruması bilinçsizliği
- Yasal çevre denetimi yetersizliği
- Dış piyasaya açılma gereksiniminin bulunmaması (Bilge,1999)

### **2.2.7 Atık Azaltılması Konusunda Yöneticilerin Genel Sorunları**

- Belirli bir atığın azaltılmasından doğacak kazanç nedir?
- Yatırım masrafını karşılayacak finansman olanakları var mıdır?
- Yeni sistem, üretimi fazla aksatmadan uygulanabilir mi?
- Önerilen atık arıtma sistemi denenmiş midir?
- Yeni sistem şirket tarafından monte edilip devreye alınabilir mi?
- Yeni sistem ne kadar zamanda devreye alınabilir?
- Atık azaltılması konusu ayrı bir karlı sanayi tesisi oluşturabilir mi?
- Atık azaltma konusunda projeci kuruluşlar, uzmanlar kimlerdir? (Bilge,1999)

### **2.2.8 Sanayide Atık Azaltma Programının Ana Unsurları Neler Olabilir?**

- Üst düzey yöneticilerin bu konuya inanması ve desteği
- Üretilen atık türlerinin ve özelliklerinin anlaşılması

- Atık üreten proseslerin ve parasal kayıpların sistematik olarak takibi
- Proses ünitelerinde verimlilik ölçütü içinde atıklar nedeni ile oluşan kayıplara bir üst sınır tespiti ve bu üst sınırın devamlı olarak azaltılması

- Atık azaltılması için “teknoloji transferi” teşviki
- Genel sistem içinde periyodik program değerlendirmesi (Bilge,1999)

### **2.2.9 Sanayi Atıklarının Yönetimi Metodları Nasıl Olabilir?**

Çevre koruması önceliği ile;

- Atıkları üretim kaynağında denetim ve azaltma
- Atıkların tekrar kullanılması veya geri kazanılması
- Atıkları zararsız ve tehlikesiz hale dönüştürme
- Atıkların bertaraf edilmesi (Bilge,1999)

### **2.2.10 Sanayi Tesislerinde Atık Azaltılması Teknikleri**

- Üretimde kullanılan hammadde gereksinimi, türü, kalite ve miktarının denetlenmesi
- Dökülme ve sızma kaynaklı malzeme kaybının azaltılması
- Her bir üretim prosesinde değişiklikler yapılması
- Atık hatlarının ayrımı, atıkların arıtılması ve konsantre hale getirilmesi
- Atıklardan arıtılmış maddelerin diğer ünitelerde kullanılması
- Atıkları hammadde olarak kullanabilecek diğer sanayi kuruluşlarına aktarılması (Atık borsası oluşturulması) (Bilge,1999)

### 3. DÖKÜM ATIK MADDELERİ

Demir ve demir dışı metallerin ergitilip döküldüğü dökümhanelerde iki tip döküm atığı oluşmaktadır. Bunlar:

1. Curuf
2. Baca Gazları

#### 3.1 Curuf

Curuf, yüksek sıcaklık altında demir cevherlerindeki yabancı oksitler, ilave malzemeler ve yüksek fırında kokun külünün birleşerek erimesi neticesinde meydana gelir. Curufu meydana getiren oksitler;  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{MnO}$ ’ tir.

Fırınlarda düzenli çalışması elde edilen sıcak madenin kalitesine, cinsine ve curufun özelliğine bağlıdır. Curufun en önemli özellikleri şunlardır:

- Ergimesi
- Erime Sıcaklığı
- Viskozitesi
- Akışkanlık ve Kükürt Tutma Kapasitesidir.

Curufun bu özellikleri onun kimyasal yapısı ve verilen malzemelerin mineralojik yapısı ile tayin edilir. Çizelge 3.1’de yüksek fırın cürufalarının yaklaşık kimyasal kompozisyonları verilmiştir. Çizelge 3.2’de tipik bir elektrik ark fırını curuf analizi görülmektedir.

Çizelge 3.1 Yüksek fırın curufunun kimyasal kompozisyonu, % (Özdabak, 2004)

| Bileşikler                     | Yüzde Dağılım % | Bileşikler        | Yüzde Dağılım % |
|--------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| FeO                            | 0,29            | S                 | 0,96            |
| SiO <sub>2</sub>               | 36,87           | Na <sub>2</sub> O | 0,29            |
| MnO                            | 1,29            | K <sub>2</sub> O  | 0,74            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 16,27           | TiO <sub>2</sub>  | 0,64            |
| CaO                            | 37,61           | Bazite            | 0,812           |
| MgO                            | 5,62            | -                 | -               |

Çizelge 3.2 Elektrik ark fırını curufunun kimyasal kompozisyonu, % (Özdabak, 2004)

| Bileşikler       | Kaynak                         | Yüzde Dağılım % |
|------------------|--------------------------------|-----------------|
| CaO              | Şarjdan                        | 40-60           |
| SiO <sub>2</sub> | Oksidasyon Sonucu              | 5-15            |
| FeO              | Oksidasyon Sonucu              | 10-30           |
| MgO              | Dolomit Şarjından              | 2-5             |
| CaF <sub>2</sub> | Curuf Akışkan Yapıcı Şarjından |                 |
| MnO              | Oksidasyon Sonucu              |                 |
| S                | Çelikten Geçiş                 |                 |
| P                | Oksidasyon Sonucu              |                 |

Türkiye’de Karabük ve Ereğli Demir-Çelik fabrikalarından çıkarılan cüruf (1990-1994 yılları için) yıllık 920.000 ton civarındadır. Bu değerin granüle cüruf durumuna getirilen yıllık miktarı ise yaklaşık 690.000 tondur. Türkiye’de üretilen granüle yüksek fırın cüruflarının bir bölümü cürufllu çimentoların üretiminde kullanılırken, cürufun ayrıca öğütülerek beton yapımında mineral katkı olarak kullanılma yöntemi henüz uygulanmamaktadır (Özdabak, 2004).

### 3.2 Baca Gazları

Üretim esnasında oluşan baca gazları esas itibariyle azot, karbondioksit, karbon monoksit ve su buharından meydana gelmiş olup, çok az miktarda hidrojen ve metan gazı da ihtiva etmektedir. Oluşan bu gazlar fırından belli bir kaloriyle ayrılırlar.

Çizelge 3.3 Yüksek fırın gazı analizi (Özdabak, 2004)

| Bileşikler      | Yüzde Dağılım % |
|-----------------|-----------------|
| CO              | 25-30           |
| CO <sub>2</sub> | 12-15           |
| N <sub>2</sub>  | 56-59           |
| H <sub>2</sub>  | 2-4             |
| CH <sub>4</sub> | 0,1             |

### 3.3 Baca Gazlarında Mevcut Isı ve Tozun Kazanımında Kullanılan Düzenekler

Hemen tüm metal üretim proseslerinde iki temel husus ön planda tutulmaktadır:

1 En az enerji tüketimi

2 En az çevre kirlenmesi

Metal üretim proseslerinde en az enerji tüketimi için, ısıtma ünitelerinde izolasyon veya bunun tersi olan termik iletimin yanı sıra başlıca dört çare daha mevcuttur:

1 Reaksiyon ve yakıt havasının, mümkünse şarj malzemesinin ön ısıtılması

2 Oksidasyon sırasında ısı veren ve ısı alan şarj malzemelerinin belli bir oranda harmanlanması

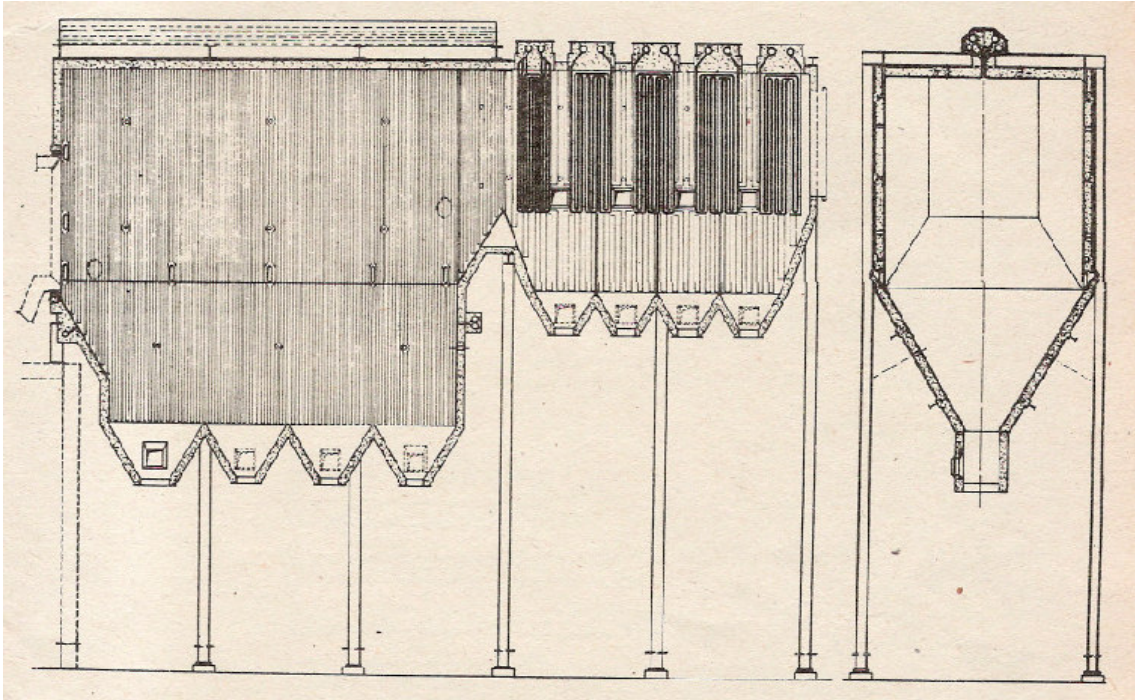
3 Fırın çıkış gazlarının ‘atık ısı kazanlarına’ veya ön ısıtma sobalarına gönderilerek ısısından faydalanılması

4 Fırın havasının oksijenle zenginleştirilmesi veya havada bulunan büyük orandaki azotu ısıtmaya harcanan enerjinin azaltılması hususundaki diğer tedbirlerin alınması.

Bunlardan sıcak fırın gazlarının ısısından atık-ısı kazanlarında faydalanılarak elektrik enerjisi santrallerinin çalıştırılması önemli ve yaygın bir tatbikattır.

Örnek bir tesiste sıcak fırın gazları, içerisinde su dolaştırılan çok sayıdaki radyatör dilimlerinin dışından geçirilmek suretiyle su ısıtılmaktadır (Şekil 3.1).

Böyle bir tesise, 1300-1400 °C sıcaklıkta giren 120 bin m<sup>3</sup>/h gazın sistemi 350 °C’ye soğumuş olarak terk etmesi sonucu, 106 ton buhar üretilbildiği bilinmektedir.



Şekil 3.1 Sıcak fırın gazlarındaki ısının geri kazanılmasında kullanılan “atık-ısı kazanı” (Akdağ, 1992)

Metal üretimi yapan fırın ve tesislerden çıkan gazlardaki tozun kazanılması ise iki yönden önem taşır:

1 İşlenen metalik malzemenin tozlarıyla birlikte düşük sıcaklıkta gazlaşan diğer metal bileşiklerinin de ekonomik seviyede bulunması

2 Çevre kirlenmesine neden olması

Söz konusu bileşenler ya çeşitli büyüklükteki katı tanecikler şeklinde veya gaz fazındadır. Dolayısıyla bunların kazanılması için geliştirilen düzeneklerde tane iriliğine ve bileşenin çökeltme kabiliyetine göre değişen mekanik, elektriksel veya kimyasal bir etkiye sahiptir. Şekil 3.2’de değişik türde bileşenin gaz ortamından kazanılması ile ilgili sistemler verilmiştir.

Görüldüğü üzere, gazlarla taşınan partiküller geniş bir tane boyutu dağılımına sahiptir ve tane boyutunun küçülmesi oranında gaz temizlemedeki güçlükler artmaktadır. Bu konuda başlıca beş tür gaz temizleme sisteminden bahsedilebilir:

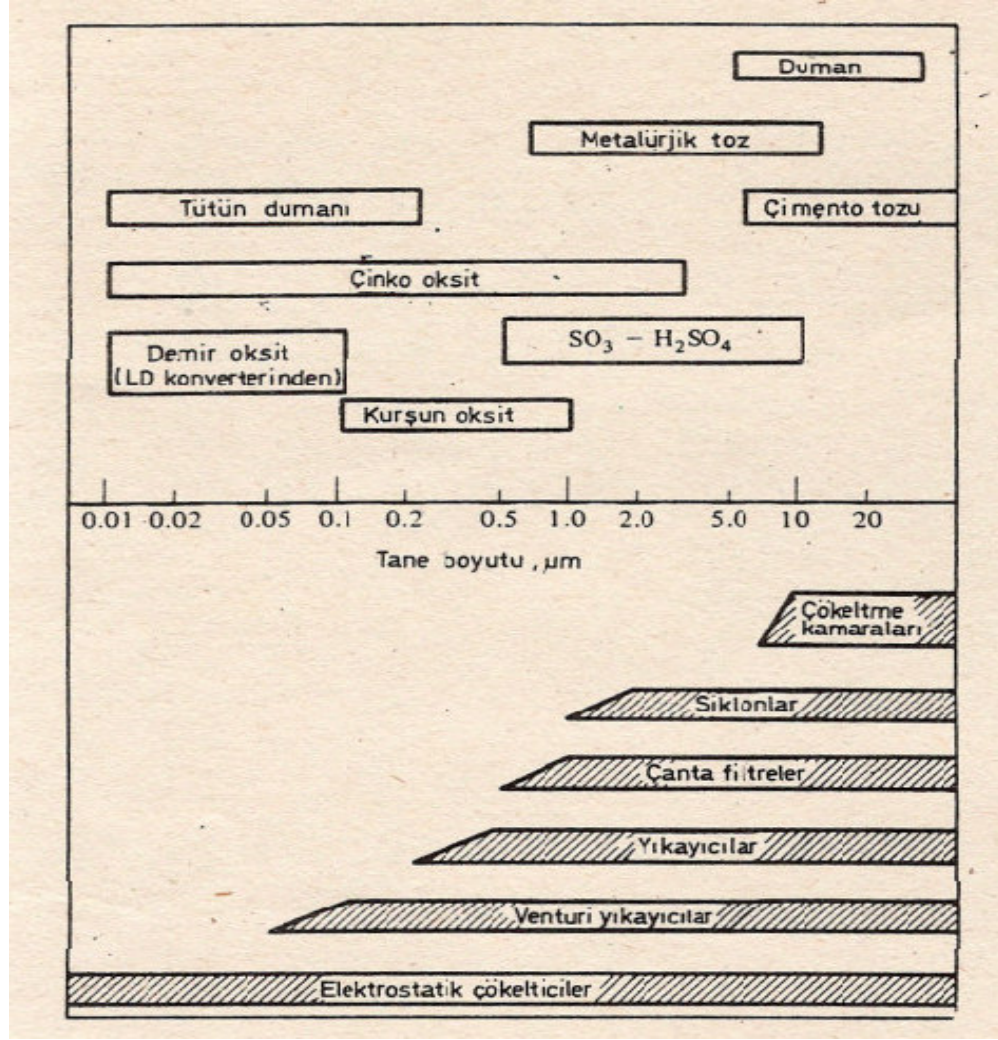
1 Çökeltme Kamaraları

2 Siklonlar

3 Filtreler

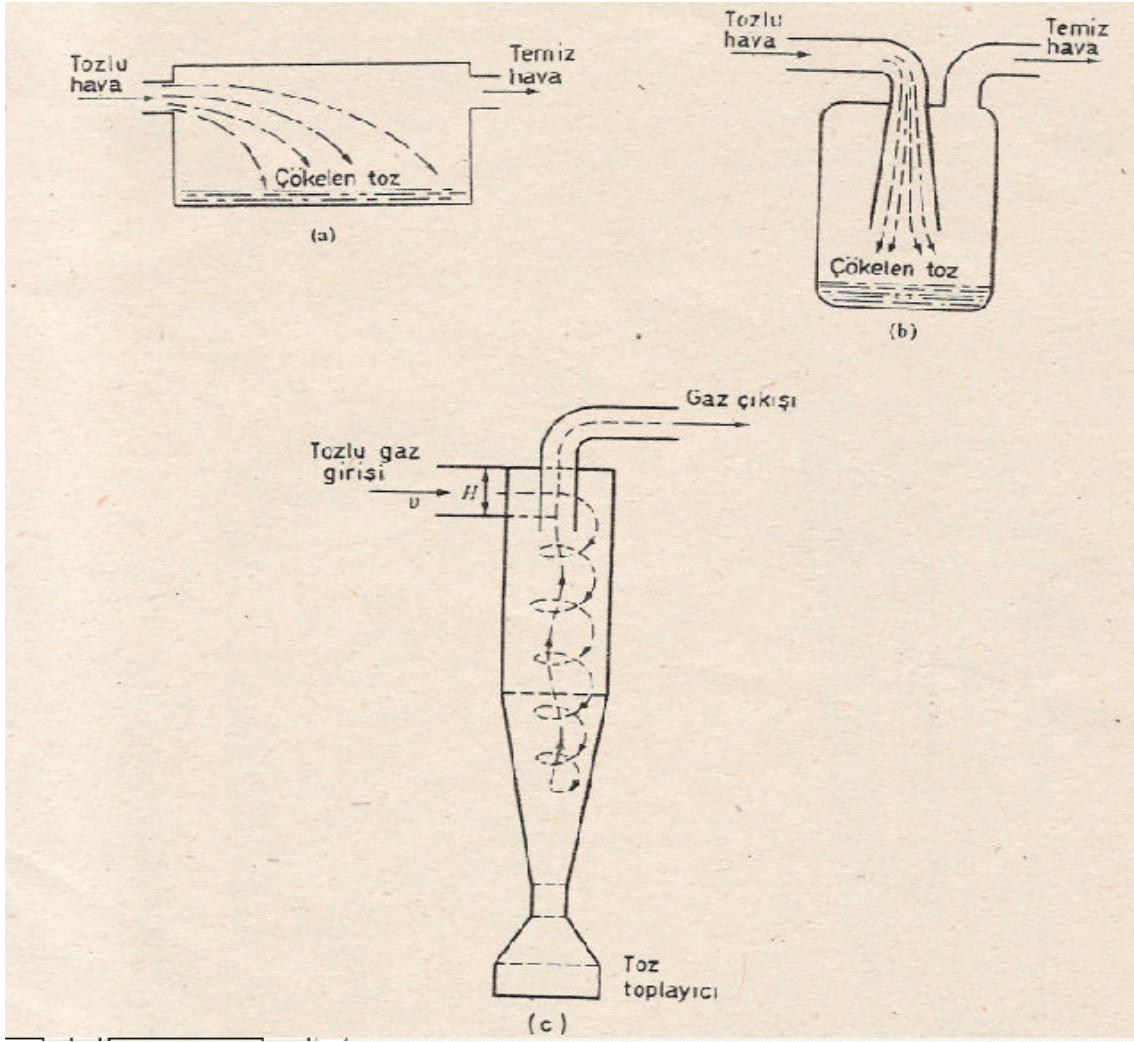
4 Yıkayıcılar

5 Elektrostatik Çökelticiler (Elektro filtreler)



Şekil 3.2 Çeşitli toz ve dumana ait tane boyutları ve tane boyutuna göre değişen gaz temizleme sistemleri (Akdağ, 1992)

Akışkan içerisindeki katıların çökmesi 'Stoke Kanunu'na göre meydana gelir; çökme hızı katı partikülün çapı ile doğru orantılı olduğundan 'Çökme Prensipleri' ile çalışan sistemler (Şekil 3.3), özellikle 10 mikrondan daha iri tozlar için verimli şekilde kullanılabilir.



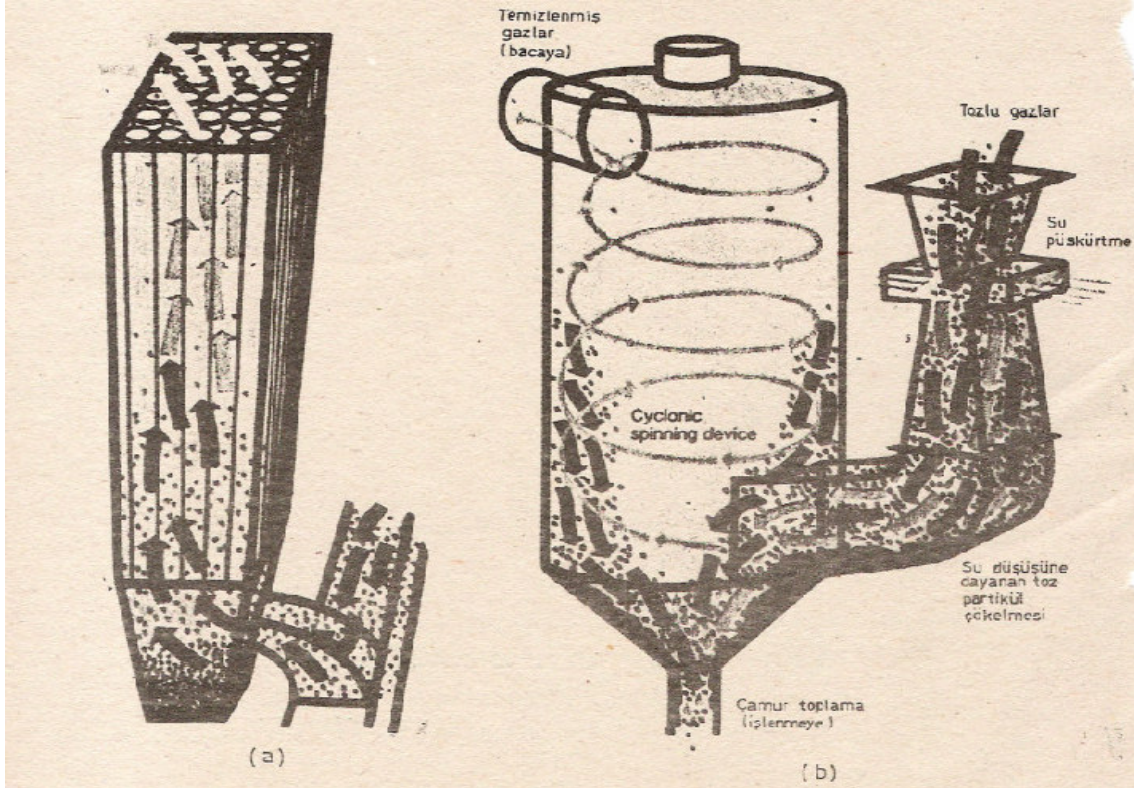
Şekil 3.3 Çeşitli türde gaz temizleme sistemleri

- a) Basit bir dik açılı çökeltme kamarası
- b) Gaz akış yönü değiştirilen sistem
- c) Santrifüjssel çökeltme prensibi ile çalışan bir siklon (Akdağ, 1992)

Gaz akış yönünün değiştirilmesinin dışında, yine stoke kanununun geçerli olduğu siklonlarda farklı olarak, gravitasyonun hızlandırılması yerine santrifüjssel etki artırılmıştır. Bir siklonda çökeltme hızı gravite tekniğinin yaklaşık 100 katıdır. Küçük bir siklon büyüğünden daha etkili olduğundan, büyük hacimlerde gazın temizlenmesi söz konusu ise, çok sayıda küçük siklonun paralel olarak kullanılması yerine, tek ve büyük bir siklon tercih edilmektedir. Şekil 3.4'te torba ve yaş yıkama tipindeki toz tutma sistemleri şematik olarak verilmiştir. Torbalı filtre sisteminde, torbaların uzun süre ve verimli çalışması için gazlar, ancak yeterince soğutulduktan sonra,

yüzlerce büyük torba arasından geçirilmektedir. Yaş-yıkama sisteminde ise tozları içeren gazın sisteme verildiği yerden su püskürtülmektedir.

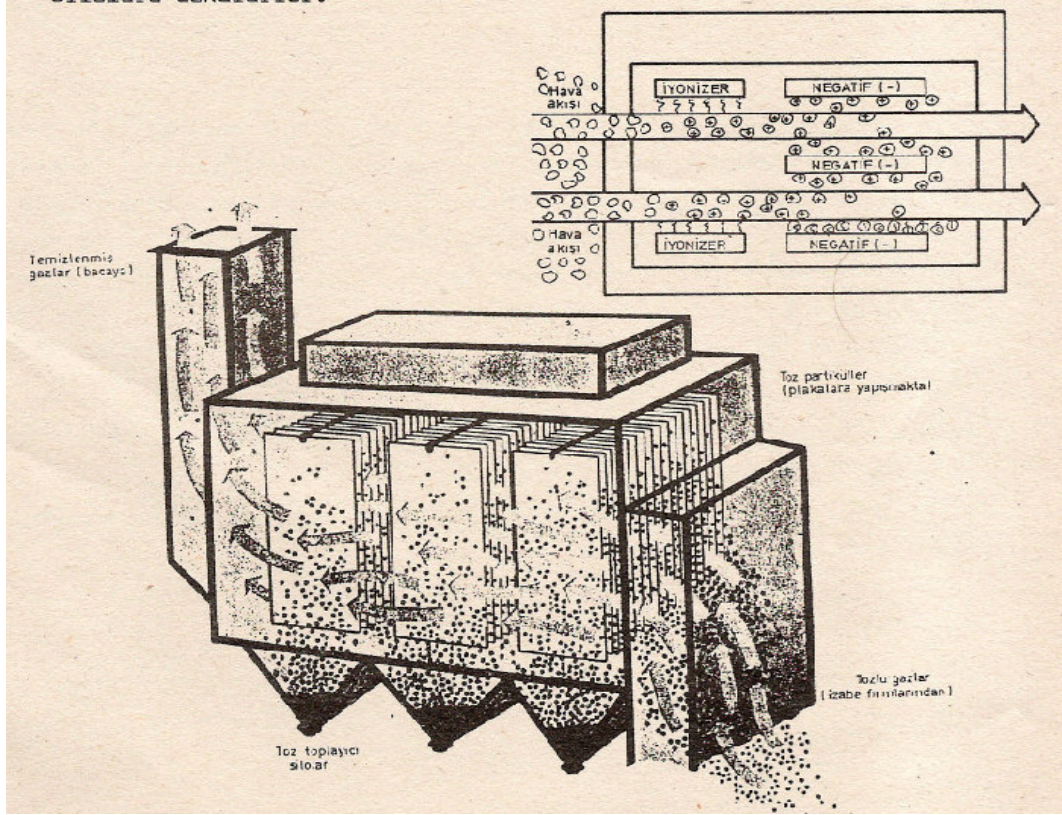
Katılar su tarafından yakalanıp, kirli su şeklinde siklon duvarına yapışarak aşağı doğru inerken, temizlenmiş gaz yukarıya çıkışa doğru yükselmektedir.



Şekil 3.4 a) Torbalı filtre b) Yaş-yıkama tipi toz çöktürücü (Akdağ, 1992)

Siklonlar veya toz torbalı sistemlerde kapasite elektrostatik çöktürme sistemlerinden daha küçüktür; ilk iki sistemde, örneğin dakikada  $80-400 \text{ m}^3$  gaz temizleniyorsa; üçüncü sistemde buna karşılık gelen gaz hacmi dakikada  $100-20000 \text{ m}^3$ 'tür. Elektrostatik çöktürmede ana prensip, Şekil 3.5'te görüldüğü üzere, iyonize hale getirilmiş tozların, bu iyonlara ters işaretli plakalar tarafından çekilmesidir.

Tozlu gaz iyonize hale getirilen plakalar arasından geçerken + yükle yüklenirler ve - yüklü plakalar tarafından çekilirler; sisteme periyodik olarak verilen bir sarsıntı ile bu plakalardan alttaki silolara dökülürler (Akdağ, 1992).



Şekil 3.5 Bir elektrostatik filtre ve çalışma prensip şeması (Akdağ, 1992)

#### 4. ENDÜSTRİ TESİSLERİNDEN KAYNAKLANAN HAVA KİRLİLİĞİ

Sanayi ve enerji üretim tesislerinin faaliyeti sonucu atmosfere yayılan is, duman, toz, gaz, buhar ve aerosol halindeki emisyonları kontrol altına almak; insanı ve çevresini hava alıcı ortamındaki kirlenmelerden doğacak tehlikelerden korumak; hava kirlenmeleri sebebiyle çevrede ortaya çıkan umuma ve komşuluk münasebetlerine önemli zararlar veren olumsuz etkileri gidermek ve bu etkilerin ortaya çıkmamasını sağlamaktır.

İşletmelerde:

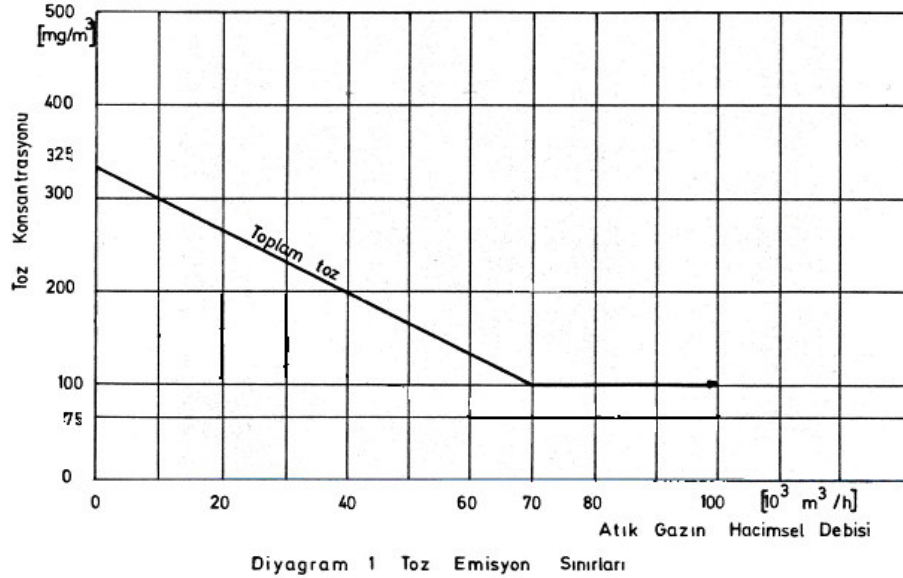
a) İs:

1) Atık gazlardaki isliliğin derecesi, katı yakıtlı tesislerde Bacharach skalasında 3 (üç) veya daha küçük olmalıdır.

2) Sıvı yakıt yakan tesislerin atık gazlarındaki islilik derecesi Bacharach skalasına göre motorin yakanlarda en fazla 2 (iki), fuel oil yakanlarda en fazla 3 (üç) olması gerekir.

b) Toz şeklinde emisyon:

1) Atık gazlarda bulunan toz şeklindeki emisyon Şekil 4.1'deki sınırları aşamaz.



Şekil 4.1 Toz emisyon sınırları (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2006)

2) İşletmelerde tozlu maddelerin üretimi, işlenmesi, taşınması, doldurulması, boşaltılması ve tasnifi

Doldurma, ayırma, eleme, taşıma, kırma ve öğütme işlemleri sabit tesislerde ve kapalı alanlarda gerçekleştirilmesi halinde ortaya çıkan gazlarla (baca ile) atılan toz emisyonları sınır değerleri:

Çizelge 4.1 Gazlarla (baca ile) atılan toz emisyonları sınır değerleri (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2006)

|                                                                          |                           |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| toz emisyonları<br>(1,5kg/saat veya altındaki emisyon debileri için)     | 200<br>mg/Nm <sup>3</sup> |
| toz emisyonları<br>(1,5kg/saat –2,5 kg/saat arası emisyon debileri için) | 150<br>mg/Nm <sup>3</sup> |
| toz emisyonları<br>(2,5 kg/saat veya üzerindeki emisyon debileri için)   | 100<br>mg/Nm <sup>3</sup> |

#### 4.1 Kirletici Vasfı Yüksek Tesisler İçin Özel Emisyon Sınırları

Hava kirliliği açısından Kirletici Vasfı Yüksek olan Tesislerin emisyonları bu bölümde verilen sınırları aşamaz.

Kirletici vasfı yüksek tesisler için aşağıda yer alan emisyon sınırları, Yönetmeliğin diğer kısımlarında verilen diğer emisyon sınırlarından daha öncelikli olarak uygulanır.

##### a) Hurda Parçalama Tesisleri:

1) Döner tip hurda parçalama tesislerinin baca gazından atılan toz emisyon 150 mg/Nm<sup>3</sup> sınır değerini aşamaz.

##### 2) Yüksek Fırınlr:

Pik demirin üretildiği yüksek fırınlarda, aşağıdaki esaslara uyulmalıdır:

2.1) Atık gazlardaki toz biçimindeki emisyon 30 mg/Nm<sup>3</sup> sınır değerini aşmamalıdır. Eğer

yüksek fırın gazı, baca üstünde yakılıyorsa, toz emisyon  $75 \text{ mg/Nm}^3$  sınır değerini aşamaz.

2.2) Eğer, yakıtın ihtiva ettiği kükürt cürufta tutulabiliyorsa ve ham demir kalitesi yönünden bir mahzur bulunmuyorsa, kükürt oranı yüksek yakıtlar kullanılabilir.

2.3) Teknolojik uygulamalar ve toz emisyonların sınırlandırılması konusunda yayınlanan ilgili Türk Standartlarına yoksa mevcut en iyi tekniklere uyulmalıdır.

#### b) Demir Dışı Metallerin Kazanıldığı Tesisler:

Demir dışı metallerin kazanıldığı tesislerde aşağıdaki esaslara uyulmalıdır:

1) Hacimsel  $\text{SO}_2$  içeriği % 2 ve üzerinde olan atık gazlar değerlendirilmelidir. Değerlendirmeden sonra  $\text{SO}_2$  emisyonu, ton sülfürik asit üretimi başına  $0,4 \text{ kg'ı}$  aşmamalıdır. Hacimsel  $\text{SO}_2$  içeriği % 2 nin altında olan atık gazlarda, kükürtdioksit emisyonu  $3 \text{ g/Nm}^3$  le sınırlandırılmalıdır.

2) Kurşundan korunmak için tesislerin bacalarından atılan atık gazlardaki toz biçimindeki emisyon  $30 \text{ mg/Nm}^3$  sınır değerini aşmamalıdır.

3) Tesisin teknolojisi ile toz ve gaz biçimindeki emisyonların azaltılması ile ilgili uygulamalarda ilgili Türk Standartlarına yoksa mevcut en iyi tekniklere uyulmalıdır.

#### c) Demir Sinterleme Tesisleri:

Demir sinterleme tesislerinde aşağıdaki esaslara uyulmalıdır:

1) Sinter tesisi baca gazında toz emisyonu  $50 \text{ mg/Nm}^3$  sınır değerini aşmamalıdır.

2) F olarak verilen inorganik flor bileşiklerinin gaz biçimindeki emisyonları  $10 \text{ mg/Nm}^3$  sınır değerini aşmamalıdır.

3) Tesisten kaynaklanan kükürt dioksit emisyonu % 16 oksijen oranına göre  $500 \text{ mg/Nm}^3$  değerini aşmamalıdır.

4) Üretim metotları yönünden diğer işlemler için daha az bir nem miktarı gerekli ise, depolama ve yüklemede toz emisyonlar önlenabiliyorsa, dış yüzey neminin % 10 un altında olması (kütlesel oran) halinde de ince cevher açıkta depolanabilir.

5) Tesis teknolojileri ile toz ve kükürt dioksit biçimindeki emisyonların azaltılması ile ilgili uygulamalarda yayımlanan ilgili Türk Standartlarına yoksa mevcut en iyi tekniklere uyulmalıdır.

d) Ham Fosfat Konsentrelerinin Sinterlendiği Tesisler:

Ham fosfat sinterleme tesislerinde aşağıdaki esaslara uyulmalıdır:

- 1) Atık gazlardaki toz biçimindeki emisyonlar  $100 \text{ mg/Nm}^3$  değerini aşmamalıdır.
- 2) Atık gazlardaki gaz biçiminde inorganik florür bileşikleri ( $\text{F}^-$  olarak verilmiştir) emisyonları  $10 \text{ mg/Nm}^3$  değerini aşmamalıdır.

e) Kupol Ocakları:

Pik demirin ergitildiği kupol ocaklarında aşağıdaki esaslara uyulmalıdır.

1) Devreye alma sırasında kupol ocaklarından çıkan atık gazlar toplanıp bir toz arıtma tesisine gönderilmelidir.

2) Ergitme kapasitesi 14 ton/saat ve üzerinde olan kupol ocaklarında, ergime süresince meydana gelen atık gazlar toplanıp bir toz ayırma tesisine gönderilmelidir. Ergitme kapasitesi 14 ton/saat kadar olan kupol ocaklarında da aynı metod uygulanmalıdır. Ergitme kapasitesi 20 ton/saat'in üzerindeki kupol ocaklarında ocak gazları tamamen toplanmalı ve arıtılmalıdır.

3) Toz emisyon sınırları:

3.1) Ergitme kapasitesi 14 ton/saat'e kadar olan tesislerde toz emisyonlar Diyagram 2'den elde edilen sınır değerlerini aşmamalıdır.

3.2) Kapasitesi 14 ton/saat'in üzerinde olan kupol ocaklarında üretilen ton başına bacadan yayılan toz miktarı  $0,150 \text{ kg'ı}$  geçmemelidir.

4) Baca gazının ihtiva ettiği karbon monoksit gazı değerlendirilmeli, yakılmalı,

5) Sistem teknolojisi ve toz emisyonlarının sınırlandırılması ile ilgili uygulamalarda yayımlanan ilgili Türk Standartlarına yoksa mevcut en iyi tekniklere uyulmalıdır.

f) Çelik Üretilen Konverterler, Elektrikli Ark Ocakları, İndüksiyonla Ergitme ve Vakumlu Ergitme Tesisleri

Çelik üreten ark ocakları, konverterler, indüksiyonla ergitme ve vakumlu ergitme tesislerinde aşağıdaki esaslara uyulmalıdır.

1) Bütün işletme şartlarında (doldurma, boşaltma, karıştırma ve kükürt alma işlemleri ve benzeri) atık gazlar toplanmalı ve bir toz ayırma tesisine gönderilmelidir.

2) Atık gazların toz emisyonu  $50 \text{ mg/Nm}^3$  sınır değerini aşmamalıdır. Hammadde olarak cevher kullanan ve entegre demir-çelik tesislerinde bulunan, çelik üreten ünitelerden kaynaklanan toz emisyonu, Ek-1'in (h) bendinde verilen sınır değerleri sağlamak şartı ile  $75 \text{ mg/Nm}^3$  sınır değerini aşmamalıdır.

3) Karbon monoksit emisyonu değerlendirilmeli, yakılmalı

4) Üflelemeli konverterler ve diğer çelik üreten tesisler ile ilgili teknoloji ve toz emisyonların azaltılmasıyla ilgili çalışmalarda yayımlanan ilgili Türk Standartlarına ve mevcut en iyi tekniklere uyulmalıdır.

g) Elektrikli Cüruf Ergitme Tesisleri:

Bu tesislerde aşağıdaki esaslara uyulmalıdır:

1) Gaz biçimindeki inorganik flor bileşikleri ( $\text{F}^-$  olarak verilmiştir) emisyonları  $1 \text{ mg/Nm}^3$  sınır değerini aşmamalıdır.

2) İnorganik flor hidrojenlerin tutulması amacıyla toprak alkali metallerinin kullanıldığı durumlarda atık gazlardaki toz emisyonlar,  $75 \text{ mg/Nm}^3$  sınır değerini aşmamalıdır.

3) Çeliğin Isıl İşlem Gördüğü Tesisler (Tav Fırınları):

Bu tesislerde aşağıdaki esaslara uyulmalıdır:

3.1) Atık gazlardaki toz biçimindeki emisyonlar  $120 \text{ mg/Nm}^3$  değerini aşmamalıdır.

3.2) %3 hacimsel oksijen düzeltmesi yapılarak;

Sıvı yakıt kullanan tesislerde kükürt dioksit emisyonu  $2400 \text{ mg/Nm}^3$  değerini,

Gaz yakıt kullanan tesisler ise  $100 \text{ mg/Nm}^3$  sınır değerini,

Yakıt olarak kokgazı kullanan tesislerde  $200 \text{ mg/Nm}^3$  değerini,

geçmemelidir.

Çift yakıt (sıvı+gaz) kullanılan tesislerde ise %3 hacimsel oksijen düzeltmesi yapılarak kükürt dioksit emisyonu  $2400 \text{ mg/Nm}^3$  değeri sağlanmalı ve sürekli yazıcı bir baca gazı analiz cihazı ile donatılmalıdır.

3.3) Sıvı yakıt kullanan tesislerde ısılık Bacharach skalasına göre 3'ü geçmemelidir.

h) Alüminyum Ergitme Tesisleri :

Bu tesislerde aşağıdaki esaslara uyulmalıdır:

1) Atık gazların ısılık derecesi Bacharach Skalası'na göre 2'nin altında olmalıdır.

2) Atık gazlardaki kuru ölçme metoduna göre belirlenen toz emisyonu  $100 \text{ mg/Nm}^3$  değerini aşmamalıdır.

3) Rafine tesislerinin atık gazlarındaki klor emisyonu  $3 \text{ mg/Nm}^3$  değerini aşmamalıdır.

4) Yağlı alüminyum hurda, boya ve plastik ihtiva eden alüminyum hurda kullanımı, tuzların curuf tutucu olarak kullanılması veya klorun rafinasyon için kullanımı bu tesislerde tuz aerosol, klor, hidrojen klorür, hidrojen florür, kurum ve hidrokarbon emisyonlarına neden olabilir. Ergitme öncesi hurda malzemenin mümkün olduğu kadar safsızlıklardan temizlenmesi gereklidir.

i) Alüminyum Hariç Demir Dışı Metallerin ve Bileşiklerinin Ergitildiği Tesisler :

1) Tüm atık gazlardaki ısılık derecesi Bacharach Skalası'na göre 2'nin altında olmalıdır.

2) Kuru ölçme metoduna göre atık gazlarda belirlenen toz emisyonlar  $100 \text{ mg/Nm}^3$  değerini aşmamalıdır.

3) Rafine tesisleri atık gazlarındaki klorür emisyonları  $3 \text{ mg/m}^3$ , florür emisyonu  $2 \text{ mg/Nm}^3$  değerini aşmamalıdır.

4) Yağlı hurda, boya ve plastik ihtiva eden hurda kullanımı, tuzların curuf tutucu olarak kullanılması bu tesislerde tuz aerosol, hidrojen klorür, hidrojen florür, kurum ve hidrokarbon emisyonlarına neden olabilir. Ergitme öncesi hurda malzemenin mümkün olduğu kadar safsızlıklardan temizlenmesi gereklidir.

k)Dökümhaneler:

Demir, temper, çelik dökümhaneleri ile demir dışı metallerin döküldüğü tesislerde aşağıda verilen esaslara uyulacaktır.:

1) Toz ihtiva eden artık gazlar bir toz tutma sisteminden geçirildikten sonra dış havaya atılmalıdır.

2) Atık gazlardaki toz emisyonları kütesel debisi 3 kg/saat'in altında olan tesisler 150 mg/Nm<sup>3</sup>, 3 kg/saat ve üzerinde olanlar ise 75 mg/Nm<sup>3</sup> değerini aşmamalıdır.

3) Kükürtlü katkıların kullanılarak magnezyum ve bileşiklerinin döküldüğü dökümhanelerden yayılan emisyonlar uygun bir şekilde atmosfere atılmalıdır.

4) Maça üretimi, döküm ve soğutmadan oluşan organik gaz bileşikleri toplanmalı, mümkünse geri kazanılmalı ve arıtma tesisine gönderilmelidir.

5)Bu tesisler ile ilgili teknoloji ve toz emisyonların azaltılmasıyla ilgili çalışmalarda yayımlanan ilgili Türk Standartlarına ve mevcut en iyi tekniklere uyulmalıdır.

l) Alüminyum Üretim Tesisleri:

1) Alüminyum oksit üreten tesislerde kalsinasyon fırını baca gazlarındaki toz biçimindeki emisyon 75 mg/m<sup>3</sup> değerini aşmamalıdır.

2) Alüminyum üreten tesislerde gaz biçimindeki inorganik florür bileşikleri (F olarak verilmiştir.) aşağıdaki sınır değerleri aşmamalıdır.

İç Astarlı Fırınlr (fırın atık gazlarının toplandığı ve temizlendiği) 1 kg/ton-Al

Açık Fırınlr (hava akımlı) 0,8 kg/ton-Al

Islak temizleme tesisinden geçirildikten sonra bacadan geçirilerek atmosfere atılan atık

gazlardaki F<sup>-</sup> olarak verilen hidrojen florür emisyonları 2 mg/Nm<sup>3</sup> sınır değerini aşmamalıdır.

3) Alüminyum üreten tesislerde üretilen ton alüminyum başına baca gazlarından olan toz emisyonu (günlük ortalaması) 5 kg'ı geçemez. Emisyon ölçümünde prozitesi 3µm olan membran filtre esas alınmalıdır.

4) Fırın atık gazı toplanması durumunda, fırın astarlarının açık olması halinde bile işletme esnasında emiş ağzında atmosfer altı basınç meydana gelmelidir.

5) Gaz biçimindeki florür bileşiklerinin fırın çıkışına yerleştirilen kuru toz tutucular ile tutulduğu astarlı fırınlarda paragraf (1.2) ve (1.3) de kütleli oran olarak belirtilen emisyon sınırlarının altına inilebilir.

6) Alüminyum üretim teknolojisi ve toz biçimindeki emisyonun azaltılmasıyla ilgili uygulamalarda yayınlanan Türk Standartlarına uyulmalıdır.

#### m) Korund (α Alumina) Üretim Tesisleri:

1) Atık gazlardaki toz emisyonu aşağıdaki değeri aşmamalıdır:

Kalsinasyon Fırınları : 75 mg/Nm<sup>3</sup>

Fırınlar : 75 mg/Nm<sup>3</sup>

2) Tesis teknolojisi ve emisyonların indirilmesiyle ilgili çalışmalarda Türk Standartlarına ve mevcut en iyi tekniklere uyulmalıdır (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2006).

## 5. GERİ DÖNÜŞÜM

Tabii kaynakların sınırsız olmadığı, dikkatlice kullanılmadığı takdirde bir gün bu kaynakların tükeneceği şüphesizdir. Kaynak israfını önlemenin yanında, hayat standartlarını yükseltme çabaları ve ortaya çıkan enerji krizi ile bu gerçeği gören gelişmiş ülkeler atıkların geri kazanılması ve tekrar kullanılması için yöntemler aramış ve geliştirmişlerdir (Curi, Kocasoy, 1982).

Kalkınma çabasında olan ve ekonomik zorluklarla karşı karşıya bulunan gelişmekte olan ülkelerinde tabii kaynaklarından uzun vadede ve maksimum bir şekilde faydalanabilmeleri için atık israfına son vermeleri, ekonomik değeri olan maddeleri geri kazanma ve tekrar kullanma yöntemlerini araştırmaları gerekmektedir.

Demir, çelik, bakır, kurşun, plastik, kauçuk, cam gibi maddelerin geri kazanılması ve tekrar kullanılması, tabii kaynaklarımızın tükenmesini önleyeceği gibi ülke ihtiyaçlarını karşılayabilmek için ithal edilen hurda malzemeye ödenen döviz miktarını da azaltacak, kullanılan enerjiden büyük ölçüde tasarruf edilecektir. En az yukarıda sayılanlar kadar önemli olan diğer bir husus da uzaklaştırılacak katı atık miktarlarındaki büyük azalma ve dolayısıyla çevre kirliliğinin önemli ölçüde önlenmesidir. Özellikle katı atıkları düzenli bir şekilde bertaraf edebilmek için yeterli alan bulunmayan ülkeler için katı atık miktarının ve hacminin azalması büyük bir avantajdır.

Araştırmalara göre metallerin geri kazanılması için harcanan enerji metallerinin madenlerden çıkartılması için gereken enerjiden çok daha azdır. Şöyle ki; geri kazanılmış metalden 1 ton alüminyum yapmak için gereken enerji cevherden yapılacak alüminyum için harcanan enerjinin %4' üdür. Aynı şekilde bakır bileşimlerin, geri kazanılması için gereken enerji bu metalin madenlerden çıkartılması için gereken enerjinin sadece %13 ve demir/çelik için %19' u kadardır.

### 5.1 Geri Dönüşümün Önemi

#### 1. Doğal kaynaklarımız korunur.

Doğal kaynaklarımız dünya nüfusunun artması ve tüketim alışkanlıklarının değişmesi nedeni ile her geçen gün azalmaktadır. Bu nedenle malzeme tüketimini azaltmak, değerlendirilebilir nitelikli atıkları geri dönüştürmek sureti ile doğal kaynaklarımızı verimli kullanmak zorundayız. Bu nedenle geri dönüşüm doğal kaynaklarımızın korunması ve verimli kullanılması için son derece önemli bir işlemdir.

#### 2. Enerji tasarrufu sağlanır.

Geri dönüşüm malzeme üretiminde endüstriyel işlem sayısını azaltmak suretiyle enerji tasarrufu sağlar. Örneğin; metal içecek kutularının geri dönüşümü işleminde bu metaller direkt olarak eritilerek yeni ürün haline dönüştürüldüğünde bu metallerin üretimi için kullanılan maden cevheri ve bu cevherin saflaştırma işlemlerine gerek olmadan üretim gerçekleştirilebilmektedir. Bu şekilde bir alüminyum kutunun geri dönüşümünden %96 oranında enerji tasarrufu sağlanabilir. Aynı şekilde cam ve plastik atıkların da geri dönüşümünden önemli oranda enerji tasarrufu sağlanabilir.

#### 3. Atık miktarı azalır.

#### 4. GERİ DÖNÜŞÜM GELECEĞE VE EKONOMİYE YATIRIM DEMEKTİR.

Geri dönüşüm uzun vadede verimli bir ekonomik yatırımdır. Hammaddenin azalması ve doğal kaynakların hızla tükenmesi sonucunda ekonomik problemler ortaya çıkabilecek ve işte bu noktada geri dönüşüm ekonomi üzerinde olumlu etki yapacaktır. Yeni iş imkanları sağlayacak ve gelecek kuşaklara doğal kaynaklardan yararlanma imkanı sağlayacaktır.

Tüm bunların ötesinde geri dönüşüm DOĞAL KAYNAKLARIN EN VERİMLİ ŞEKİLDE KULLANILMASINI SAĞLAYACAK, GELECEK KUŞAKLARA POTANSİYEL KAYNAKLARIN MÜMKÜN OLABİLEN EN FAZLA MİKTARINI BIRAKABİLECEK EN ÖNEMLİ KATI ATIK YÖNETİM BİÇİMİDİR.

## 5.2 Döküm Atık Maddesi Olan Demir Curufunun Yeniden Değerlendirilmesi

Curuflar, birçok amaç için kullanılarak yeniden değerlendirilirler. Bunlardan bazıları aşağıda kısaca değinilmiştir.

1. Öğütülmüş granüle yüksek fırın curufunun, cürufllu çimento üretiminde kullanılması
2. Öğütülmüş granüle yüksek fırın curufunun, beton yapımında mineral katkı maddesi olarak kullanımı
3. Metalurjik curufların yüzey temizleme işlemlerinde grit olarak kullanılması
4. Sinter üretiminde bazik oksijen fırını curufunun kullanılması

## 5.3 Öğütülmüş Granüle Yüksek Fırın Curufu Ve Kullanımı

Demir üretiminde atık malzeme olarak elde edilen eriyik cüruf, ani soğutulduğu takdirde camsı yapıya sahip granüller oluşmaktadır. Granüle yüksek fırın cürufu öğütüldüğünde ve kalsiyum hidroksit ile birleştirildiğinde bağlayıcı özelliğe sahip olmaktadır. Bu nedenledir ki granüle yüksek fırın cürufları genel olarak çimento klinkeri ile birlikte öğütülmekte ve puzolanik özellikli cürufllu çimentolar üretilmektedir.

Granüle yüksek fırın cüruflarından yararlanma yöntemlerinden birisi de cürufun ayrı olarak öğütülmesi ve beton yapımında mineral katkı maddesi olarak kullanımı yöntemidir. Granüle yüksek fırın cürufunun ayrı olarak öğütülmesi sonucunda, cüruf, istenilen inceliğe getirilebilmekte, özellikleri bozulmadan daha sağlıklı depolanabilmekte ve istenilen kalitede beton elde edebilmek için esneklik sağlanmaktadır.

Demir cevherleri, doğada, bu malzemelerin esasını oluşturan demiroksit bileşenlerinin yanı sıra küçük bir miktar silis, alümin, kükürt, fosfor, mangan gibi yabancı maddelerle birlikte bulunmaktadır. Cevher içerisindeki demirin elde edilebilmesi için, cevherin, içerdiği yabancı maddelerden arındırılması ve demiroksitin ayrıştırılarak içerisindeki oksijenin açığa çıkartılması gerekmektedir. Bu işlemleri yerine getirebilmek amacıyla, demir cevherleri, yüksek fırınlarda yüksek sıcaklıklara kadar ısıtılıp, erimeye tabi tutulmaktadır. Bu fırınlarda yakıt olarak kok kömürü kullanılmaktadır. Cevherin yabancı maddelerden arıtılması işleminde yardımcı bir hammadde olarak (flux) bir miktar kalkertaşı da demir cevheri ile birlikte ısıtılma işlemine tabi tutulmaktadır. Demir cevheri, kalkertaşı ve kok kömürü fırının üst ucundan sürekli olarak beslenmektedir.

Yüksek fırındaki sıcaklık etkisiyle, kok kömürünün karbonu, cevherin demiroksitindeki oksijenle birleşerek karbonmonoksit ve karbondioksit gazları oluşturup fırını terk ederken geride eriyik durumdaki demir ile birlikte yine eriyik durumdaki kireç, kok kömürünün külü, silis, alümin ve diğer yabancı maddelerden oluşan ve cüruf adı verilen malzeme topluluğunu bırakmaktadır. Eriyik malzemeler fırının alt ucunda toplanmaktadır. Yoğunlukları farklı olduğundan eriyik malzemelerinin alt bölümünü demir ve üst bölümünü cüruf oluşturmaktadır. Eriyik durumundaki demir ve cüruf, fırının alt ucundan ayrı ayrı çıkışlarla dışarı alınmaktadır.

Eriyik cüruf soğutulduktan sonra çimento üretiminde hammadde olarak, beton yapımında agrega olarak, cürufllu çimento üretiminde portland çimentosu klinkeri ve alçıtaşı ile birlikte öğütülen malzeme olarak ve beton üretiminde mineral katkı maddesi olarak değişik amaçlarla kullanılabilir.

#### **5.4 Öğütülmüş Granüle Yüksek Fırın Cürufunun Cürufllu Çimento Üretiminde Kullanımı**

Ani olarak suya daldırma yönteminin kullanılmasıyla granüle haline getirilen cüruflar, suyu süzülüp, kurutulduktan sonra öğütölme işlemine tabi tutulmaktadır. Öğütülmüş yüksek fırın cürufları, NaOH veya CaOH gibi aktivatörler ile bir araya getirildiklerinde veya  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ile birleştirildikleri takdirde reaksiyona girerek hidrolik bağlayıcılık görevi kazanmaktadır. Bu özellikleri nedeniyle, öğütülmüş granüle yüksek fırın cürufunu, portland çimento klinkeri, cüruf ve küçük bir miktar alçıtaşının birlikte öğütölmesi ile elde edilen cürufllu çimentoların üretiminde veya beton yapımında mineral katkı maddesi olarak kullanabilmek mümkün olabilmektedir.

#### **5.5 Öğütülmüş Granüle Yüksek Fırın Cürufunun Beton Yapımında Mineral Katkı Olarak Kullanımı**

Beton yapımında, öğütülmüş granüle yüksek fırın cürufunun mineral katkı maddesi olarak kullanılmasının yararları şu şekilde sıralanmaktadır:

- Cürufllu çimento üretiminde, portland çimentosu klinkeri ve bir miktar alçı ile birlikte öğütölmesi, cürufun optimum inceliğe sahip olmasını sağlamamaktadır; cürufun ayrı olarak öğütölmesi, istenilen inceliği sağlamakta daha randımanlı olmaktadır.

- Değişik kaynaklardan elde edilen cüruflar değişik öğütölme özelliğine sahiptirler. Kullanılacak cürufun ayrı olarak öğütölmesi ve istenilen inceliğe getirilmesi, cüruf kalitesini artırmakta ve üretimin daha kaliteli olmasını sağlamaktadır.
- Portland çimentosu ve cürufllu –portland çimentoları, çevre etkilerine göre hassas olduklarından (çevreden rutubet ve karbondioksit alarak bağlayıcılık özellikleri azalabileceğinden), bu tip çimentoların depolama sorunu bulunmaktadır. Ayrı olarak öğütölüş cürufun depolama sorunu, çimentolarinkine göre daha azdır.
- Öğütölüş cürufun beton yapımında ne miktarda kullanılacağı, istenilen betonun özelliklerine bağlı olmaktadır. O nedenle, cürufun ayrı olarak öğütölüş, mineral katkı olarak kullanılması, beton yapımında esneklik sağlamaktadır.
- Ayrı öğütölüş betona mineral katkı olarak katılan cüruf, betonun işlenebilmesini artırmaktadır. Buna bağlı olarak, betonun su ihtiyacında azalma olmakta ve dayanımı daha yüksek, büzölmesi daha düşük betonlar elde edilebilmektedir (Stutterheim, 1968, Mielenz, 1983).

Cüruf karkılı betonlar,

- İlk günlerde, sadece portland çimentosu kullanılarak elde edilen betona göre, daha düşük dayanım göstermektedir; ancak son günlerdeki dayanım yüksek olmaktadır.
- Sülfatlı ortamlara ve deniz sularına karşı daha dayanıklıdır.

Yüksek miktarda cüruf kullanıldığı takdirde, alkali-silis reaksiyonundan kaynaklanan genleşmeleri daha az göstermektedir.

- Klorür iyonlarının daha az sızabileceği, daha az geçirimliliğe sahiptir ve
- Yüksek sıcaklıklara karşı daha dayanıklıdır (Lewis, Spellman, 1982).

## 5.6 Metalurjik Cürufların Yüzey Temizleme İşlemlerinde Grit Olarak Kullanımı

Yakın zamana kadar, boya ve benzeri uygulamalar öncesi yüzey hazırlama işlemlerinde kum raspalama için  $\text{SiO}_2$  kumu kullanılıyordu. Ancak 5  $\mu\text{m}$ 'den küçük solunum yoluyla alınabilen kristalin silis partiküllerinin nefes darlığına yol açtığını çalışmalar göstermiş ve bu yüzden bir çok ülkede kullanımı yasaklanmıştır. Dolayısıyla  $\text{SiO}_2$  kumuna alternatif olarak serbest silis içermeyen ayrıca çevreyi koruma açısından cüruf bazlı aşındırıcıların kullanımı daha cazip hale gelmiştir.

Bir çok malzeme yüzeyinin temizlenmesindeki geleneksel yollardan biri de basınçlı hava ve aşındırıcı partikül (grit) karışımı ile temizlemedir. Kısaca bu işleme kum raspası adı verilir (Wozniak, 1988). Özellikle boya öncesi çelik kontrüksiyonların ve tersanelerdeki yeni yapılan veya bakımdaki gemi gövdelerinin yüzeylerindeki oksitlerin veya eski boyaların temizlenmesi için kum raspalama en ekonomik ve hızlı metottur (Wozniak, 1988, Agarwall, 1992).

Raspalama işlemi için aşındırıcı tozlar iki kısma ayrılmaktadır. Bunlar metal esaslı (Demin, 1993, Cen, 1994) ve metal dışı aşındırıcılardır (Peart ve Fultz, 1990, Slepý, Pearson v.d., 1990, Kaliampakos, 1994, Wallis, 1982). Belli bir yüzeyin hazırlanması için en önemli aşama, doğru tip ve ölçüdeki aşındırıcının seçimidir (Peart ve Fultz, 1990, Cen, 1994, McKelvie, 1974, Wallis, 1982, Iso11126). Birçok raspalama işlemleri yanlış aşındırıcı seçimi yüzünden kaçınılmaz zararlara neden olabilir. Örneğin yeni bir çelik yüzeyi temizlemek için kaba aşındırıcı seçildiğinde, yüzeyde kaba profile neden olur. Bu durumda ince bir astar kaba profilin tepe noktalarını kapatmayacaktır ki bu iğne ucu şeklindeki korozyonun temel nedenidir. Diğer taraftan, ince aşındırıcı kullanılmasıyla kalın bir kaplama öncesi az bir profil elde edilir bu da yapışma problemine neden olabilir (Iso11126). En iyi aşındırıcı; ucuz, hızlı temizleyen, tozsuz, düşük harcanma hızlı, toksik olmayan (%1'den az serbest silis), tekrar kullanılabilen, basit ve güvenli bir şekilde atılabilir.

### **5.7 Demir ve Çelik Curufu Bazlı Gritler**

Demir curufu gritleri suda granülasyon, kurutma ve eleme ile mekanik kırma işlemli veya işlemsiz üretilmiş, demir eldesindeki curuf orijinininden sentetik bir raspalama gritidir. Temel olarak kalsiyum silikat curufudur. Demir fırını curufu gritleri vitrifiye amorf malzemeler olacaktır ki bunlar su absorbe etmezler sadece yüzeyleri su tarafından ıslatılabilir. Demir curufu gritleri için istenen özelliklerin en önemlisi içerisindeki silisin bağlı silis olarak bulunmasıdır (Anon, 1975). Bu curufların içerisinde X-ray kırınımı metodu ile belirlenen serbest kristalin silis miktarı (kuvars, tridimit veya kristobalit) %1'i aşmamalıdır. Ek olarak korozif bileşikler (örneğin Fe) ve yapıştırmayı engelleyen yabancı maddeler içermemelidir. Demir fırını curufu gritleri için istenen özellikler ve değerleri Çizelge 5.1' de verilmiştir: (ISO 11126)

Çizelge 5.1 Demir fırını curufu gritleri için istenen özellikler ve değerleri

| Özellik                 | İstenen                      |
|-------------------------|------------------------------|
| Suda çözünür Klorlar    | %0,0025 max                  |
| pH                      | 7,0                          |
| Elektrik Direnci        | 25 mS/m                      |
| Rutubet                 | %0,2 max                     |
| Sertlik                 | 7 Moh's min                  |
| Partikül Boyut Dağılımı | 0,2 – 2,8 mm                 |
| Görünür Yoğunluk        | 3,0 – 3,3 kg/dm <sup>3</sup> |

Klor miktarı, pH ve elektrik direnci değerleri, grit malzemesinin çözünür tuzlarla ne derecede kontaminasyona uğradığının değerlendirilmesi için bir temel teşkil eder.

Çözünebilir tuz miktarları raspalanan yüzeyi negatif olarak etkilediği bilinmektedir ve düşük Ph asit tuzlarının ortamda olduğunun bir işaretidir. Bu da raspalama sonrası çelik yüzeyde erken paslanmaya ve boya yapışmasına negatif yönde etki eder. Klorların bulunması da aynı etkilere sebep olur. Düşük elektrik direnci (saf suda ölçülen) suda çözünebilir tuzların ortamda olduğunun göstergesidir ve yukarıda açıklandığı gibi erken korozyon ve boyanın zayıf yapışmasına neden olur.

Serbest silis, 5 µm 'dan küçük solunum yoluyla alınabilen kristalin silis partikülleridir. Nefes darlığına yol açması sebebi ile serbest silis %1'den fazla olmamalıdır.

Aşındırıcı grit ile temizlenen yüzeylerin kaplama öncesi tamamen kuru olması gerekmektedir. Dolayısıyla raspalama sırasında gritin de kuru olması şarttır. Bununla beraber raspalama sırasında fazla rutubet gritin topraklaşmasına neden olur.

Partikül şekli aynı zamanda profilin yapısına etki edecektir.. Partiküller köşeli ve küresel olmak üzere iki kısma ayrılırlar. Genellikle küresel partiküller daha düzgün profil yaparken, keskin köşeli partiküller daha köşeli profil ve yüksek temizleme oranı verirler.

Demir curufu temelli gritlerin yoğunluğu temizleme oranını belirleme için önemlidir.

Temizleme hızı ivme ve kütle ile belirlendiğinden daha ağır partiküller daha çabuk temizleme eğilimindedirler. Partikül boyutu bir tabanın yüzeyindeki yaratılan profilin ana belirleyicisidir.

### **5.8 Sinter Üretiminde Bazik Oksijen Fırını Curufunun Kullanılmasının Etkileri**

Sinterleme işlemi ile demir cevherlerine iyi özellikler kazandırılmakta, doğrudan kullanılamayan demir cevheri tozlarının ve tufal, baca tozu gibi atık duruma gelmiş diğer demirli maddelerin, günümüzün sıvı ham demir üretim prosesi olan yüksek fırınlarda kullanılması sağlanmaktadır.

Sinterlemenin başlıca üç amacı vardır:

1. Fazla tozlu cevherlerin tozlarını aglomere ederek yüksek fırında kullanılabilir boyutlara erdirmek
2. Demir cevherlerinde mevcut olan kükürdü oksitleyerek zararsız miktarlara indirmek
3. Yüksek fırın çalışma koşullarında rahatlıkla kullanılacak özelliklerde indirgenabilirliği yüksek, mukavemetli, ufalanmaya dayanıklı şarj malzemesi elde ederek demir üretim verimini artırmak

Demir cevheri sinteri harmanına bazik oksijen curufu ilavesiyle; sinterin curuflaştırıcı ihtiyacı karşılanabildiği gibi, atık duruma gelmiş önemli miktardaki Fe ve Mn yeniden kazanılabilmektedir.

Sinter harmanındaki bazik oksijen curufu oranının artmasıyla sinter verimliliği artmaktadır.

Kok tüketimini azaltmaktadır.

Önemli miktarlarda kireçtaşı ve dolomit tasarrufu sağlamakla beraber Fe ve Mn içermesi dolayısıyla ekonomiktir.

BOF curufunun sinter üretiminde kullanılması atık durumdaki bu malzemenin çevresel olumsuzluklarını azaltır (Mumcu, Arısoy, Şeşen).

## 6. OLASI HATA TÜRLERİ VE ETKİLERİ ANALİZİ (Failure Mode and Effects Analysis-FMEA)

### 6.1 Tanımlar

FMEA; bir ürünün tasarım ve üretimiyle ilgili olarak çıkabilecek hataların türlerinin belirlenmesi, sebeplerinin anlaşılması ve bunların kritikliklerinin değerlendirilmesini, çıkabileceği düşünülen hatanın oluşma olasılığını kabul edilebilir seviyeye indirmek veya ortadan kaldırmak için yürütülmesi gereken faaliyetlerin belirlenmesini ve bu işlemlerin yazılı hale getirilerek sonuçların takip edilmesini sağlamak üzere başlatılan sistematik bir grup çalışmasıdır.

FMEA,

- Olası hata türlerinin belirlenmesi ve etkilerinin şiddetinin derecelendirilmesi,
- Ürün veya prosese ait önemli özelliklerin belirlenmesi,
- Olası tasarım ve proses yetersizliklerinin önem sırasına göre sıralanması,
- Ürün veya prosesle ilgili belirsizliklerin ortadan kaldırılarak problemlerin ortaya çıkmasını önlenmesi,
- Kritik noktaların, hata oluşma risklerinin ortadan kaldırılması ile ürünü geliştirecek değişikliklerin, prosedür ve testlerin belirlenmesi amacını taşır.

FMEA Çalışması aşağıdaki durumlarda başlatılır.

- Yeni ürünler veya prosesler tasarlanıyorken.
- Mevcut tasarımlar veya prosesler değiştiriliyorken.
- Halen süregelen tasarımlar veya prosesler yeni uygulamalarda veya yeni ortamlarda kullanılacaksa.
- Bir problem çözme çalışması tamamlandıktan sonra problemin yeniden ortaya çıkmasını önlemek için.
- Tasarım FMEA: Ürün fonksiyonları belirlendikten sonra fakat tasarımın imalat için onayı verilmeden önce.
- Proses FMEA: Ürün ilk çizimleri tamamlandıktan sonra.

FMEA ekibi aşağıdaki elemanlardan prosesin niteliğine göre, gereken kişilerin katılımı ile oluşur:

**EKİP LİDERİ:** Ekip Lideri genellikle prosesten sorumlu olan ilgili kişidir ve toplantıları düzenleyip değişik bölümlerden uzmanların katılımını koordine eder. Ekip Lideri Tasarım/Proses FMEA çalışmalarında ihtiyaç duyulan dokümanların temininden sorumludur.

Ürün tasarımcısı

Test sorumlusu

Prosesin tamamını bilen en yetkili kişi.

Kalıphane bölümü.

Üretim sorumlusu.

Yan sanayiden temin edilen malzemeler için temsilci olarak satın alma sorumlusu

Operatörler

Mühendislik sorumlusu

Ve gerektiği durumlarda ilgili departman çalışanları.

Tasarım/Proses FMEA'nın sağlıklı yürümesi için aşağıdaki döküman ve verilerin elde edilmesi gerekir. **FMEA uygulamalarında Müşteri Özel İstekleri dikkate alınır**

Parça veya ürünün tanımı.(Şartnamelere göre)

***Prosesin doğal toleranslarının kontrol limitleri dışında yaşanan retler ve problemlerle ilişkili tespit edilmiş hata verileri.***

Hata türü tasnifi.

Proses ve montaj akış şemaları/açıklamaları.

Detaylı teknik resimler.

Kontrol önlemlerini göz önüne alan muayene planı.( düşünülen/var olan kontrol önlemleri) /  
Tasarım Değerlendirme Teknikleri.

Laboratuvar testleri ve talimatları

Parça numunesi (model veya prototip)

## 6.2 FMEA Çalışmaları:

### 6.2.1 Tasarım FMEA Çalışması:

Bir ürünün tasarımıyla ilişkili olarak çıkabilecek hata türleri ve sonuç analizinin standart şekilde uygulanmasını sağlamak ve çalışmanın yazılı hale getirilme işlemini kolaylaştırmak için bir Tasarım FMEA formu hazırlanmıştır. Formda yuvarlak içindeki numaralar aşağıdaki rakamlara ve açıklayıcı bilgilere denk gelmektedir.

1.TFMEA, ürünün karmaşıklığına bağlı olarak farklı düzeylerde yapılabilir;

- Sistem
- Alt sistem
- Komponent

2. Model-Sene/ Program:

İncelenen tasarım ürünü kullanacak bütün araçlar ve model yılı yazılır.

3.Çekirdek Ekip:

Çapraz işlevsel ekip çalışmasının her aşamasına katılan, karar verici ve faaliyetlerin gerçekleştirilmesinden sorumlu olan çekirdek ekip üyelerinin isimleri ve hangi bölümde çalıştıkları yazılır.

4. Tasarım Sorumluluğu:

Tasarımdan çalışmasından birinci derecede sorumlu imalat hattı veya tesis.

5.Key date: Tasarım FMEA bitişi için hedef tarih.

6. FMEA No:

FMEA Çalışmasının numarasıdır. Sadece dokümantasyonun takibi içindir.

7. Hazırlayan:

FMEA Çalışmasının ilgili forma uygun şekilde yazılmasından, çalışmanın dokümantasyonundan sorumlu kişinin adı ve soyadı yazılır.

8. FMEA tarihi :

İlgili proses için ilk FMEA Çalışmasının başlatıldığı tarih (orj) kısmına, eğer revizyon yapılıyorsa güncelleme çalışmasının tarihi (rev) kısmına yazılır.

#### 9.Item/Fonksiyon:

Tasarım FMEA;Üzerinde çalışılacak parçanın adı ve fonksiyonu yazılır. İncelenen parçanın ismi, bilgileri ve fonksiyonu oldukça öz halde belirtilir. Eğer nesne, farklı hata türleri olan birden fazla fonksiyona sahipse, tüm fonksiyonlar ayrı olarak listelenir. Fonksiyonlar, isim/fiil ve ölçülebilir nitelikte belirtilmelidir(ör. 5 litre yakıt depolamak)

#### 10. Olası Hata Türleri:

Bir komponent, altsistem veya sistemin, tasarım amacını veya belirlenen fonksiyonunu yerine getirmedeki olası başarısızlığı olarak tanımlanır. Bir nesnenin tasarımdaki amaç ile kendisine verilen fonksiyonu yapmaması veya eksik yapmasıdır. Hata türünden kastedilen, bir ürün veya nesnenin ömrü boyunca beklenen performansını sağlayamamasıdır. Hata türleri listelenirken, benzer ürünlerdeki deneyimler, benzer ürünlerde toplanan verilerden, geçmişte yapılmış FMEA çalışmalarından yararlanılır. Belirli bir parçanın her bir fonksiyonu için hata türleri listelenir.

Olası hata türü, daha üst düzey bir altsistem veya sistemin hata türünün sebebi veya daha alt düzey bir parça / komponentin etkisi olabilir. Belirli çalışma koşulları(ör. Sıcak, soğuk, kuru, tozlu vb) ve belirli kullanım koşulları (ör. Engebeli arazi, belirlenmiş kilometrenin üstünde, şehir içi vb) altında ortaya çıkabilecek olası hata türleri göz önüne alınmalıdır.

Olası hata türleri fiziksel veya mühendislik terimlerle tanımlanmalıdır.

Dört tip hata türü vardır:

- Fonksiyon yok: Sistemin veya tasarımın tamamen görevini yapmaması durumudur.
- Kısmi/Fazla Fonksiyon/Zamanla Azalmış: Sistemin veya tasarımın bazı spesifikasyonları veya spesifikasyonların bazı bileşenlerini karşılama, fakat tüm nitelikleri ve özellikleri tam olarak karşılayamama; veya fazla olarak karşılama; veya zamanla azalacak şekilde karşılama durumudur.
- Kesikli Fonksiyon: Fonksiyonu karşılmasına rağmen, çeşitli çevresel etkiler sebebiyle sık sık bazı fonksiyonelliğini yitirmesi veya çalışmaz duruma gelmesidir.
- İstenmeyen Fonksiyon: Bağımsız performansları doğru olan birkaç unsurun karşılıklı etkileşimlerinin süreç veya ürüne ters etki etmesi durumudur.

#### 11. Hatanın Olası Etkileri:

Etki hatanın sonucudur. Hatanın Olası Etkileri, bir hata türünün, parça fonksiyonu üzerine müşteri tarafından algılandığı tarzdaki etkileri olarak tanımlanır. Eğer hatanın sonucu ürünün emniyetli bir şekilde kullanımını etkileyecek veya yasalarla uygunsuzluk oluşturacaksa bu husus

belirtilmelidir.

## 12. Şiddet:

Şiddet, olası bir hata türünün ortaya çıkması halinde, parçanın içinde bulunduğu alt sisteme, sisteme, ürün ve/veya müşteriye etkisinin ciddiliğinin bir değerlendirmesidir. FMEA Çalışma Grubu Şiddet Derecelendirme Tablosunu (Çizelge 6.1) kullanarak puanlama yapmalıdır.

Çizelge 6.1 FMEA çalışma grubu şiddet derecelendirme tablosu

| TASARIM FMEA İÇİN ŞİDDET DEĞERLENDİRME TABLOSU |                                                                                                                                                                           |          |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| ETKİ                                           | ETKİNİN ÖNEMİ                                                                                                                                                             | PUANLAMA |
| Tehlikeli etki-<br>Uyarısız                    | Uyarısız olarak, bir olası hata türü emniyetli araç kullanımı etkilemekte ve/veya yasalarla uygunsuz bir durum ortaya çıktığında şiddet çok yüksek derecede olmaktadır.   | 10       |
| Tehlikeli etki-<br>uyarılı.                    | Uyarılı olarak, bir olası hata türü emniyetli araç kullanımını etkilemekte ve /veya yasalarla uygunsuz bir durum ortaya çıktığında şiddet çok yüksek derecede olmaktadır. | 9        |
| Çok büyük                                      | Birinci fonksiyon kaybı nedeniyle araç/nesne kullanılamamaktadır.                                                                                                         | 8        |
| Büyük                                          | Araç/nesne düşük performansta çalışmaktadır. Müşteri çok tatminsizdir.                                                                                                    | 7        |
| Orta                                           | Araç/nesne çalışmakta , fakat Konfor/Uygunluk/ Rahatlık nesne(ler)i çalışmamaktadır. Müşteri tatminsizdir.                                                                | 6        |
| Düşük                                          | Araç/nesne çalışmakta , fakat Konfor/Uygunluk/ Rahatlık nesne(ler)i düşük bir performans düzeyinde çalışmaktadır. Müşteri rahatsızlık duymaktadır.                        | 5        |
| Çok düşük                                      | Uygunluk ve Mükemmellik /Gıcırdama ve Tıkırdama konusu uygun değildir. Kusur, müşterilerin büyük çoğunluğunca farkedilir (%75'den fazlası)                                | 4        |

|               |                                                                                                                                                 |   |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| Önemsiz       | Uygunluk ve Mükemmellik /Gıcırdama ve Tıkırdama konusu uygun değildir. Kusur, normal müşterilerin %50'si tarafından fark edilir.                | 3 |
| Çok önemsiz   | Uygunluk ve Mükemmellik /Gıcırdama ve Tıkırdama konusu uygun değildir. Kusur, titiz ve çok dikkatli müşterilerce fark edilir(%25'den daha azı). | 2 |
| Hiç önemi yok | Etkisi yok.                                                                                                                                     | 1 |

### 13.Özellik Sınıflandırması:

*Emniyet ürün fonksiyonları, yasal yükümlülükler veya müşteri tatminini etkileyen ve özel üretim montaj, yan sanayi, sevkiyat kontrolü ve/veya muayene faaliyetleri / kontrol gerektirebilecek ürün özelliklerinin sınıflandırılmasında kullanılır. Ford firması için bu özellikler, Olası “Kritik Özellikler”(CC) ve Olası ”Önemli Özellikler” (SC) olarak tanımlanır ve;*

- Şiddet derecesi 9 veya 10 ise, bir Olası Kritik Özellik,
- Şiddet derecesi 5ila 8 ve Olasılık derecesi de 4 veya daha büyük ise, bir Olası Önemli Özellik vardır.

Kiritik özellik veya Önemli özellik belirlendiğinde, bu hata türü için bir Proses FMEA çalışması başlatılmalıdır.

### 14. Hatanın Olası Sebepleri:

- Hatanın Olası Sebebi, sonuçta bir hata türüne neden olacak, tasarım zayıflığı şeklinde tanımlanır. Mümkün olduğunca her olası hata için bütün olası sebepler sıralanmalıdır. Tanımlar tam yapılırsa sebeplerle düzeltici faaliyetler doğru olarak ilişkilendirilebilir.

FMEA Çalışma Grubu sebepleri iki başlık altında ele almalıdır:

#### i. Parçanın mühendislik spsesifikasyonları içerisinde ürettiğini/montaj edildiği varsayılır:

Önceki ve benzer Tasarım FMEA'lar, garanti verileri, güvenilirlik raporları, geri alınan ürün raporları ve diğer uygulanabilir belgeler gözden geçirilerek hata türlerinin geçmişte karşılaşılan ve bilinen nedensel faktörleri listelenir.

#### ii. Parçanın tasarım yetersizliği nedeniyle üretim veya montaj prosesinde kabul edilemez

değişikliklere sebep olabileceği varsayılır:

Geçmişte, üretim ve montaj yanlışlıklarına ve dolayısıyla da bir hata türüne sebep olan tasarım yetersizlikleri gözden geçirilir.

#### 15. Olasılık:

Olasılık, belirli bir sebebin sonucu olarak, bir hata türünün ne kadar sıklıkla ortaya çıktığının göstergesidir. Olası hata türlerinin ortaya çıkma olasılıkları 1 ile 10 arasında sınıflandırılır. Bu derecelendirmede, hata keşfetme önlemleri gözönüne alınmaz, sadece üzerinde tartışılan hata ile sonuçlanabilecek olaylar değerlendirilir.

Uygun değerin verildiğinin ve yapılan diğer çalışmalarla tutarlılığın sağlanadığının güvence altına alınabilmesi için aşağıdaki tablo (Çizelge 6.2) kullanılmalıdır.

Çizelge 6.2 Tasarım FMEA için hatanın olasılık değerlendirme tablosu

| TASARIM FMEA İÇİN HATANIN OLASILIK DEĞERLENDİRME TABLOSU |                                                 |        |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------|
| HATANIN OLUŞMA OLASILIĞI                                 | TASARIM ÖMÜRÜ BOYUNCA HATA OLASILIĞI            | DERECE |
| Çok yüksek: Israrcı Hatalar                              | Her 1000 araç/nesnede 100'e eşit veya daha çok  | 10     |
|                                                          | Her 1000 araç/nesnede = 50 eşit                 | 9      |
| Yüksek: Sık Hatalar                                      | Her 1000 araç/nesnede = 20                      | 8      |
|                                                          | Her 1000 araç/nesnede = 10                      | 7      |
| Orta:Ara sıra olan Hatalar                               | Her 1000 araç/nesnede = 5                       | 6      |
|                                                          | Her 1000 araç/nesnede = 2                       | 5      |
|                                                          | Her 1000 araç/nesnede = 1                       | 4      |
| Düşük:Az Hatalar                                         | Her 1000 araç/nesnede = 0,5                     | 3      |
|                                                          | Her 1000 araç/nesnede = 0,1                     | 2      |
| Uzak: Hata olasılığı yok                                 | Her 1000 araç/nesnede 0,01'e eşit veya daha az. | 1      |

#### 16. Mevcut Tasarım Kontrolleri:

Mevcut Tasarım Kontrolleri söz konusu olan Hata Türü ve/veya Sebebini tasarıma uygunluğunu garanti eden, aynı veya benzer tasarımlarda kullanılan veya kullanılacak olan, önleyici, tasarım doğrulama/geçerlilik veya diğer tür kontrollerdir.

Genel olarak 2 tip tasarım kontrolünden söz edilebilir:

Tip 1. Önleyici: Sebebi veya Hata Türünü/ Etkinin oluşmasını önleyen veya Olasılık derecesini azaltan.

Tip 2. Keşfedici : Nesne üretim için gönderilmeden önce, analitik veya fiziksel yollarla Sebebi veya Hata türünü keşfeden.

***Kullanılacak FMEA formatında bu tip kontroller için ayrı sütunlar oluşturulmuştur; ancak müşteri özel isteği,vb. için kullanılan özel formatlarda bu konuda tek bir sütun bulunması durumunda bu kontrol tiplerini tanımlamak için kodlama kullanılır. FMEA'ların Türkçe veya İngilizce olmalarına bağlı olarak kullanılabilecek kodlamalar;***

***Önleyici kontroller için “Ö”(önleyici) veya “P”(preventive)***

***Keşfedici kontroller için “K”(keşfedici) veya “D”(detection)***

#### 17. Keşfedilebilirlik:

Keşfedilebilirlik, listelenen Tip 2 tasarım kontrollerinin olası bir hatanın sebebini veya hata mekanizmasını yani tasarımın zayıf yönlerini ortaya çıkarma olasılığının bulunabilirliğinin bir göstergesidir. Hatanın oluştuğu düşünülür ve her bir tasarım kontrolünün hata türünü keşfetme yeterliliği tahmin edilir. birden çok keşif kontrolü varsa, en yeterli olanın sağladığı, en küçük değerdeki alınır. Asıl olan olasılık derecesi küçük olan hataların ayırt edilebilmesi veya oluşmuşsa daha sonraki aşamalara geçişinin engellenmesi açılarından uygulanan tasarım kontrollerinin değerlendirilmesidir.

Tasarım FMEA için bir keşfedilebilirlik derecesi seçmek amacıyla Keşfedilebilirlik Derecelendirme Tablosu (Çizelge 6.3) kullanılarak 1 ile 10 arasında bir derecelendirme yapılır. Hatayı keşfetmeyi amaçlayan kontroller değerlendirilir.

Çizelge 6.3 Tasarım FMEA için keşfedilebilirlik derecelendirme tablosu

| TASARIM FMEA İÇİN KEŞFEDİLEBİLİRLİK DERECELENDİRME TABLOSU |                                                                                                                                     |        |
|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| KEŞİF                                                      | KISTAS:TASARIM KONTROLU<br>TARAFINDAN KEŞİF OLASILIĞI                                                                               | DERECE |
| Mutlak Belirsizlik                                         | Tasarım kontrol olası bir Sebep ve ilgili Hata Türünü keşfetmeyecek ve/veya keşfedemeyecektir; veya hiçbir Tasarım kontrolü yoktur. | 10     |
| Çok uzak.                                                  | Tasarım kontrolünün olası bir Sebep ve ilgili Hata Türünü keşfetme şansı çok uzak.                                                  | 9      |
| Uzak.                                                      | Tasarım kontrolünün olası bir Sebep ve ilgili hata türünü keşfetme şansı uzak.                                                      | 8      |
| Çok düşük.                                                 | Tasarım kontrolünün olası bir Sebep ve ilgili hata türünü keşfetme şansı çok düşük.                                                 | 7      |
| Düşük.                                                     | Tasarım kontrolünün olası bir Sebep ve ilgili hata türünü keşfetme şansı düşük.                                                     | 6      |
| Orta.                                                      | Tasarım kontrolünün olası bir Sebep ve ilgili hata türünü keşfetme şansı orta.                                                      | 5      |
| Ortadan yüksek.                                            | Tasarım kontrolünün olası bir Sebep ve ilgili hata türünü keşfetme şansı ortadan yüksek.                                            | 4      |
| Yüksek.                                                    | Tasarım kontrolünün olası bir Sebep ve ilgili hata türünü keşfetme şansı yüksek.                                                    | 3      |
| Çok yüksek.                                                | Tasarım kontrolünün olası bir Sebep ve ilgili hata türünü keşfetme şansı çok yüksek.                                                | 2      |
| Hemen hemen kesin.                                         | Tasarım kontrolünün olası bir Sebep ve ilgili hata türünü keşfetmesi hemen hemen kesin.                                             | 1      |

### 6.2.2 Proses FMEA Çalışmasına Başlanması:

İmalat ve montaj proseslerinde olası hata türleri ve sonuç analizinin standart şekilde uygulanmasını sağlamak ve çalışmanın yazılı hale getirilme işlemini kolaylaştırmak için bir Poses FMEA formu hazırlanmıştır. Formda yuvarlak içindeki numaralar aşağıdaki rakamlara ve açıklayıcı bilgilere denk gelmektedir.

1. Parça Numarası - Adı:

Prosesi incelenen ürünlerin isim ve numaraları yazılır.

2. Son Değişiklik Seviyesi ve Tarihi:

Prosesi incelenen ürünün son değişiklik seviyesi ve tarihi yazılır.

3. FMEA Çalışması varolan bir prosesin iyileştirilmesi için yapılıyorsa ‘Devam Eden Proses’, yeni bir proses geliştiriliyorsa ‘Yeni Proses’ kutusu işaretlenir.

4. Proses Sorumluluğu:

Tezgah, ekipman veya montaj prosesinden birinci derecede sorumlu imalat hattı veya tesis.

5. İlgili Birim ve Kişiler:

FMEA Çalışma Grubu’nda bulunan tüm elemanların isimleri ve hangi bölümde çalıştıkları yazılır.

6. Model-Sene/ Tip:

İncelenen proste imal edilen ürünü kullanacak bütün araçlar ve model yılı yazılır.

7. Kilit Tarih : Fmea’nın tamamlanması gereken tarih yazılır.

8. FMEA No:

FMEA Çalışmasının numarasıdır. Sadece dokümantasyonun takibi içindir.

9. Hazırlayan:

FMEA Çalışmasının ilgili forma uygun şekilde yazılmasından, çalışmanın dokümantasyonundan sorumlu kişinin adı ve soyadı yazılır.

#### 10. FMEA tarihi :

İlgili proses için ilk FMEA Çalışmasının başlatıldığı tarih (orj) kısmına, eğer revizyon yapılıyorsa güncelleme çalışmasının tarihi (rev) kısmına yazılır.

#### 11. Nesne / Fonksiyon:

Proses FMEA; Üzerinde çalışılacak prosesin basit bir tanımı yapılır, örneğin delme, kaynak yapma, montaj gibi. Mümkün olduğunca kısa bir şekilde prosesin amacı açıklanır. Eğer proses birçok operasyondan meydana geliyorsa (montaj gibi), ve tüm bu operasyonlar farklı hatalar getiriyorsa tüm operasyonları farklı prosesler gibi düşünerek listelemek uygun olur.

#### 12. Olası Hata Türü:

Olası hata prosesin beklentileri karşılayamama olasılığı olan durumlar demektir. Aynı zamanda olası hata incelenen özel proseste gözlenebilecek uygunsuzluklardır. Olası hata, daha sonraki proses aşamalarında ortaya çıkabilecek bir hatanın sebebi veya daha önceki basamaklardan birinde oluşmuş bir hatanın sonucu olabilir. Proseste gözlenebilecek tüm olası hatalar ilgili parça, sistem veya operasyon özellikleri açısından listelenir. Hatanın olabileceği fakat mutlaka olması gerekmediği düşünülmelidir. Burada FMEA Çalışma Grubu kendisine şu soruları sormalıdır:

- Proses veya parçanın spesifikasyonları sağlamaması nasıl gerçekleşir?
- Mühendislik Spesifikasyonlarını bir kenara bırakırsak, bir müşteri (müşteri son kullanıcı veya bir sonraki proses olabilir) nelere dikkat eder?

Benzer proseslerle karşılaştırmalar yapmak veya benzer parçalarla ilgili müşteri şikayetlerinin, kalite sorunlarının gözden geçirilmesi olası hataların belirlenmesinde yardımcı olabilir. Olası hata türlerinin belirlenmesi için beyin fırtınası yapılır. Prosesin tüm girdi ve çıktıları göz önüne alınır. Proses özellik sınıfı olası hatalar sınıfında belirtilir.

#### 13. Hatanın Olası Etkileri:

Etki hatanın sonucudur. Hatanın Olası Sonuçları, hatanın müşteri üzerindeki etkileri olarak tanımlanır. Hata oluşmuş gibi düşünülüp müşterinin neyi fark edeceği veya başına ne geleceği açıklanır. Burada müşteri bir veya daha sonraki operasyonlar, bayi ya da aracın sahibi olabilir. Hatanın olası sonuçları düşünülürken tüm bunlar göz önüne alınmalıdır. Son kullanıcı için sonuçlar daima ürün veya sistem performansı yönünden tanımlanmalıdır. Örneğin gürültü

yapıyor, kötü görünüyor, kötü kokuyor, kullanılamaz halde, güvenilir değil gibi.

***Eğer müşteri bir veya daha sonraki operasyonlar ise olası sonuçlar proses veya operasyonun performansı açısından tanımlanmalıdır. Örneğin yerine takılamıyor.***

Eğer hatanın sonucu ürünün emniyetli bir şekilde kullanımını etkileyecek veya yasalarla uygunsuzluk oluşturacaksa bu husus belirtilmelidir. Üretim prosesindeki hataların sebepleri çoğunlukla önceki operasyonlardır ve hatanın ürün üzerindeki etkileri de sonraki operasyonlarda görülür. FMEA daima ürüne yönlendirilmelidir.

#### 14. Şiddet:

- Şiddet, olası hata türünün müşteriye olan etkisinin ciddiyet ve tehlikesinin derecelendirilmesidir. Şiddet derecesi sadece hatanın olası sonucu göz önüne alınarak belirlenir. Müşteri yönünden şiddet derecesi sadece ürün tasarımı üzerinde yapılacak değişikliklerle değiştirilebilir. Üretim sırasındaki kontrollerden etkilenmez. Şiddet değeri saptanırken sadece hatanın sonucu esas alındığından, belirli bir sonuç yaratan hatanın tüm olası sebepleri de aynı şiddet değerini alırlar.

FMEA Çalışma Grubu Şiddet Derecelendirme Tablosunu (Çizelge 6.4) kullanarak her bir olası hata için puanlama yapılmalıdır.

Çizelge 6.4 Proses FMEA için şiddet derecelendirme tablosu

| PROSES FMEA İÇİN ŞİDDET DERECELENDİRME TABLOSU |                                                                                                                                                                                                                      |          |
|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| ETKİ                                           | ETKİNİN ŞİDDETİ                                                                                                                                                                                                      | PUANLAMA |
| Tehlikeli- uyarı vermeksizin.                  | Potansiyel hata herhangi bir uyarı vermeksizin oluşur ve kullanıcının hayatını tehlikeye sokabilir.Bu gibi durumlarda en yüksek önem derecesi seçilir. Hata yasalara da aykırıdır.                                   | 10       |
| Tehlikeli- uyarılı.                            | Potansiyel hata aracın güvenli çalışmasını engeller ancak uyarılıdır ve yasalarla uyumludur.                                                                                                                         | 9        |
| Çok yüksek                                     | Üretim hattına/prosesse çok büyük zarar vermiştir ve ürünün tümü atılır. Veya araç/parça kullanılamaz durumdadır. Müşteri tatminsizliği çok fazladır.                                                                | 8        |
| Yüksek                                         | Üretim hattına zarar vermiştir.Ürünün bir kısmı yeniden işlenmeli bir kısmı ıskarta edilmelidir. Veya araç performansı düşük bir şekilde çalıştığından müşteri tatminsizliği vardır.                                 | 7        |
| Orta                                           | Üretim hattına zarar vermiştir. Ürünün bir kısmı atılır. Veya araç/parça çalışmasına rağmen güvenlik ve konforla ilgili kısımlar arızalı olduğundan müşteri rahatsızdır.                                             | 6        |
| Düşük                                          | Üretim hattına zarar vermiştir. Ürünün %100'ü tekrar işleme tabi tutulmalıdır. Veya araç/parça çalışmasına rağmen güvenlik ve konforla ilgili kısımlar arızalı olduğundan müşteri tatminsizlik duyar.                | 5        |
| Çok düşük                                      | Üretim hattına zarar vermiştir. Ürünün %100'ünden az bir kısmı seçilmeli ve tekrar işleme tabi tutulmalıdır. Veya araç/parça çalışmasına rağmen hata müşterilerin büyük çoğunluğu tarafından farkedilir.             | 4        |
| Önemsiz                                        | Üretim hattına zarar vermiştir. Ürünün %100'ünden az bir kısmı seçilmeli ve başka bir yerde tekrar işleme tabi tutulmalıdır. Veya araç/parça çalışmasına rağmen hata ortalama bir müşteri tarafından farkedilebilir. | 3        |
| Çok önemsiz                                    | Üretim hattına zarar vermiştir. Ürünün %100'ünden az bir kısmı seçilmeli ve aynı yerde tekrar işleme tabi tutulmalıdır. Hata ancak çok dikkatli bir müşteri tarafından farkedilebilir.                               | 2        |
| Hiç önemi yok                                  | Hiçbir etkisi yok.                                                                                                                                                                                                   | 1        |

**Komponentlerin, alt sistemlerin veya sistemlerin ilave proses kontrolleri gerektiği herhangi bir özel ürün veya proses özelliklerinin sınıflandırma yapılmalıdır; Ford firması için bu özellikler aşağıdaki tabloya (Çizelge 6.5) göre tanımlanır.**

**Çizelge 6.5 Özel özelliklerin belirlenmesi**

| Özel Özelliklerin Belirlenmesi                                                         |                        |                                            |                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|--------------------------------------------|--------------------|
| 1.1 Sınıflandırma                                                                      | Özellik                | Kıstas                                     | Özel Kontrol       |
|       | Kritik Özellik         | Şiddet = 9, 10                             | Gerekli            |
| SC                                                                                     | Önemli Özellik         | Şiddet = 5, 6, 7, 8 ve Olasılık = 4 ila 10 | Gerekli            |
| HIC                                                                                    | Yüksek Yetki           | Şiddet = 5, 6, 7, 8 ve Olasılık = 4 ila 10 | Önem Verilen Husus |
| OS(CC)                                                                                 | Operatör Emniyeti      | Şiddet = 9, 10                             | Emniyet Devri      |
| BOŞ                                                                                    | Özel Bir Özellik Değil | Diğer                                      | Uygulanmaz         |
| NOT : Emniyet Devri : Emniyetsiz durumu tekrar emniyetli duruma getirmek için çalışma. |                        |                                            |                    |

Kiritik özellik veya Önemli özellik belirlendiğinde, bu hata türü için özel kontroller gereklidir.

15. Sınıf :

**Şiddet değeri sonucu belirlenen kritik özellikleri belirtir.**

#### 16. Hatanın Sebepleri:

Hatanın Olası Sebepleri hatanın nasıl oluşabileceğinin tanımlanmasıdır. Sebepler düzeltililebilecek veya kontrol edilebilecek durumlar açısından açıklanmalıdır. Mümkün olduğunca her olası hata için bütün olası sebepler sıralanmalıdır. Tanımlar tam yapılırsa sebeplerle düzeltici faaliyetler doğru olarak ilişkilendirilebilir. Hata sebebi proses esnasında hataların neden ve nasıl meydana geldiğini gösterir. Böylece prosesin olası hatalara karşı savunmasız yönleri ortaya çıkarılır.

FMEA Çalışma Grubu sebepleri iki başlık altında ele almalıdır:

i. İlgili prosese gelen tüm parça/malzemelerin doğru olduğu varsayılır:

Böylece hata ile sonuçlanacak birincil sebepler yani proses yetersizlikleri belirlenir. Bu prosese gelmeden önce parça/malzeme uygun varsayıldığına göre, parça/malzemenin hangi sebepler sonucu arızalanabileceği veya hataya hangi proses özelliklerinin sebep olabileceği ekipman, yöntem, işçi ve çevre faktörleri göz önüne alınarak incelenir.

ii. İlgili prosese gelen parça/malzemelerin doğruluğu kesin değilse:

Önceki proseslerdeki FMEA sonuçları gözden geçirilir. Önceki proseslerdeki hata türlerinin keşfedilebilme olasılığı yoksa girdilerdeki değişimler önemlidir. Önceki operasyondaki bir hatanın sonucu sonraki operasyondaki bir hatanın sebebi olabilir.

Sebepler düzeltililebilir veya kontrol edilebilir proses parametreleri cinsinden tanımlanmalıdır. İşçi hatası, makina arızası veya uygunsuz ayar gibi ifadeler kullanılmamalıdır. Bunların yerine işçi contayı yerleştirmeyi unutmuş, makina sıcaklığı aşırı yükselmiş gibi sadece özel yanlışlar veya arızalar yazılmalıdır.

#### 17. Olasılık:

Olasılık, belirli bir sebebin sonucu olarak, bir hata türünün ne kadar sıklıkla ortaya çıktığının göstergesidir. Olası hata türlerinin ortaya çıkma olasılıkları 1 ile 10 arasında sınıflandırılır. Bu derecelendirmede, hata keşfetme önlemleri gözönüne alınmaz, sadece üzerinde tartışılan hata ile sonuçlanabilecek olaylar değerlendirilir.

Uygun değer verildiğinin ve yapılan diğer çalışmalarla tutarlılığın sağlandığının güvence altına alınabilmesi için aşağıdaki tablo (Çizelge 6.6) kullanılmalıdır. Olası Hata Oranları proses esnasında gözlenen hataların sayısına dayandırılmalıdır.

Eğer benzer bir proses varsa ve burada İstatistiksel Proses Kontrolü uygulanıyorsa Olasılık değerlendirmesi eldeki bilgilere dayanılarak yapılabilir. Olasılık, hataların tahmin edilen sayısına göre mevcut kontroller uygulanırken, belirli sayıdaki parçanın üretilmesinde, belirli bir sebep için ortaya çıkan bir derecelendirmedir. Burada sebep ile hata bire bir ilişkilendirilmiştir: Sebep olursa hata türü oluşacaktır.

Çizelge 6.6 PFMEA Olasılık değerlendirme tablosu

| PFMEA - OLASILIK DEĞERLENDİRME TABLOSU |                                             |             |        |
|----------------------------------------|---------------------------------------------|-------------|--------|
| Hata Olasılığı                         | Tasarım Ömrü Boyunca Hata Olasılığı         | Ppk         | Derece |
| Çok Yüksek :                           | Her 1000 parçada 100'e eşit veya daha büyük | $< 0.55$    | 10     |
| Israrcı Hatalar                        | Her 1000 parçada = 50                       | $\geq 0.55$ | 9      |
| Yüksek :                               | Her 1000 parçada = 20                       | $\geq 0.78$ | 8      |
| Sık Hatalar                            | Her 1000 parçada = 10                       | $\geq 0.86$ | 7      |
| Orta :                                 | Her 1000 parçada = 5                        | $\geq 0.94$ | 6      |
| Ara Sıra Hatalar                       | Her 1000 parçada = 2                        | $\geq 1.00$ | 5      |
|                                        | Her 1000 parçada = 1                        | $\geq 1.10$ | 4      |
| Düşük :                                | Her 1000 parçada = 0.5                      | $\geq 1.20$ | 3      |
| Az Hatalar                             | Her 1000 parçada = 0.1                      | $\geq 1.30$ | 2      |
| Uzak : Hata Olasılığı<br>Yok           | Her 1000 parçada = 00.1'den daha küçük      | $\geq 1.67$ | 1      |

#### 18. Mevcut Kontroller – Önleme / Keşfetme

Mevcut Proses Kontrolleri mümkün olduğunca hatanın oluşmasını engelleyen veya oluşmuş hatayı ortaya çıkartan kontrollardır. Bunlar İstatistiksel Proses Kontrol gibi prosesin kendisi ile ilgili kontroller olabileceği gibi Proses sonrası ürüne yönelik muayene ve testler de olabilir.

Genel olarak 2 tip proses kontrolden söz edilebilir:

a. Önleyici: Hatanın sebebinin ortaya çıkmasını veya hatanın oluşmasını engelleyen, veya bunların oluşma sıklıklarını azaltan.

b.Keşfedici: Sebebi veya hata mekanizmasını bulan ve düzeltici faaliyetlere yönelten kontrollardır.

Tercih edilen eğer mümkünse a. tipi kontrolleri öncelikle kullanmak ve sonra b. veya c. tiplerinden faydalanmaktır.

#### 19. Keşfedilebilirlik:

Keşfedilebilirlik, listelenen b. tipi proses kontrollerin olası bir hatanın sebebini veya hata mekanizmasını yani prosesin zayıf yönlerini ortaya çıkarma olasılığının, veya bahsedilen c. tipi proses kontrollerinin parça üretim veya montaj alanını terketmeden önce bulunabilirliğinin bir göstergesidir. Hatanın oluştuğu düşünülür ve listelenmiş bütün proses kontrollerin parçanın hatalı bir şekilde sevkiyatını durdurma kapasiteleri gözden geçirilir. Hatanın oluşma sıklığı düşük olduğu için keşfedilebilirliğinin de düşük olduğu düşünülmemelidir. Asıl olan düşük sıklıkla oluşan hataların ayırt edilebilmesi veya oluşmuşsa daha sonraki aşamalara geçişinin engellenmesi açılarından uygulanan proses kontrollerinin değerlendirilmesidir.

Proses FMEA için bir keşfedilebilirlik derecesi seçmek amacıyla Keşfedilebilirlik Derecelendirme Tablosu (Çizelge 6.7) kullanılarak 1 ile 10 arasında bir derecelendirme yapılır. Hatayı keşfetmeyi amaçlayan kontroller değerlendirilir. Eğer hatayı keşfedecek kontrollerin yetenekleri bilinmiyorsa veya tahmin edilemiyorsa bu durumda Keşfedilebilirlik derecesi olarak 10 kullanılır.

Tesadüfi kalite kontrollerin bir hatanın varlığını tespit etmesi pek güvenilir değildir ve dolayısıyla keşfedilebilirlik derecesini etkilemez. Ancak istatistiksel yöntemlerle yapılan örneklemeye dayanan yöntemler hata tespiti için uygundur. Keşfedilebilirlik, üretim prosesi esnasında üretim prosesindeki problemleri ve bunlardan kaynaklanan hataları ürünün müşteriye ulaşmasından önce keşfedilmesi olasılığının derecelendirilmesidir.

Çizelge 6.7 Proses keşfedilebilirlik değerlendirme tablosu

| PROSES KEŞFEDİLEBİLİRLİK DEĞERLENDİRME TABLOSU |                                              |                                 |  |                                 |                                                                                                                                                      |        |
|------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------|--|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Keşif                                          | Kıstas                                       | Muayene Türleri                 |  |                                 | Keşif Yöntemlerinin Önerilen Menzili                                                                                                                 | Derece |
| Hemen Hemen<br>Mümkün Değil                    | Mutlak Keşfedememe                           |                                 |  | ELLE MUAYENE(Manual inspection) | Keşfedemeyecek veya kontrol edilmedi                                                                                                                 | 10     |
| Çok Uzak                                       | Kontrollar olasılıkla keşfedemeyecek.        |                                 |  |                                 | Kontrollara sadece doğrudan olmayan veya rastgele çeklerle ulaşılır                                                                                  | 9      |
| Uzak                                           | Kontrolların keşif şansı zayıf               |                                 |  |                                 | Kontrol sadece gözle muayene olarak yapılıyor                                                                                                        | 8      |
| Çok Düşük                                      | Kontrolların keşif şansı zayıf               |                                 |  |                                 | Kontrol sadece iki defa gözle muayene olarak yapılıyor                                                                                               | 7      |
| Düşük                                          | Kontrollar keşfedebilir                      |                                 |  |                                 | Kontrol İPK (istatistiksel proses kontrol) gibi çizelge yöntemiyle yapılıyor.                                                                        | 6      |
| Orta                                           | Kontrollar keşfedebilir                      |                                 |  | MASTAR KONTROLU/ÖLÇÜM(Gauging)  | Kontrol parçalar istasyonu terkettikten sonra değişken geyçe ölçme veya %100 geçer/geçmez mastarlara dayanarak yapılıyor.                            | 5      |
| Ortadan Yüksek                                 | Kontrolların iyi keşif şansı var             | HATADAN ARINMIŞ (error proofed) |  |                                 | Kusurun keşfi sonraki operasyonda, veya ölçme, ayardan sonra veya ilk parça kontrolü olarak (sadece ayar sebepleri için)                             | 4      |
| Yüksek                                         | Kontrolların iyi keşif şansı var             |                                 |  |                                 | Kusurun keşfi istasyonda, veya sonraki operasyonlardaki çoklu kabul kademelerinde; tedarik, seçme, yerleştirme, onay, farklı parçaları kabul edemez. | 3      |
| Çok Yüksek                                     | Kontrollar hemen hemen kesine yakın keşfeder |                                 |  |                                 | Kusurun keşfi istasyonda (otomatik stop özellikli otomatik ölçme) farklı parça geçmez.                                                               | 2      |
| Hemen Hemen<br>Kesin                           | Kontrollar mutlaka keşfeder                  |                                 |  |                                 | Proses/ürün tasarımınca nesne hatadan arındırılmış, farklı parça üretilemez.                                                                         | 1      |

FMEA Şiddet,olasılık, keşfedilebilirlik derecelendirilmesi yapılırken öncelikle Müşteri Özel İstekleri dikkate alınmalıdır.(Intranet / Müşteri\_İstekleri)Müşteri tarafından belirtilmiş özel metodoloji yoksa yukarıdaki tablolar kullanılacaktır.

Tasarım/Proses FMEA formunda bulunan bilgiler bu maddeden sonra ortaktır:

#### 20. Risk Öncelik Sayısı (R.Ö.S.) :

Risk Öncelik Sayısı her bir hata sebebi için, saptanan Önem, Oluşma ve Keşfedilebilirlik değerlerinin çarpılması ile bulunur.

R.Ö.S. hata sebeplerinin göreceli önemini yansıtır ve düzeltici önlemlerin önceliğini tanımlar. R.Ö.S. tasarımı/prosesi daha güçlü yapmak için göz önüne alınacak faaliyetleri belirlemek amacıyla sadece tasarımı/proses zayıflıklarını sıralandırmada kullanılmalıdır.

Genellikle kabul edilen yöntem; RÖS > 100 için **ve/veya yapılan pareto analizine göre RÖS değeri en fazla olan hatalar için aksiyon faaliyeti başlatılmasıdır.**

Önerilen Faaliyetler maddesinde tariflenen durumlar göz önüne alınarak risklerin ortaya konularak güvence altına alınması gereklidir .

#### 21. Önerilen Faaliyetler:

Genel bir uygulamada şiddet 9 veya 10 olduğunda, RÖS göz önüne alınmaksızın, mevcut tasarım faaliyetleri/kontrolları ve önleyici / düzeltici proses faaliyetleriyle riskin ortaya konularak güvence altına alınması gereklidir.

9 veya 10 şiddet derecelerine öze dikkat verildikten sonra, önce şiddet, daha sonra olasılık ve daha sonra keşfedilebilirlik derecelerini azaltmak amacıyla, diğer hat türlerine yönelinir.

Eğer belirli bir hata için hiç bir düzeltici önlem öngörülüyorsa konu belirtilmelidir. Önerilen iyileştirmeler, yüksek bir maliyet ve uzun bir gerçekleştirme süresi gerektiriyorsa, alternatif birkaç çözüm önerilmeli ve böylece karar vericiye en uygun çözümü seçme olanağı sağlanmalıdır. Önemli ölçüde fayda sağlayabilecek düzeltici faaliyetlerin gündeme gelmesinin ve bunların uygulandığının takibinin gerekliliği göz ardı edilemez. Olumlu ve etkili düzeltici faaliyetleri gerçekleştirmeden, doğru düşünülmüş ve iyi geliştirilmiş de olsa sınırlı bir değere sahip olacaktır. İyileştirmeler üzerinde Tasarım, Kalite Güvence ve Üretim Bölümleri uyuşma sağlamalıdır.

Düzeltilici önlemler alınırken şu hususlara dikkat edilmelidir:

i. Oluşma olasılığını azaltabilmek için proses ve/veya tasarımda değişiklik yapmak gereklidir.

İstatistiki metotları kullanan ve prosesin tüm aşamalarını inceleyen bir çalışma ile devamlı olarak bilgi

geri beslemesi sürekli gelişmeyi ve hatanın önlenmesini sağlayabilir.

ii. Sadece bir tasarım ve/veya proses revizyonu bir hatanın önemini azaltabilir.

iii. Keşfedilebilirliğin olasılığını arttırabilmek için yine proses ve/veya tasarım revizyonları gereklidir. Genellikle keşfedilebilirliğin arttırılabilmesi için kontroller koymak masraflıdır ve kalitenin geliştirilebilmesi için yetersizdir. Sadece Kalite Kontrol'un testlerinin sıklığının arttırılması doğru bir düzeltilici önlem değildir ve sadece kalıcı bir düzeltilici önlem devreye sokulana kadar kullanılacak bir yöntem olarak görülmelidir. Düzeltilici faaliyetlerin belirlenmesinde asıl önem hataların bulunmasına değil önlenmesine verilmelidir. Örneğin, rastgele yapılan kalite kontroller yerine İstatistiksel Proses Kontrol ve proses geliştirme yöntemleri kullanılmalıdır.

22. Sorumlusu ve Hedef Tamamlanma Tarihi:

Önerilen iyileştirme çalışmalarının gerçekleştirilmesinden sorumlu bölüm ve şahıs isimleri ile çalışmanın hedeflenen sonuçlanma tarihi yazılır.

23. Gerçekleşen Faaliyetler:

Bir faaliyet etkili olarak gerçekleştirildikten sonra, uygulanmaya başlanan önlemlerin kısa bir tanımı yapılır ve tamamlanma ve yürürlüğe girme tarihi yazılır. Etkili olarak gerçekleştirilen önlemler (örneğin teknik resim değişiklikleri, %100 boyut kontrolü otomatik olarak yapılmaktadır gibi) referanslar gösterilerek (resim numarası, vb.) ve gerçekleştirilen tamamlanma tarihi belirtilerek kısaca yazılırlar. Eğer önerilen iyileştirmelerin uygun olmadığı bulunulursa (maliyetler, aşırı zaman kaybı, vb.) gerekçesi veya üzerinde görüş birliği sağlanan alternatif önlemler belirtilir.

24-25-26. Şiddet - Olasılık - Keşfedilebilirlik:

Düzeltilici önlemler tamamlandıktan sonra tasarım/proses tekrar gözden geçirilir ve yeni durumda Şiddet - Olasılık - Keşfedilebilirlik kriterleri tablolar çerçevesinde değerlendirilir.

#### 27. Risk Öncelik Sayısı (R.Ö.S.) :

Düzeltilici önlemler tamamlandıktan sonra yeni duruma göre verilen Şiddet, Olasılık ve Keşfedilebilirlik katsayılarının çarpımı olarak tekrar hesaplanır. Eğer düzeltilici önlemler tam olarak tamamlanmamışsa FMEA sonuçlanmamıştır.

Takip: Prosesten sorumlu mühendis tüm Mevcut kontrollerin doğru şekilde uygulandığından veya uygulama aşaması uzun sürecekse sorumlulukların doğru şekilde dağıtıldığından emin olmalıdır. FMEA canlı bir belge olduğundan her an en son dizayn aşamasını veya şu anda uygulanan proses aşamalarını içermelidir.

## 7. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

### 7.1 Deneyisel Çalışmalarda Kullanılan Deneyisel Ekipmanlar, Döküm Katkı Malzemeleri ve Hammaddeler

#### 7.1.1 Deneyisel Ekipmanlar

##### 7.1.1.1 Doğalgazlı Döküm Ocakları

Alüminyum ham malzemelerini ergitme işlemi doğalgazlı döküm ocaklarında yapılmıştır. Doğalgazlı ocaklarımız 300 kg kapasitesindedir. Ocak süper ateş tuğlası ile örülmüş, ısı izolasyon betonları ve seramik elyaf battaniye ile izole edilmiştir. Doğalgazlı döküm ocaklarında alüminyum ergitme işlemi daha kısa zamanda olmaktadır ve yakıt harcaması daha düşüktür.



Şekil 7.1 Doğalgazlı döküm ocakları

##### 7.1.1.2 İndüksiyon Ocakları

Doğalgazlı döküm ocaklarında ergitilen sıvı alüminyum madeni, 150 kg kapasitesindeki bekleme ocaklarına aktarılır. Bu indüksiyon ocaklarında, dinlendirme ve ayrıştırma işlemi yapılmıştır.

### 7.1.1.3 Yüksek Basınçlı (Soğuk Kamaralı) Alüminyum Enjeksiyon Makineleri

Dinlendirme ocaklarından kepçe ile alınan eriyik, hazne içerisine konulur ve enjeksiyon makinesi çalıştırılır ve döküm gerçekleştirilir.

Çizelge 7.1 Alüminyum enjeksiyon makinesi teknik özellikleri

|                                           |                     |
|-------------------------------------------|---------------------|
| Kapama Kuvveti                            | 200 ton             |
| Gezer Plaka Hareketi (Max)                | 440 mm              |
| Kalıp yüksekliği                          | 180-650 (min-max)   |
| Plaka Ölçüleri                            | 780x780 mm          |
| Kolonlar Arası Mesafe                     | 480x480 mm          |
| Kolon Çapı                                | 100 mm              |
| İtici Kuvvet                              | 140 kN              |
| İtici Strok                               | 110 mm              |
| Enjeksiyon Kuvvet (Ayarlanabilir)         | 220 kN              |
| Enjeksiyon Strok                          | 400 mm              |
| Max Parça Ağırlığı (Al)                   | 2250 gr             |
| Max Döküm Alanı (350 Kp/cm <sup>2</sup> ) | 570 cm <sup>2</sup> |
| Motor Gücü                                | 18,5 Kw             |
| Makine Ağırlığı                           | 7000 kg             |



Şekil 7.2-a Yüksek basınçlı alüminyum enjeksiyon makinaları



Şekil 7.2-b Yüksek basınçlı alüminyum enjeksiyon makinaları

## 7.1.2 Döküm Katkı Malzemeleri

### 7.1.2.1 Gaz Alma Tableti

Gaz alma işlemini yapmanın metotlarından biri eriyik metal banyosunda diğer gazlarla hidrojeni almak için gaz baloncuklarını sıvı metalde yaratan tablet kullanımıdır.

Bizim kullandığımız gaz alma tableti PROTECOL g-100 (Ekolojik, çevreye duyarlı, azot bazlı dumansız gaz alma tableti) tablettir. Bu tabletler ocaktaki sıvı madene delikli çanla daldırılır.

Çizelge 7.2 Gaz alma tableti özellikleri

| ÜRÜN<br>(Tablet halinde) | RENK | GAZ<br>MADDESİ           | KULLANIM<br>AMACI | UYGULAMA<br>ORANI% | DALDIRMA       | NOTLAR                            |
|--------------------------|------|--------------------------|-------------------|--------------------|----------------|-----------------------------------|
| PROTECOL                 | Gri  | Nitrojen ve<br>biraz CO2 | Gaz Alma          | 0,20/0,30          | Delikli Çanlar | Tehlikeli gazlar<br>ihtiva etmez. |

### 7.1.2.2 Oksit Giderme ve Curuf Alma Flaksları

Eriyik, ergitme işlemi sonunda oksitler ve birbirinden farklı orijinli katı empüriteler ihtiva eder. Katı şarjda kirleticiler, fırın astarından refrakter partikülleri, curuf artıkları ve benzeri gelir. Bu empüritelerin dökümden önce eriyikten alınması gerekir.

Bizim kullandığımız örtü oksit giderme ve cüruf alma flaksları (Ekolojik, düşük florid içeriği) ITALPURO SE/EC'dır.

Çizelge 7.3 Oksit giderme ve curuf alma flaksı özellikleri

| ÜRÜN              | GÖRÜNÜM     | RENK     | KULLANIM<br>AMACI   | CURUF | FIRIN TİPİ            | NOTLAR                            |
|-------------------|-------------|----------|---------------------|-------|-----------------------|-----------------------------------|
| ITALPURO<br>SE/EC | Kristal toz | Açık Gri | Örtü, Curuf<br>Alma | Kuru  | Pota, tutma<br>fırını | Ekolojik, Düşük<br>florid içeriği |

### 7.1.2.3 Kalıp Ayırıcı Pasta

Kalıp açılarak ocak tüpü pürmüzü ile kalıp içerisi ısıtılır. Daha sonra boya tabancası yardımı ile kalıp içi, kalıp ayırıcı pasta ile yağlanır. Bizim kullandığımız pasta DL310SPECIAL B'dır.

Özellikler:

Basınçlı alüminyum enjeksiyon dökümünde çok uygun olarak kullanılabilen tamamen sentetik özelliğinden dolayı atık bırakmayan su bazlı özel üründür.

Avantajları:

- Koku ve duman yapmaz.
- Temiz ve parlak yüzey oluşturur.
- Kalıp iticilerinin kolay çalışmasını sağlar.
- Sentetik özelliğinden dolayı ekolojik olarak zararsızdır.

#### Fiziksel Özellikleri:

- Görünüş: Sıvı
- Renk: Beyaz
- Yoğunluk: 1,00 gr/ml
- Parlama Noktası: Yok
- Karışımı: Sentetik Polimerler

Kullanım Şekli: 1 kg ürün 100-180 kg su ile iyice karıştırılarak özel püskürtme tabancası ile kalıp yüzeyine uygulanır.

#### 7.1.2.4 Granül Piston Yağı

Granül piston yağı, basınçlı alüminyum enjeksiyon makinelerinin pistonları için yeni bir katı yağlayıcıdır. Piston yağı silindir yuvasına girdikten sonra eriyip mikro-buğu oluşturarak piston haznesinin içinde film tabakası oluşturarak piston ve hazne arasında kaydırıcılık sağlar.

#### Avantajları:

- İyi bir piston yağlayıcısı olup, aşırı kullanım gerektirmez.
- Zararlı duman yapmaz ve çalışma alanlarının daha güvenli ve temiz olmasını sağlar.
- Luber mineral yağlar ihtiva etmez, bu sayede dökülmüş parçada gözenek oluşmaz.
- Luber hazne içerisinde metalin kaymasını artırarak ayrılmayı kolaylaştırır.

#### Fiziksel özellikler:

- Görünüş: Granül 0,5-1 mm
- Renk: Beyaz
- Yoğunluk: 0,7 kg/ml
- Karışımı: Doğal Polimerler
- Yanma Noktası: >200 C

Kullanım Şekli: Piston geri vuruşunu tamamladıktan sonra uygun bir dozajlama aparatı ile hazne içerisine uygulanır. (1 kg'a kadar döküm parça için 0,2-0,4 gr)

### 7.1.3 Döküm Ham malzemesi

Dökümde kullanılan ham malzeme ETİAL 145'dir. Kimyasal analizi ve tipik özellikleri aşağıda verilmiştir.

Çizelge 7.4 ETİAL-145 kimyasal analizi

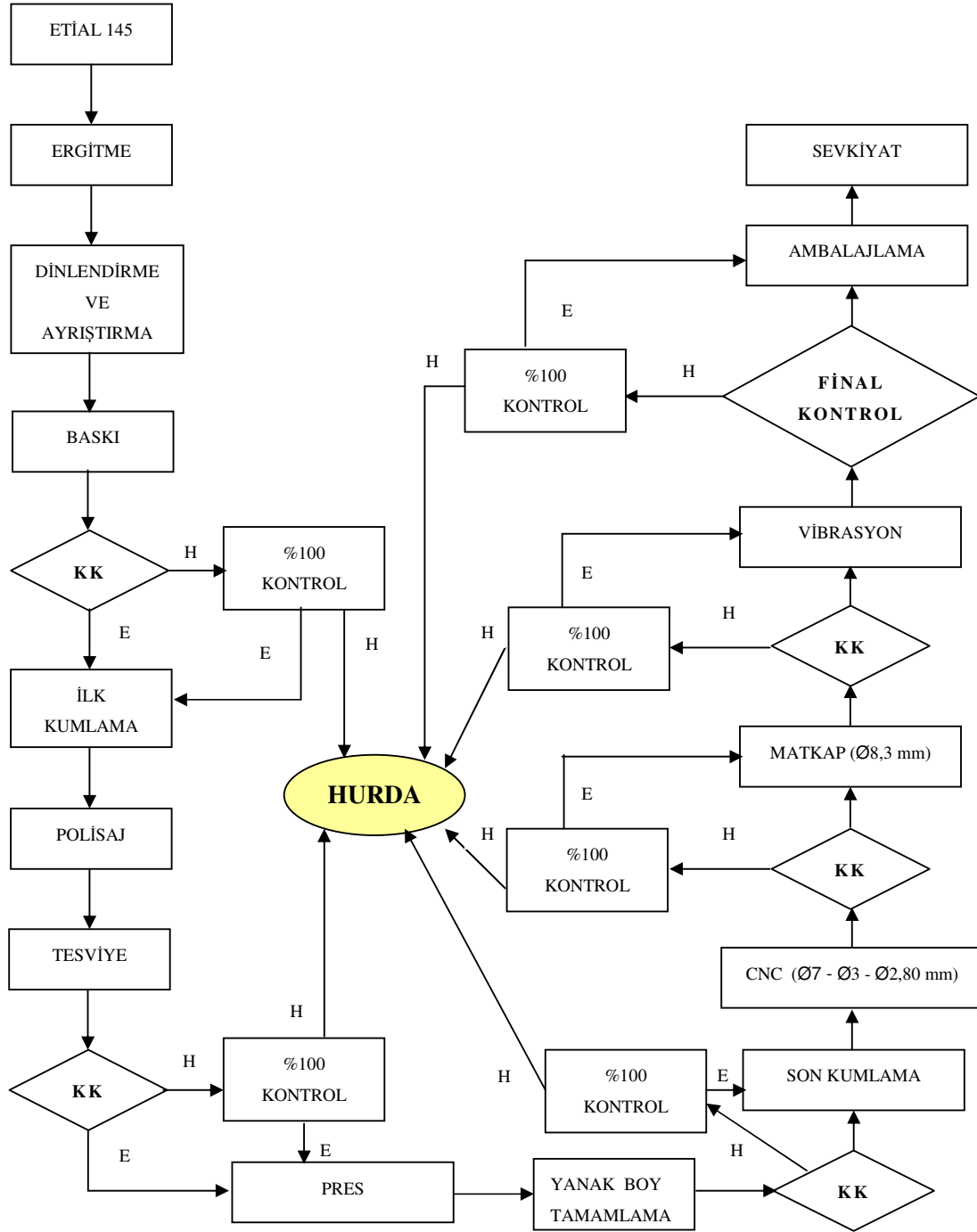
| ETİNORM   | Fe   | Si          | Cu        | Mn   | Mg        | Zn   | Ni        | Ti   | Pb   | Sn   |
|-----------|------|-------------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|------|------|
| ETİAL-145 | 0.60 | 11.00-13.00 | 0.80-1.50 | 0.20 | 0.80-1.40 | 0.20 | 0.80-1.30 | 0.10 | 0.10 | 0.05 |

Çizelge 7.5 ETİAL-145 tipik özellikleri

| ETİNORM                                     | ETİAL- 145                                                       |
|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| ÖZGÜL AĞIRLIK ( gr/cm <sup>3</sup> )        | 2.69                                                             |
| ERGİME ARALIĞI ( °C )                       | 535-590                                                          |
| ISI İLETKENLİĞİ ( Cal/cm.s <sup>0</sup> C ) | 0.21                                                             |
| KOROZYON DAYANIMI                           | İYİ                                                              |
| DÖKÜLEBİLİRLİK                              | İYİ                                                              |
| İŞLENEBİLME                                 | İYİ                                                              |
| ANODİK OKSİDASYON                           | Sadece yüzey korumada                                            |
| DİĞER ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM YERLERİ       | Kum ve kokil kalıba dökümler, pistonlar ve diğer motor parçaları |

## 7.2 Deney Prosedürü

Alüminyum Sürücü Kol Bağlantı Parçası aşağıda gördüğümüz iş akış şemasına göre üretilmiştir.



Şekil 7.3 Alüminyum sürücü kol bağlantı parçası iş akış şeması



Şekil 7.4 Sürücü kol bağlantı parçası teknik resmi

Alüminyum ham malzememiz olan ETİAL-145, doğalgazlı ocakta eritilir. Sıvı maden üzerinde oluşan curufu alınır. Sıvı maden, pota yardımıyla indüksiyon ocaklarına taşınır. İndüksiyon ocaklarında bulunan sıvı madene curuf alma tozu atılır. Bir süre bekledikten sonra oluşan curuf alınır. Gaz alma tableti delikli çan ile daldırılır. Gaz alma işlemi bittikten sonra ocaktaki sıvı madenin sıcaklığı 680-720 °C oluncaya kadar beklenir. Bu arada alüminyum enjeksiyon makinesine takılan kalıp içerisi ocak pürmüzü ile ısıtılır. Daha sonra boya tabancası yardımı ile kalıp içi, kalıp ayırıcı pasta ile yağlanır. Kalıp kapatılır. Dinlendirme ocaklarından kepçe ile alınan eriyik, hazne içerisine konulur ve enjeksiyon makinesi çalıştırılır. Döküm gerçekleşir. Piston geri vuruşunu tamamladıktan sonra uygun bir dozajlama aparatı ile hazne içerisine granül piston yağı uygulanır.

Döküm parçaları, çapakların ve tufalların alınması için kumlanır. Kumlamadan sonra polisaj ve tesviye işlemi ile çapakları alınır. İki ayak arasındaki çapak alımı için pres makinesinde preslenir. 21.90'lık ölçü için yanak boyu tamamlanır. Boya öncesi hazırlık için tekrar kumlanır. CNC dik işlem ve matkap ile delik ölçüleri açılır. Vibrasyon ile parça kurutulur. Ambalajlanır ve sevk edilir.

### **7.2.1 Uygulanan FMEA Çalışmaları**

İmalat proseslerinde olası hata türleri ve sonuç analizinin standart şekilde uygulanmasını sağlamak ve çalışmanın yazılı hale getirilme işlemini kolaylaştırmak için bir Proses FMEA Formu hazırlanmıştır. Her bir operasyon için Proses FMEA çalışması yapılmıştır. Döküm atıklarının çevresel etkileri ve geri dönüşümü üzerine de Proses FMEA çalışması yapılmıştır.

## 8. DENEYSEL SONUÇLAR

Alüminyum sürücü kol bağlantı parçası üretimi sırasında yapılan;

- Hammalzeme giriş,
- Ergitme,
- Dinlendirme ve Ayrıştırma,
- Baskı(Alüminyum Enjeksiyon)

işlemlerinde çevre ve insan sağlığına etkileri FMEA sistemiyle incelenmiş, aşağıdaki çizelgelerde her bir operasyon için yapılan FMEA çalışmaları görülmektedir.

Çizelge 8.1 Hammalzeme giriş operasyonu FMEA çalışması

HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ (FMEA)  
PROSES FMEA

Parça No - Adı: S00990 DACIA Sürücü Kol Bağ. Par.

Son Değişiklik Seviyesi ve Tarihi:

☐ Yeni Proses ☒ Devam Eden Proses

Proses Sorumluluğu:

İlgili Birim ve Kişiler:

Model-Sene/ Tip:

Kilit Tarihi:

FMEA No: \_\_\_\_\_

Sayfa: 1/1

Hazırlayan:

FMEA Tarihi: (orj.) (rev.)

| Nesne /<br>Fonksiyon<br>Beklentiler                                                                                                                                                                                                    | Olası Hata<br>Türü                                                                  | Hatanın Olası<br>Etkileri                                                                | Şiddet | Sınıf | Hatanın Sebepleri                                                | Olasılık | Mevcut Kontroller             |                                                    | Keşif | R.O.S | Önerilen<br>Faaliyetler                           | Sorumlusu<br>ve Hedef<br>Tamamlan<br>ma Tarihi | Faaliyetlerin Sonuçları                                                  |        |          |       |       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|------------------------------------------------------------------|----------|-------------------------------|----------------------------------------------------|-------|-------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------|----------|-------|-------|
|                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                     |                                                                                          |        |       |                                                                  |          | Önleme                        | Keşfetme                                           |       |       |                                                   |                                                | Gerçekleşen<br>Faaliyetler                                               | Şiddet | Olasılık | Keşif | R.O.S |
| HAMMALZEME<br>GİRİŞİ<br>1. Çevre ve<br>insan sağlığına<br>uygun olmalı<br>2. Eritilecek<br>hammalzeme<br>uygun fiziksel ve<br>kimyasal yapıda<br>olmalı<br>3. Parçayı<br>zamanında<br>göndermek<br>4. Parçanın<br>kırılgan<br>olmaması | 1. Çevre<br>kirliliğine<br>neden olması                                             | 1. Müşteri<br>reddi, çevre<br>ve insan<br>sağlığı<br>açısından<br>riskler                | 7      | -     | 1.1Alüminyum<br>hurdalarının çevrede<br>birikmesi                | 10       | 1.1 Uygun tedarikçi<br>seçimi | 1.1 Tedarikçi<br>denetimi                          | 1     | 70    | 1.1Hammalzeme<br>üretiminde hurda<br>kullanılması |                                                | 1.1Hammalzeme<br>üretiminde Al.<br>hurda kullanan<br>tedarikçi seçilmesi | 7      | 2        | 1     | 14    |
|                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                     |                                                                                          |        |       |                                                                  |          |                               |                                                    |       |       |                                                   |                                                |                                                                          |        |          |       |       |
|                                                                                                                                                                                                                                        | 2. Döküm<br>parçalarının<br>istenen<br>mekaniksel ve<br>kimyasal yapıda<br>olmaması | 2. Parça<br>bozukluğu,<br>İskarta, Kalite<br>kontrol reddi,<br>müşteri reddi<br>olmaması | 8      | -     | 2.1Malzemenin<br>spesifikasyon<br>değerlerinin uygun<br>olmaması | 2        | 2.1 İlk kontrol               | 2.1 Operatör<br>kimyasal analiz<br>raporu kontrolü | 1     | 16    |                                                   |                                                |                                                                          |        |          |       |       |
|                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                     |                                                                                          |        |       |                                                                  |          |                               |                                                    |       |       |                                                   |                                                |                                                                          |        |          |       |       |
|                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                     |                                                                                          |        |       |                                                                  |          |                               |                                                    |       |       |                                                   |                                                |                                                                          |        |          |       |       |
|                                                                                                                                                                                                                                        | 3. Parçayı<br>zamanında<br>göndereme                                                |                                                                                          | 6      | -     | 3.1Hammalzemenin<br>zamanında<br>gelmemesi                       | 4        | 3.1 İlk kontrol               | 3.1 Operatör<br>zaman kontrolü                     | 1     | 24    |                                                   |                                                |                                                                          |        |          |       |       |
|                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                     |                                                                                          |        | -     | 3.2Hammalzemenin<br>eksik gelmesi                                | 4        | 3.2 İlk kontrol               | 3.2 Operatör miktar<br>kontrolü                    | 1     | 24    |                                                   |                                                |                                                                          |        |          |       |       |
|                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                     |                                                                                          |        |       |                                                                  |          |                               |                                                    |       |       |                                                   |                                                |                                                                          |        |          |       |       |
|                                                                                                                                                                                                                                        | 4. Parçanın<br>kırılganlığının<br>artması                                           |                                                                                          | 8      | -     | 4.1 Tanecek<br>yapısının uygun<br>olmaması                       | 2        |                               | 4.1 Operatör kırma<br>kontrolü                     | 3     | 48    |                                                   |                                                |                                                                          |        |          |       |       |
|                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                     |                                                                                          |        |       |                                                                  |          |                               |                                                    |       |       |                                                   |                                                |                                                                          |        |          |       |       |

Çizelge 8.2-a Ergitme operasyonu FMEA çalışması

HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ (FMEA)  
PROSES FMEA

Parça No - Adı: S00990 DAĞA Sürücü Kol Bağ. Par.  
Son Değişiklik Seviyesi ve Tarihi:

☐ Yeni Proses: ☒ Devam Eden Prosi:  
Proses Sorumluluğu: \_\_\_\_\_  
İlgili Birim ve Kişiler: \_\_\_\_\_

Model-Sene/ Tip: \_\_\_\_\_

Kilit Tarihi: \_\_\_\_\_

FMEA No: \_\_\_\_\_

Sayfa: 1/2

Hazırlayan: \_\_\_\_\_

FMEA Tarihi: (orj.) \_\_\_\_\_ (rev.) \_\_\_\_\_

| Nesne /<br>Fonksiyon<br>Beklentiler                                                                                                                                                                                | Olası Hata<br>Türü                                                   | Hatanın<br>Olası<br>Etkileri                                                                                                   | Şiddet | Sınıf | Hatanın<br>Sebepleri                       | Olasılık | Mevcut Kontroller       |                                   | Keşif | R.Ö.Ş. | Önerilen<br>Faaliyetler | Sorumlus<br>u ve<br>Hedef<br>Tamamla | Faaliyetlerin Sonuçları    |        |          |       |        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|--------------------------------------------|----------|-------------------------|-----------------------------------|-------|--------|-------------------------|--------------------------------------|----------------------------|--------|----------|-------|--------|
|                                                                                                                                                                                                                    |                                                                      |                                                                                                                                |        |       |                                            |          | Önleme                  | Keşfetme                          |       |        |                         |                                      | Gerçekleşen<br>Faaliyetler | Şiddet | Olasılık | Keşif | R.Ö.Ş. |
| ERGİTME 1. Çevre ve insan sağlığına uygun olmalı<br>2. Eritilecek hammalzeme, uygun fiziksel ve kimyasal özellikte olmalı<br>3. Maden sıcaklığı uygun değerde olmalı<br>4. Ergitmede şarja yolluk ilave edilmemeli | 1. Döküm parçalarının istenen mekanik ve kimyasal özellikte olmaması | 1. Eritilen hammalzemenin istenen mekanik ve kimyasal özelliklere sahip olmaması, Iskarta, Kalite kontrol reddi, müşteri reddi | 8      | -     | 1.1 Yanlış hammalzeme kullanılması         | 2        | 1.1 İlk üretim kontrolü | 1.1 Operatör göz kontrolü         | 3     | 48     |                         |                                      |                            |        |          |       |        |
|                                                                                                                                                                                                                    |                                                                      |                                                                                                                                |        |       |                                            |          |                         |                                   |       |        |                         |                                      |                            |        |          |       |        |
|                                                                                                                                                                                                                    | 2. Sıvı maden yanabilir.                                             | 2. Eritilen hammalzemenin kimyasal özellikleri değişebilir.                                                                    | 8      | -     | 2.1 Sıvı madenin sıcaklığının çok artması  | 5        | 2.1 İlk üretim kontrolü | 2.1 Operatör termocouple kontrolü | 1     | 40     |                         |                                      |                            |        |          |       |        |
|                                                                                                                                                                                                                    |                                                                      |                                                                                                                                |        |       |                                            |          |                         |                                   |       |        |                         |                                      |                            |        |          |       |        |
|                                                                                                                                                                                                                    | 3. Yollukların atılma riski                                          | 3. Müşteri reddi, kalite kontrol reddi                                                                                         | 8      | -     | 3.1 Yollukların ilave edilmesi             | 2        | 3.1 İlk üretim kontrolü | 3.1 Operatör göz kontrolü         | 3     | 48     |                         |                                      |                            |        |          |       |        |
|                                                                                                                                                                                                                    |                                                                      |                                                                                                                                |        |       |                                            |          |                         |                                   |       |        |                         |                                      |                            |        |          |       |        |
|                                                                                                                                                                                                                    | 4. Si çöker. Şarjda silisyum oranı farklı olur.                      | 4. Dökülen parçaların Si oranları farklı olur.                                                                                 | 5      | -     | 4.1 Sıvı madenin bekleme süresinin artması | 3        | 4.1 İlk üretim kontrolü | 3.1 Operatör zaman kontrolü       | 1     | 15     |                         |                                      |                            |        |          |       |        |
|                                                                                                                                                                                                                    |                                                                      |                                                                                                                                |        |       |                                            |          |                         |                                   |       |        |                         |                                      |                            |        |          |       |        |

Çizelge 8.2-b Ergitme operasyonu FMEA çalışması

[illegible]

Çizelge 8.3-a Dinlendirme ve ayrıştırma operasyonu FMEA çalışması

HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ (FMEA)  
PROSES FMEA

Parça No - Adı: S00990 DACİA Sürücü Kol Bağ. Par.

Son Değişiklik Seviyesi ve Tarihi:

☐ Yeni Proses: ☒ Devam Eden Prosi

Proses Sorumluluğu:

İlgili Birim ve Kişiler:

Model-Sene/ Tip:

Kilit Tarih:

FMEA No: \_\_\_\_\_

Sayfa: 1/2

Hazırlayan:

FMEA Tarihi: (orj.) (rev.)

| Nesne /<br>Fonksiyon<br>Beklentiler                                                                                            | Olası Hata<br>Türü                       | Hatanın<br>Olası<br>Etkileri                                                           | Şiddet | Sınıf | Hatanın<br>Sebepleri                       | Olasılık | Mevcut Kontroller               |                                         | Keşif | R.Ö.S. | Önerilen<br>Faaliyetler | Sorumlus<br>u ve<br>Hedef<br>Tamamla | Faaliyetlerin Sonuçları    |        |          |       |        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|--------------------------------------------|----------|---------------------------------|-----------------------------------------|-------|--------|-------------------------|--------------------------------------|----------------------------|--------|----------|-------|--------|
|                                                                                                                                |                                          |                                                                                        |        |       |                                            |          | Önleme                          | Keşfetme                                |       |        |                         |                                      | Gerçekleşen<br>Faaliyetler | Şiddet | Olasılık | Keşif | R.Ö.S. |
| DİNLENDİRME<br>VE<br>AYRIŞTIRMA<br>1.Sıvı maden<br>sıcaklığı uygun<br>olmalı 2.<br>Çevre ve insan<br>sağlığına uygun<br>olmalı | 1.Parçada<br>katmerleşm<br>e olması      | 1. Yüzey<br>bozukluğu,<br>İskarta,<br>Kalite<br>kontrol<br>reddi,<br>müşteri<br>reddi  | 4      | -     | 1.1 Döküm<br>Sıcaklığının<br>düşük olması  | 6        | 1.1 Döküm sıcaklığı<br>kontrolü | 1.1 Operatör<br>termocouple<br>kontrolü | 2     | 48     |                         |                                      |                            |        |          |       |        |
|                                                                                                                                |                                          |                                                                                        |        |       |                                            |          |                                 |                                         |       |        |                         |                                      |                            |        |          |       |        |
|                                                                                                                                | 2.Baskıda<br>maderin<br>yürümemesi       | 2. Yüzey<br>bozukluğu,<br>İskarta,<br>Kalite<br>kontrol<br>reddi,<br>müşteri<br>reddi. | 4      | -     | 2.1 Döküm<br>Sıcaklığının<br>düşük olması  | 5        | 2.1 Döküm sıcaklığı<br>kontrolü | 2.1 Operatör<br>termocouple<br>kontrolü | 2     | 40     |                         |                                      |                            |        |          |       |        |
|                                                                                                                                |                                          |                                                                                        |        |       |                                            |          |                                 |                                         |       |        |                         |                                      |                            |        |          |       |        |
|                                                                                                                                | 3.Parçada<br>gaz<br>boşlukları<br>olması | 3. Yüzey<br>bozukluğu,<br>İskarta,<br>Kalite<br>kontrol<br>reddi,<br>müşteri<br>reddi. | 4      | -     | 3.1 Döküm<br>Sıcaklığının<br>yüksek olması | 6        | 3.1 Döküm sıcaklığı<br>kontrolü | 3.1 Operatör<br>termocouple<br>kontrolü | 2     | 48     |                         |                                      |                            |        |          |       |        |
|                                                                                                                                |                                          |                                                                                        |        |       |                                            |          |                                 |                                         |       |        |                         |                                      |                            |        |          |       |        |
|                                                                                                                                | 4.Yüzeyde<br>çekinti<br>olması           | 4. Yüzey<br>bozukluğu,<br>İskarta,<br>Kalite<br>kontrol<br>reddi,<br>müşteri<br>reddi. | 4      | -     | 4.1 Döküm<br>Sıcaklığının<br>yüksek olması | 6        | 4.1 Döküm sıcaklığı<br>kontrolü | 4.1 Operatör<br>termocouple<br>kontrolü | 2     | 48     |                         |                                      |                            |        |          |       |        |
|                                                                                                                                |                                          |                                                                                        |        |       |                                            |          |                                 |                                         |       |        |                         |                                      |                            |        |          |       |        |

Çizelge 8.3-b Dinlendirme ve ayrıştırma operasyonu FMEA çalışması

|                                                  |                                             |   |  |                                                                           |   |  |  |   |    |                                                             |                                                                                |   |   |   |    |  |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------------|---|--|---------------------------------------------------------------------------|---|--|--|---|----|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|----|--|
| 5.Çevre ve insan sağlığına verebileceği zararlar | 5.Çevre ve insan sağlığı açısından riskler  | 4 |  | 5.1Elektrikli ocakların yaydığı elektromanyetik ışınım                    | 6 |  |  | 2 | 48 |                                                             |                                                                                |   |   |   |    |  |
|                                                  |                                             |   |  |                                                                           |   |  |  |   |    |                                                             |                                                                                |   |   |   |    |  |
| 6.Çevre ve insan sağlığına verebileceği zararlar | 6.Çevre ve insan sağlığı açısından riskler  | 3 |  | 6.1Gaz alma tabletinin içerikleri                                         | 7 |  |  | 1 | 21 | 6.1Ekolojik, Cl içermeyen gaz alma tabletinin kullanılması  | 6.1Ekolojik, çevreye duyarlı, azot bazlı, dumanlı gaz alma tableti kullanıldı. | 3 | 4 | 1 | 12 |  |
|                                                  |                                             |   |  |                                                                           |   |  |  |   |    |                                                             |                                                                                |   |   |   |    |  |
| 7. Çevre ve insan sağlığına vereceği zararlar    | 7. Çevre ve insan sağlığı açısından riskler | 6 |  | 7.1Ham malzemenin ergitilmesi sonucu açığa çıkan metalurjik toz ve gazlar | 3 |  |  | 2 | 36 | 7.1Doğalgazlı ocakların üzerine aspiratör sistemi kurulması | 7.1Doğalgazlı ocakların bulunduğu kısmın tavanına aspiratör sistemi kuruldu.   | 6 | 2 | 1 | 12 |  |
|                                                  |                                             |   |  |                                                                           |   |  |  |   |    |                                                             |                                                                                |   |   |   |    |  |
| 8.Çevre kirliliği                                | 8.Çevre açısından riskler                   | 6 |  | 8.1Ham malzemenin ergitilmesi sonucu oluşan cüruf                         | 7 |  |  | 1 | 42 | 8.1 Oluşan cürufun yeniden değerlendirilmesi                | 8.1 Oluşan cüruf, cürufu yeniden değerlendiren firmalara satıldı.              | 6 | 5 | 1 | 30 |  |
|                                                  |                                             |   |  |                                                                           |   |  |  |   |    |                                                             |                                                                                |   |   |   |    |  |

Çizelge 8.4-a Baskı operasyonu FMEA çalışması

HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ (FMEA)  
PROSES FMEA

Parça No - Adı: S00990 DACIA Sürücü Kol Bağ. Par.  
Son Değişiklik Seviyesi ve Tarihi:  
☐ Yeni Proses ☒ Devam Eden Pros.  
Proses Sorumluluğu:  
İlgili Birim ve Kişiler:

Model-Sene/ Tip:  
Kilit Tarihi:

FMEA No: 0  
Sayfa: 1/2  
Hazırlayan:  
FMEA Tarihi: (orj.) (rev.)

| Nesne /<br>Fonksiyon<br>Beklentiler                                                                                                                                                                                                                                                              | Olası Hata<br>Türü                                | Hatanın<br>Olası<br>Etkileri                                                                                                | Şiddet | Sınıf | Hatanın<br>Sebepleri                     | Olasılık | Mevcut Kontroller                                                           |                                         | Keşif | R.O.S | Önerilen<br>Faaliyetler | Sorumlus<br>u ve<br>Hedef<br>Tamamla | Faaliyetlerin Sonuçları    |        |          |       |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|------------------------------------------|----------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------|-------|-------------------------|--------------------------------------|----------------------------|--------|----------|-------|-------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                   |                                                                                                                             |        |       |                                          |          | Önleme                                                                      | Keşfetme                                |       |       |                         |                                      | Gerçekleşen<br>Faaliyetler | Şiddet | Olasılık | Keşif | R.O.S |
| BASKI<br>1.Parçada malzeme eksikliği olmaması<br>2.Parçada boşluk olmaması<br>3.Parçada çatlak olmaması<br>4.Resim ölçülerine uygun döküm toleransı<br>5.Pres parametreleri ne uygun pres<br>6.Çapak olmaması<br>7.Ürünün test değerlerini sağlaması<br>8. Çevre ve insan sağlığına uygun olması | 1. Kalıp gözlerinin dolmaması (malzeme eksikliği) | 1. Iskarta, Kalite kontrol reddi, müşteri reddi, test değerlerini sağlamaz                                                  | 4      | -     | 1.1 Pres parametrelerinin uygun olmaması | 7        | 1.1 İlk üretim kontrolü, her kalıp bağlamada pres parametrelerinin kontrolü | 1.1 Kalıplama operasyonu öncesi kontrol | 1     | 28    |                         |                                      |                            |        |          |       |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                   |                                                                                                                             |        | -     | 1.2 Soğuk Döküm                          | 6        | 1.2 Kalıp sıcaklığının kontrolü                                             | 1.2 Kalıplama operasyonu öncesi kontrol | 1     | 24    |                         |                                      |                            |        |          |       |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                   |                                                                                                                             |        | -     | 1.3 Pres arızası                         | 2        | 1.3 Periyodik bakım,operatör dikkati                                        | 1.3 İlk üretim kontrolü                 | 1     | 8     |                         |                                      |                            |        |          |       |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                   |                                                                                                                             |        | -     | 1.4 Al. çapağı kalması                   | 5        | 1.4 Operatör eğitimi                                                        | 1.4 Operatör göz kontrolü               | 2     | 40    |                         |                                      |                            |        |          |       |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 2.Parçada boşluk olması                           | 2. Yüzey bozukluğu, Iskarta, Kalite kontrol reddi, müşteri reddi, test değerlerini karşılamayabilir,parça ömrü kısalabilir. | 4      | -     | 2.1 Al. çapağı kalması                   | 5        | 2.1 Operatör eğitimi                                                        | 2.1 Operatör göz kontrolü               | 2     | 40    |                         |                                      |                            |        |          |       |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                   |                                                                                                                             |        | -     | 2.2 Kalıp kirliliği                      | 4        | 2.2 Operatörün kalıp yüzeyi temizliği                                       | 2.2 Operatör göz kontrolü               | 2     | 32    |                         |                                      |                            |        |          |       |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                   |                                                                                                                             |        |       |                                          |          |                                                                             |                                         |       |       |                         |                                      |                            |        |          |       |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 3.Parçada çatlak olması                           | 3. Iskarta, Kalite kontrol reddi, müşteri reddi, test değerlerini sağlamaz.                                                 | 4      | -     | 3.1 Pres parametrelerinin uygun olmaması | 4        | 3.1 İlk üretim kontrolü, her kalıp bağlamada pres parametrelerinin kontrolü | 3.1 Kalıplama operasyonu öncesi kontrol | 2     | 32    |                         |                                      |                            |        |          |       |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                   |                                                                                                                             |        |       |                                          |          |                                                                             |                                         |       |       |                         |                                      |                            |        |          |       |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 4. Çap 21,9 ±0,1 ölçüsünün büyük çıkması          | 4. Müşteri reddi, garanti iadesi                                                                                            | 7      | -     | 4.1 Maçaların aşınması                   | 6        | 4.1 İlk üretim kontrolü, Her kalıp bağlamada maçaların kontrolü             | 4.1 İlk üretim kontrolü                 | 1     | 42    |                         |                                      |                            |        |          |       |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                   |                                                                                                                             |        |       |                                          |          |                                                                             |                                         |       |       |                         |                                      |                            |        |          |       |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                   |                                                                                                                             |        |       |                                          |          |                                                                             |                                         |       |       |                         |                                      |                            |        |          |       |       |

Çizelge 8.4-b Baskı operasyonu FMEA çalışması

|                                                  |                                                                                |   |   |                                            |   |                                    |                           |   |     |                                           |                                                                                            |   |   |   |    |  |  |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|---|---|--------------------------------------------|---|------------------------------------|---------------------------|---|-----|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|----|--|--|
| 5.İstenmeyen yüzeyde çapak                       | 5.Ek işçilik, görüntü bozukluğu, montaj zorluğu, kalite kontrol, müşteri reddi | 4 | - | 5.1 Fazla malzeme(ayar hatası)             | 4 | 5.1 Pres parametrelerinin kontrolü | 5.1 İlk üretim kontrolü   | 2 | 32  |                                           |                                                                                            |   |   |   |    |  |  |
|                                                  |                                                                                |   |   |                                            |   |                                    |                           |   |     |                                           |                                                                                            |   |   |   |    |  |  |
|                                                  |                                                                                |   |   |                                            |   |                                    |                           |   |     |                                           |                                                                                            |   |   |   |    |  |  |
| 6. Çap: 21.9 ±0,1 ölçüsünün büyük çıkması        | 6. Müşteri Reddi, garanti iadesi                                               | 7 | - | 6.1 Maça kızaklarının açılması             | 6 | 6.1 Maça kızaklarının kontrolü     | 6.1 Operatör Göz Kontrolü | 3 | 126 |                                           |                                                                                            |   |   |   |    |  |  |
|                                                  |                                                                                |   |   |                                            |   |                                    |                           |   |     |                                           |                                                                                            |   |   |   |    |  |  |
| 7.Çalışma veriminin düşmesi                      | 7.Operatörlerde sağlık sorunları                                               | 5 |   | 7.1Baskı işleminin çok gürültülü çalışması | 9 |                                    |                           | 1 | 45  | 7.1Operatörere kulaklık dağıtılması       | 7.1Operatörler e kulaklık dağıtıldı.                                                       | 5 | 5 | 1 | 25 |  |  |
|                                                  |                                                                                |   |   |                                            |   |                                    |                           |   |     |                                           |                                                                                            |   |   |   |    |  |  |
| 8.Çevre ve insan sağlığına verebileceği zararlar | 8.Çevre ve insan sağlığı açısından riskler                                     | 3 |   | 8.1Kalıp ayırıcı pastanın içerikleri       | 7 |                                    |                           | 1 | 21  | 8.1Kalıp ayırıcı pastanın ekolojik olması | 8.1Koku ve duman yapmayan, sentetik özelliğinden dolayı ekolojik olan pasta tercih edildi. | 3 | 3 | 1 | 9  |  |  |
|                                                  |                                                                                |   |   |                                            |   |                                    |                           |   |     |                                           |                                                                                            |   |   |   |    |  |  |
| 9.Çevre ve insan sağlığına verebileceği zararlar | 7.Çevre ve insan sağlığı açısından riskler                                     | 3 |   | 9.1Piston yağlayıcının içerikleri          | 7 |                                    |                           | 1 | 21  | 9.1Piston yağlayıcının ekolojik olması    | 8.1Zararlı duman yapmayan piston yağlayıcı tercih edildi.                                  | 3 | 4 | 1 | 12 |  |  |
|                                                  |                                                                                |   |   |                                            |   |                                    |                           |   |     |                                           |                                                                                            |   |   |   |    |  |  |

## 9. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ham malzemelerimiz (ETİAL-145), tedarikçi tarafından %100 alüminyum hurdanın ergitilmesiyle elde edilmektedir. Firma tarafından bu şekilde üretim yapan tedarikçinin seçilmesiyle çevre kirliliğinin önlenmesi açısından katkıları olmaktadır.

Ham malzemenin ergitme işleminde doğalgazlı ocağın kullanılmasıyla ergitme maliyeti azalmış, rekabet gücü artmıştır. Ayrıca ergitme süresi azaltılmıştır. Bu ocaklar çok gürültülü çalışmaktadır. Gürültünün, operatörlerin sağlığını riske sokmasını ve çalışma verimini düşürmesini önlemek için operatörlere kulaklık verilmiştir. Böylece bu olumsuzluklar ortadan kaldırılmıştır.

Ham malzemeler ergitildikten sonra oluşan baca gazları büyük boyutlarda olmadığından aspiratör yardımıyla direkt atmosfere verilmektedir. Bu gazlar, ciddi bir çevre kirliliğine sebebiyet vermemektedir. Dolayısıyla, tesisin bulunduğu ortamda doğal çevreye kirlilik açısından ciddi bir zararı olmayacaktır.

Ham malzemeler ergitildikten sonra oluşan az miktarda curuf alınarak curuf deposuna konmakta, biriktikten sonra curufu yeniden değerlendiren firmalara satılmaktadır. Böylece curufun neden olacağı çevre kirliliği önlenmiş olmaktadır.

Dinlendirme ve ayrıştırma operasyonunda indüksiyon ocakları kullanılmaktadır. Bu ocaklar, insan bedeni üzerinde saç telinin havalanması gibi yüzeysel etkilere neden olmaktadır.

Al alaşımları hidrojen kapmada hassastırlar. Atmosferik nemle Al'un reaksiyonu ile üretilir. Fuzyonun sonunda, eriyik alaşımındaki diğer gazları ve hidrojeni oyuklanma ya da porozitede oluşumunu önlemek için ki bu malzeme karakteristiklerinde kötüleşmeye neden olur, yok etmede önemlidir. Gaz alma işlemini yapmanın metotlarından biri eriyik metal banyosunda diğer gazlarla hidrojeni almak için gaz baloncuklarını sıvı metalde yaratan tablet kullanımıdır. Kullandığımız gaz alma tabletinin ekolojik, çevreye duyarlı, azot bazlı dumansız olması nedeniyle hem çevre kirliliği önlenmiş, hem de insan sağlığı korunmuş olmaktadır.

Ergitme işlemi esnasında Alüminyum alaşımları atmosferik oksijenle girdiği reaksiyon sebebiyle oksitlenmeye eğilimlidir. Eriyik ergitme işlemi sonunda oksitler ve birbirinden farklı orijinli katı empüriteler ihtiva eder. Katı şarjda kirleticiler, fırın astarından refrakter partikülleri, curuf artıkları ve benzeri gelir.

Empüriteler, dökümdeki ve nihai ürünlerdeki inklüzyonların oluşumunu ve mamulün işlenmesi esnasında kötü mekanik ve istenmeyen karakteristik problemleri engellemek için eriyikten dökümden önce alınmalıdır. Kullanılan örtü oksit giderme ve curuf alma flaksının ekolojik ve düşük florid içerikli olması nedeniyle çevre ve insan sağlığı korunmuş olmaktadır.

Baskı (enjeksiyon döküm) işleminde kullanılan kalıp ayırıcı pastanın sentetik özelliğinden dolayı atık bırakmayan su bazlı ürün olması koku ve duman yapmaması, ekolojik olarak zararsız olması nedeniyle çevreye ve insan sağlığına zararı yoktur.

Basınçlı alüminyum enjeksiyon makinelerinin pistonları için kullanılan katı yağlayıcı; zararlı duman yapmamakta, böylece çalışma alanlarının daha güvenli ve temiz olmasını sağlamaktadır.

Yüksek basınçlı alüminyum enjeksiyon makinaları çok gürültülü çalışmaktadır. makinelerin verdiği gürültü, operatörlerin sağlığını riske sokmakta ve çalışma verimlerini düşürmektedir. Bunun önlenmesi için operatörler kulaklık kullanmaktadır. Böylece bu olumsuzluklar ortadan kaldırılmıştır.

Tesiste çevre kirliliği oluşturabilecek katı atık geri dönüşüm tesislerine satıldığından çevre kirliliği söz konusu olmayacaktır. Ayrıca, eritme işlemi sonrası oluşan gazlar da büyük boyutlarda olmadığı gibi direkt atmosfere verilmiş olup, ciddi bir çevre kirliliğine sebebiyet verilmiyor. Dolayısıyla, tesisin bulunduğu ortamda doğal çevreye kirlilik açısından ciddi bir zararı olmayacaktır.

Olası hataları önceden önlemek için tesisin büyütülmesi veya mevcut üretim kapasitesinde değişiklik olması halinde çevresel etkilerin olacağı, insan sağlığı açısından solunum ve ortamdaki katı partiküllerin asılı kalması önlenmekte ve önemli bir sorun çıkarmadığı tespit edilmiştir.

Ham malzeme seçimi, ham malzemenin ergitilmesi, ergitme sırasında curufun oluşması, kalıpların yağlanması, döküm katkı maddelerinin kullanılması ve enjeksiyon döküm sırasında olası riskler FMEA ile kontrol altına alınmaktadır.

Dökümün en önemli girdisi olan hurda alüminyumun beraberinde bulundurduğu yabancı maddeler örnekleme yoluyla tespit edilerek üretim sürecinde insan-çevre-ekoloji dengesi arasındaki ilişki güvenilir olarak sağlanmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Abdulkadir Özdebak (2004). Demir-Çelik ve Enerji\_Ereğli Demir ve Çelik Fabrikaları T.A.Ş.
- Agarwal G. And Speyer R. F., “Devitrifying cupola slag for use in products”, JOM V.44, No.3, Mar 1992, pp. 32-37, 1047-4838.
- Anon J., “Cleaning, finishing and peening with glass beads”, Industrial Finishing and Surfaces Coating, V.27, No. 323, May 1975, pp.18, 20-22.
- Abdulkerim Mumcu, C. Fahir Arısoy, M. Kelami Şeşen, ”Sinter üretiminde bazik oksijen fırını curufunun kullanılmasının etkileri”, ERDEMİR, Ereğli ve İTÜ, Metalurji ve Malz. Mühendisliği Bölümü
- Dr. Caner Zambak Emcz Inc. Illinois-USA
- Cen Y., “Development of disposal and application of iron and steel slag”, Kang Tieh/Iron and Steel (Peking) V. 29, No.5, May 1994, pp. 71-74.
- Çevre Görüşü ve Çalışmaları Semineri İstanbul Sanayi Odası-1993
- Çevre ve Orman Bakanlığı “Endüstri Tesislerinden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği” (2006) Sayı: 26236
- Demin B. L. And Sorookin Y. V., “Application of metallurgical for spray surface treatment” Stal’n 10 Oct 1993, pp. 82-84.
- Metalurji Yüksek Mühendisi Hikmet Bilge (1999), “Metalurji sektörünün yarattığı çevresel etkilere genel yaklaşım”, Metalurji Dergisi, V. 23, No. 122
- Lewis, D.W., “Blast Furnace Slag as a Mineral Admixture for Concrete,” Concrete Construction, V.27, No.5, May 1982, pp. 448-449.
- McKelvie A. N., “Monitoring cleanlines and profile of blast cleaned steel”, Material Performance, V.13, No.10, Oct 1974, pp. 9-11.
- Militaru C. And Humphrey H. J., “Use of coal combustion by-products in infrastructure projects-a total benefit option”, Proceeding of the air and waste management assoc 12.
- Mielenz, R.C., “Mineral Admixtures-History and Background,”Concrete International, ACI, August 1983, pp. 34-42.
- Doç. Dr. Mustafa Akdağ (1992). Üretim Metalurjisi\_Dokuz Eylül Üniversitesi Maden Mühendisliği
- Pearl J. And Fultz B., “Performance characteristics of copper and coal slag”, Journal of Protective Coatings and Linings, V.7, No.4, Sep 1990, pp. 21-29.
- Stutterheim, N., “Portland Blast Furnace Cements-a Case for Separate Grinding of Slag,” Proceeding 5th International Symposium on the Chemistry of Cement (Tokyo, 1968), Cement Association of Japan, Tokyo, 1969, Part IV, pp. 270-274.
- Spellman, L.U., “Granulated Blast Furnace Slag as a Mineral Admixture, “Concrete International: Design and Construction, V.4, No.7, July 1982, pp.66-71.

Slepy W. C., Pearson A., Misra C. And Maczura G., “Non-metallurgical use of alumina and bauxite”, Proceeding of The 120th TMS Annual Meeting Feb 17-21 1991 1990 Publ by Minerals, Metals and Materials Soc. (TMS) pp.117-124.

Teklas Kauçuk Sistem Talimatları-Tasarım/Proses Fmea Hazırlama Talimatı, Rev. No.9.

Prof. Dr. Turhan Y. Erdoğan. Öğütülmüş Granüle Yüksek Fırın Curufu ve Kullanımı ODTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü Ankara

Wozniak K., “Cutting property assessment of copper slag grains”, Metal Finishing v.86, No.11, Nov 1988, pp.37-40.

Wozniak K. And Herman D., “Glass binder-bonded copper slag grains to form tools”, Journals of Materials Science, V.23, No.1, Jan 1988, pp. 223-228.

Wallis G. R., “Mechanical finishing by impact treatment”,\_Prod Finish London, V.35, No.10, Oct 1982, pp. 31-32.

Yavuz Doğan Iso Çevre İhtisas Kurulu Başkanı-Muhtelif Konuşmaları

ISO Standartları, 11126.

**ÖZGEÇMİŞ**

|               |            |                                                                                                     |
|---------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Doğum Tarihi  | 30.11.1980 |                                                                                                     |
| Doğum Yeri    | Konya      |                                                                                                     |
| Lise          | 1995-2000  | Muhittin Güzelkılıç Lisesi (Süper Lise)                                                             |
| Lisans        | 2000-2005  | Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fak.<br>Metalurji ve Malzeme Mühendisliği                      |
| Yüksek Lisans | 2005-      | Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü<br>Metalurji ve Malz. Mühendisliği Anabilim Dalı |