

# Endüstriyel Kaza Araştırmaları ve Düzenleyici Müdahaleler; Magnezyum Metal  retimi

Abdul Vahap KORKMAZ<sup>1</sup>  
ORCID no.0000-0001-8691-1937

** z:** Magnezyum, ağır sanayi ve modern teknolojinin gelişmesiyle birlikte dünyada giderek önem kazanan bir metal haline gelmiştir. Gerek hafifliği ve gerekse dayanıklılığı ve düşük karbon ayak izi nedeniyle, temel olarak elektronik, havacılık, savunma ve otomotiv endüstrilerinde kullanılan magnezyum, modern teknoloji için vazgeçilmez derecede önemlidir. Avrupa Birliği'nin en önemli hammaddeleri listesinde yer alan magnezyum metalini, birçok ülkede, özellikle Avrupa'da stratejik bir ürün olarak kabul edilmektedir. Magnezyum metalini "geleceğin metalini" olarak nitelendirilmekte olup, Türkiye ve Avrupa'daki tek birincil magnezyum fabrikası 2017 yılında ülkemizde entegre olarak kurulmuş üretime başlamıştır. Türkiye entegre magnezyum üretimi konusunda son teknolojik yöntemleri ve ekipmanları kullanmış olup kurulan makineler ve üretim prosesleri ve iş güvenliği riskleri konusunda çalışanlar tecrübesiz ve yeterli deneyime sahip değillerdir. Magnezyum  retim hattında çalışan işçilerin çoğu yakın köy ve ilçelerdeki y re halkından temin edilmiş olup bazı işçilerin endüstriyel bir deneyime sahip olmadıkları g r lm ştir. Üretim sürecine giren her yeni makine, ekipman, kimyasal madde, araç ve gereç insan sağlığı ve iş güvenliği için tehdit oluşturmaktadır. Bu çalışmada diğer metal üretim proseslerinden farklı olarak magnezyum üretim tesislerinde birincil derecede risk teşkil eden ve ölüm veya ağır yaralanmalarla sonuçlanabilecek olası tehlikeler tanımlanmış ve çözüm  nerileri sunulmuştur. Ayrıca Fine Kinney risk metodu ile 14 farklı birincil derece risk tespit edilmiş ve alınması gereken önlemler belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Magnezyum, Metal, Risk, Iř güvenliği, Fine Kinney metodu

## Industrial Accident Research And Regulatory Interventions, Magnesium Metal Production

**Abstract:** Magnesium has become an increasingly important metal in the world with the development of heavy industry and modern technology. Because of its light weight and durability and low carbon footprint, magnesium, which is mainly used in the electronics, aerospace, defense

<sup>1</sup> Afyon Kocatepe Üniversitesi, End stri  r nleri Tasarımı B l m   
Makale Geliş Tarihi:04.05.2020- Makale Kabul Tarihi: 07.09.2020

and automotive industries, is indispensable for modern technology. Magnesium metal, which is on the list of the most important raw materials of the European Union, is recognized as a strategic product in many countries, especially in Europe. Magnesium metal is described as the "metal of the future" and the only primary magnesium plant in Turkey and Europe started production in 2017, having been integrated in our country. Turkey has used the latest technological methods and equipment in the field of integrated magnesium production and the employees are inexperienced and do not have sufficient experience in the field of established machines and production processes and occupational safety risks. Most of the workers working on the magnesium production line were supplied from local people in nearby villages and districts, and some of the workers did not have any industrial experience. Every new machine, equipment, chemicals, tools and equipment entering the production process poses a threat to human health and Occupational Safety. In this study, in contrast to other metal production processes, potential hazards that pose a primary risk and may result in death or serious injury were identified and solutions were presented. In addition, 14 different risks were identified with the Fine Kinney risk method and the necessary precautions were determined.

**Keywords:** Magnesium, Metal, Risk, Occupational safety, Fine Kinney method.

## Giriş

Risk değerlendirmesi günümüz teknolojisinin getirdiği yeniliklerle mücadele aşamasında yüksek öneme sahiptir. Magnezyum metal madenciliği, üretim proseslerindeki yenilikler yüksek risk faktörlerini sürekli göz önünde bulundurması gereken bir sektördür. Özellikle ülkemizin magnezyum metal madenciliği konusunda bilgi ve tecrübelerinin yeni olduğunu, Avrupa'nın ise bu konuda yeterince bilgi ve tecrübeye sahip olmadığını unutmamalıyız.

Dünya'da magnezyum metal üretiminin ağırlıklı olarak %85'i Çin tarafından gerçekleştirilmektedir Avrupa'da ise Türkiye dışında herhangi bir ülkede hammaddeden entegre olarak magnezyum metal üretimi yapılmamaktadır. 2011 yılında Avrupa magnezyum metalini kritik hammaddeler grubu listeni almıştır (MME, 2020).

Bu nedenle 2016 yılında Türkiye'de ilk olarak entegre magnezyum üretiminin başlaması ayrıca stratejik bir önem de taşımaktadır. Tesiste anlık magnezyum üretimi %99,80-99,95 saflıkta ve her bir külçe magnezyum 8-12 kg ağırlığındadır (MME, 2020).

Türkiye'deki magnezyum tesisi Çin'de yaygın olarak kullanılan Pidgeon Prosesi (silikotermik indirgenme) ile üretim yöntemini tercih etmektedir. Türkiye'de

kullanılan proseste hem yerleşim hem makine ve ekipman hem de proses aşamalarında birçok yenilik ve iyileştirmeler yapılmıştır (Kar, 2020). Yapılan yenilikler magnezyum tesisine yabancı olan Türk çalışanlar için yeni birtakım riskleri de beraberinde getirmiştir.

Magnezyum tesisini ilk devreye alma sürecinde Çin ve Türk işçiler birlikte çalışmış olup iş güvenliği ile ilgili Çinli işçilerin tecrübelerinden yararlanılmak istenmiştir. Fakat Çinli işçilerin iş güvenliği kültürünü iş hayatlarına yansıtamadıkları ve bu disiplini çalışma hayatlarına yeterince uygulamadıklarından Türk işçilerin magnezyum üretim prosesleri konusunda iş güvenliği kuralları ve kültürü hakkında istenilen seviyede bilgi sahibi olunamamıştır.

## **Magnezyum Metali Üretim Prosesi**

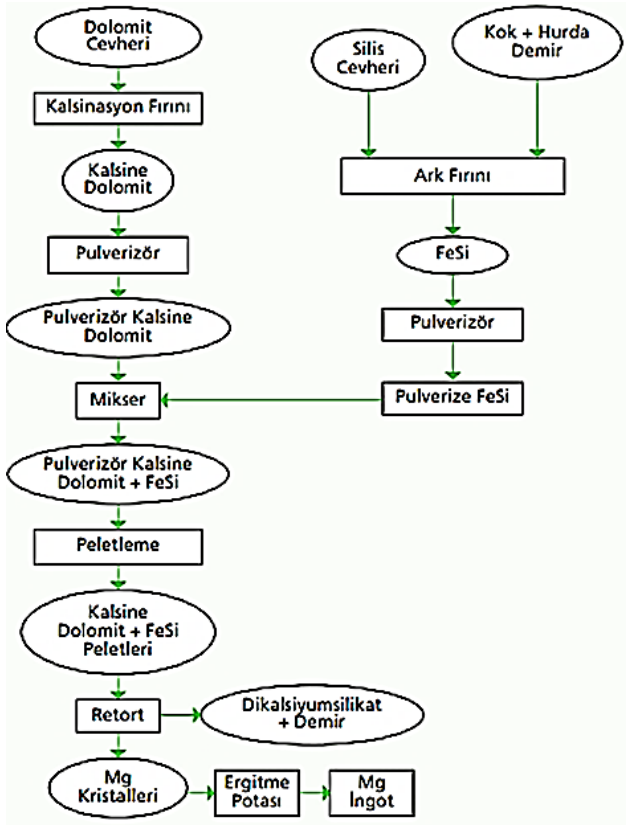
Türkiye’de ve Avrupa’da ilk olarak birincil magnezyum tesisi kurulmuş ve 2016 yılında üretime başlanmıştır. Magnezyum üretim kapasitesi 15000 ton/yıldır (Metal dünyası, 2019). Magnezyum pazarı 4 ana başlıkta toplanmaktadır. Bunlar parça döküm, Al alaşımları, titanyum alaşımları ve demir desülfürizasyonudur. Burada dikkat çekmesi gereken nokta magnezyum parça dökümlerin endüstrilerde kullanılma oranı arttıkça Al alaşımlarındaki magnezyum kullanımı azalacaktır. Amerika dünya üretiminin %7’sine yakınıni gerçekleştirmesine rağmen toplam tüketim %23 civarındadır. Unutulmamalıdır ki magnezyum tüketimi sadece Amerika’dan ibaret olmayıp ve Kanada ile Meksika’ da da hatırı sayılır bir tüketim bulunmaktadır. Kuzey Amerika tüketimi 235 bin tondur. Brezilya ise üretimi kadar tüketimi de olan bir ülkedir. Avrupa’da hiç üretim olmamakla birlikte dünya tüketiminin %18’ini gerçekleştirmektedir. Bu da toplam 190 bin ton tüketim demektir. Çin üretiminin %84’ünü gerçekleştirmesine rağmen, tüketimin %33’ünü gerçekleştirmektedir. Kaldı ki bu da tüketiminin 345 bin ton olduğunu göstermektedir. Rusya ve Kazakistan toplam dünya üretiminin %5’ini gerçekleştirmektedir ve Rusya ve Japonya tüketimi %12’ye tekabül etmektedir (Öztürk ve Kaçar, 2012).

Dolomit madeni kırma eleme işleminden sonra 20-40 mm, 0-10 mm ve 15-25 mm boyutlarına getirilmektedir. Tane boyutu küçültülen malzeme ön ısıtıcı silosuna beslenerek yaklaşık 850 °C sıcaklıkta ön kalsinasyon işlemine tabi tutulmakta ve ısınan malzeme buradan döner fırına beslenmektedir. Yaklaşık 60 m boyunda 3 m çapında olan döner fırına beslenen malzeme döner fırın içerisinde hareket ederek yaklaşık 1350-1400 °C sıcaklıkta kalsine olmaktadır. Kalsine işlemi tamamlanan malzeme belirli oranlarda ferrosilis ve fluorit ile dozajlanarak bilyalı değirmende birlikte öğütülmektedir. Değirmen çıkışında malzeme tane boyutu 100 mikronun altına düşmektedir. Mikron boyutundaki değirmen çıkış malzemesi döner valslerde preslenerek pelet tanelerini oluşturmaktadır. Üretilen peletler 0,06-0,13 milibar arasında yaklaşık 1150 °C sıcaklıkta çelik retortlara beslenilmektedir. Yüksek sıcaklıkta peletlerin reaksiyona girmesi sağlanmaktadır. Retortun baş kısmında soğutma ceketleri mevcuttur. Magnezyum buharı retort ceketlerine bağlı olan vakumlar

tarafından soğutulularak kendilerine doğru çekmekte ve soğutma ceketleri içerisinde bulunan kovanlara taç magnezyum denilen kristal taneler halinde bir araya gelmektedir. Üretilen taç magnezyumlar rafınasyon ünitesinde potalarda eritilerek saf magnezyum külçeler olarak üretilmektedir (Şekil1) (Bayrak, 2019).

Türkiye’de kurulan Magnezyum üretim tesisinin yeni tasarım aşamasında dünyadaki en iyi örnekler incelenmiş, farklı teknoloji ve yöntemlerin en güçlü yönleri birleştirilerek hibrit bir teknoloji yaratılmıştır. İş sağlığı ve güvenliğinin üst düzeyde var olabilmesi için dünyadaki örneklerinden farklı olarak mekanizasyon yatırımları yapılmış ve çok daha güvenli bir çalışma ortamını sağlanması amaçlanmıştır. Buna karşın ülkemizde magnezyum üretimin yeni olması ve Avrupa’da bir ilk oluşu teknolojik yenilikler ve bu konudaki tecrübesizlikler iş güvenliği risklerini de beraberinde getirmiştir. Bu konuda yüzlerce iş güvenliği riskleri mevcuttur ve gerekli önlemler alınmış ve alınmaya devam etmektedir. Bu çalışmada birincil derecede ölümle sonuçlanabilecek riskler Fine Kinney risk metodu ile incelenmiş ve çözüm önerileri sunulmuştur.

**Şekil 1.** Magnezyum metali üretim prosesi akış şeması (Bayrak, 2019).



## Metot

Risk analizi, çalışanlar, makine ve ekipmanların aralarındaki etkileşimin bir sistem tarafından modellenmesidir. Risk analizi modelleri makine ve ekipmanların ne sıklıkla arıza yapabileceği, meydana gelebilecek kazalar hakkında sistematik olarak bir fikir ortaya koyabilmektedir. Risk analizi için birçok model ve yaklaşım vardır. Bu nedenle her üretim yöntemine bağlı koşul ve durum için birçok uygun teknik mevcuttur ve seçime bırakılmıştır (Alli, 2008).

Nitel teknikler hem analitik hem de tahmini süreçlere dayanmaktadır. Kantitatif teknikler için risk değerlendirmesi iş sırasında kayda geçen kaza verileri marifetiyle, matematiksel bir bağıntı ile tahmin edilebilecek bir yöntem olarak değerlendirilebilmektedir. Hibrit tekniklerde mevcuttur fakat sunmuş oldukları karmaşıklıklar nedeniyle pek tercih edilmemektedirler (Goetsch, 2010).

Risk olası bir kazanın potansiyel olarak gerçekleşebilecek sonuçlarına maruz kalma faktörü ve olasılık faktörü dikkate alınarak hesaplanır (Niu, 2010).

Risk değerlendirmesi çalışmalarında dikkate alınması gereken en önemli konular, geçmiş yıllarda yaşanmış olan iş kazalarının sebep ve sonuçları, meydana gelen meslek hastalıklarının nedenleri, iş kazalarının yıllara göre dağılımı ve sıklığı kullanılabilir en önemli verilerdir. Geçmiş yıllarda yaşanan kazaların ve meslek hastalıklarının detaylı incelenmesi sonucunda alınacak önlemler günümüzde yaşanması olası kazaların önüne geçecektir. Bu çalışmada risklerin derecelendirilmesi ve öncelikli olarak alınması gereken önlemlerin sıralanması ve işletme önceliklerinin sistemli bir sıra ile ele alınması nedeniyle Fine Kinney risk değerlendirme yöntemi seçilmiştir (Kim vd., 2016).

Fine-Kinney metodu risklerin derecelendirilmesi sonuçlarına göre hangi işlere öncelik verilmesi ve kaynakların öncelikli olarak nereye aktarılması gerektiğini gösteren bir yöntemdir. Risklerin ağırlık oranlarını hesaplayarak derecelendirme yapılır ve önlemlerin alınıp alınmamasına karar verilir. Yöntem işyerinin istatistiklerini kullanma imkânı sağlaması doğrultusunda daha gerçekçi sonuçlar vermektedir. Fine Kinney Metodu diğer risk değerlendirmesi yöntemlerinden farkı 3 Boyutlu risk değerlendirme metodudur. Diğer metotlar ise matris gibi genel olarak kullanılan risk değerlendirme metotları 2 boyutlu olup genel anlamda proses güvenliği için uygundur. Çalışma ortamında karşılaşılabilecek meslek hastalıkları ve iş kazalarına yönelik bir çalışmadır tam olarak engellemez. Fine Kinney Metodunda ise olasılık \* frekans \* şiddet yani 3 boyutlu olduğu için çalışma ortamındaki iş kazaları ve meslek hastalıkları tam anlamıyla engellemek amacıyla kullanılabilir bir risk değerlendirme yöntemidir (Kuai vd., 2010).

$$\begin{aligned} \text{Olasılık} &= \dot{I} & \text{Şiddet} &= D & \text{Frekans (Maruziyet)} &= F \\ \text{Risk Değeri} &= \dot{I} \times F \times D \text{ olarak hesaplanır.} \end{aligned}$$

Yukarıdaki bağıntı tehlikeli durumları tanımlamak ve önlem almak için ve bu önlemlerin öncelik sıralarını belirlenmesi için kullanıcılara bir sistem sunar.

Tahminler ve olasılıklar işyeri ziyaretleri esnasında bilgi toplanmasını ve çalışanların faaliyetleri hakkında tartışmayı gerektirir. İşyerindeki faaliyetlerin tam olarak nasıl gerçekleştirildiğini bilen tek kişi orada çalışan işçilerdir. Değişik iş ve meslek gruplarında farklı çalışma alanlarında uygulanan risk değerlendirme metodları farklıdır ve tercihe bırakılmıştır (Yuan vd., 2015).

- Kolay kullanım olanağı sunup, endüstride yaygın olarak tercih edilen bir metottur.
- Fine Kinney metodu matris kökenli olup, işyeri istatistiklerinin kaza araştırılmasında değerlendirilmesine olanak tanır. Fakat, çalışan merkezli bir metod değildir.
- Acil durum risk analizlerinde çevre ve doğa olayların sıklık verileri bulunabilirse kullanılabilir.
- Nicel bir metod olup ayırıcı bileşeni ise frekanstır.

Bu çalışmada magnezyum üretim tesisine ait birincil öncelikli olarak ölümcül riskler ve yeni ortaya çıkabilecek birinci derecede riskler incelenmiştir. Bazı risk etmenleri sadece magnezyum üretim tesisine özel olmayıp diğer tesisler ile benzer risk etmenleri taşımaktadır ve daha önce yapılmış birçok çalışmada benzer konular işlenmiş ve çözüm önerileri sunulmuştur. Tehlikeler ve öncelik dereceleri

Fine Kinney risk metodu doğrultusunda kararlaştırılmıştır.

## **Tehlikelerin Tanımlanması**

Döküm işlerinin standart proses aşamaları esnasında bir çok ölümcül tehlikelerle karşılaşma olasılığı mevcuttur. Ayrıca benzer faaliyetler esnasında uygulanan yöntemler ve işin doğası gereği ölümcül olmayan fakat uzuv kaybı ve sakatlıkla sonuçlanabilecek hastalık ve kazalar ile karşılaşma olasılığı da oldukça yüksektir. Metal döküm işleri, kazaların yaralanma ve ölümlerle sonuçlanma oranının da yüksek olduğu işlerden biridir (Yoon vd., 2013). Risk değerlendirmesi yapılırken gerek sağlık gerekse güvenlik ile ilgili tehlike ve yüksek riskler detaylı olarak araştırılmıştır. Şöyle ki: sıcaklık, ergimiş metal sıçraması, yüksekte çalışma, ezilme, sıkışma vb.

Bu çalışmada bulunan risk envanteri sadece birinci derecede ölümlerle sonuçlanabilecek ya da uzuv kaybına yol açabilecek eylemler ve bunlarla ilişkilendirilen risk ve tehlikeleri içermektedir. Daha önce döküm atölyelerinde yapılmış çalışmalarda yapılan işin genelinde 27 farklı türde 902 adet risk tespit edilmiştir (Hastürk ve Uzel, 2017). Türkiye’de metal dökümü yapılan 9 fabrikada yapılan çalışma sonucu risk envanteri çıkarılmış ve demir çelik sektöründe risk değerlendirmesi çalışması yapılmıştır.

# Magnezyum Üretim Prosesi Tehlikeler ve Çözüm Önerileri

## Konveyör Bantlar

Konveyör bantlar özellikle maden işletmelerinde nakil amaçlı olarak çok tercih edilen taşıyıcı sistemlerdir. Bazı durumlarda taşıdıkları yüksek tonajlı malzemeler, sistemde yaşanan aksaklıklar ve arızalar nedeniyle yürüyüş yollarına dökülmektedir. Yürüyüş yollarını kullanan işçiler için zeminde taş, toprak agrega gibi malzemeler zemini oldukça kaygan hale getirerek bu yolları kullanan işçiler için ağır yaralanma ve ölümcül kazalara sebep olabilmektedir. Magnezyum metal işletmeleri de dolomit madeninin taşıma işlemleri için lastik bant konveyörler kullanılmaktadır. Yapılacak en doğru adımlar taşıyıcı bandın maksimum yük kapasitesinden fazla malzeme taşınmaması ve uygun hız ve devirde nakliye işlemlerinin gerçekleştirilmesinin sağlanmasıdır. Ayrıca yürüyüş yolları temizlenerek sağlıklı geçişlere müsait hale getirilmelidir. Herhangi bir arızı anında otomasyon sistemi devreye girerek bant serisini bir önceki besleme sisteminden başlamak üzere sistematik olarak öncelik sırasına göre durdurmalı ve insan faktörünün lokal olarak müdahalesi ortadan kaldırılmalıdır.

**Şekil 2.** Kovalı bantlar fazla besleme sonucu taşma



## Hareketli Parçalara Takılma

İşçiler arasında gerçekleşme olasılığı en yüksek kazalardan bir tanesi de hareketli parçalara iş önlüğü, yüzük, saat ve küpe gibi hatta insan saçının hareketli aksamlara sıkışması sonucu yaşanan ölümcül iş kazalarıdır. Makinelerin tehlikeli kısımları genellikle döner hareketli elemanlar (dönme hareketleri), gidip-gelme veya kayma

hareketli elemanlar (karşılıklı ve uzunlamasına hareketler), dönel/kayma – sürme hareketli elemanlar (kesme, ezme bükme hareketleri), salınım hareketli elemanlar (makaslama işlemleri) marifetiyle meydana gelmektedir. Makinenin dönen kısımları, sağa ve sola, ileri ve geri giden bölümleri, hareketi veya malzemeyi nakleden aparatları çalışmaları sırasında insana zarar verme potansiyeli taşımaktadır.

**Şekil 3.** Sürekli hareket halinde olan tamburlar



Bir dikkatsizlik anında ya da istem dışı bir Şekilde bu parçaların çalıştığı sırada temas edilmesi çoğunluğu uzuv kaybı bir kısmı ise ölüm ile sonuçlanan iş kazalarını doğurmaktadır. Makinelerin hareketli kısımlarının makine koruyucuları kullanılarak koruma altına alınması başta makine operatörleri olmak üzere tüm çalışanlara güvenli bir ortam yaratacaktır. Koruyucu tasarımında temel bakış açısı bir taraftan makineyi çalıştıran operatörün hareketlerini engellemek iken diğer taraftan da makinenin üretim kapasitesini düşürmek olmalıdır.

**Şekil 4.** Döner fırın gale yatakları döner aksamları





Koruyucu tasarımında yukarıda açıklanan bakış açısı ele alındığında uyulması gereken bazı noktalar aşağıdaki gibi olabilmektedir:

- Tasarlanan koruyucu, işlem noktasına (tehlikeli noktalara) makine ile çalışan veya diğer bir kişinin ulaşmasını engellemelidir.
- Koruyucu ekipman, makineden çıkartıldığı zaman makine çalışmamalıdır.
- Uzun ömürlü dayanıklı malzemeden yapılmalı ve sağlam olmalıdır.
- Çalışanlar koruyucuları kolayca çıkaramamalıdır. Ancak bakım, onarım tarzı işler yapılacağı zaman kolayca açılabilmelidir. Makineden herhangi bir parça fırlamasını önlemelidir.
- Mevcut tehlike kaynağını kontrol altına almaya çalışırken kendisi yeni bir tehlike kaynağı olmamalıdır.
- Çalışanı geciktirmemeli, işini zorlaştırmamalı ve işin yapılmasını engellememelidir. Mümkünse makinenin bakımının yapılacağı zamanlarda koruyucunun çıkmamasına özen gösterilerek tasarım yapılmalıdır. Ekstra bakım gerektirmemelidir (Kısa, 2014).

Kullanılacak olan makine koruyucusunun 3840 sayılı Türk Standardı olan “Makinalarda İş Kazalarına Karşı Genel Güvenlik Kurallarına uygun olması şartı gerekmektedir. Bu standart, iş kazalarına karşı makine koruyucularının proje, yapım ve uygulamaları sırasındaki kriterleri ve Madde 1.3'de belirtilen makinaların tehlikeli kısımlarına karşı alınabilecek önlemleri kapsar. Madde 1.4 de açıklanan ve mekanik olmayan tehlikeleri kapsamamaktadır (Kısa, 2014).

Dünya genelinden Çin cumhuriyetindeki magnezyum metali üreten tesisler başta olmak üzere dolomit madeni ön ısıtıcı silolarına beslenerek şekil 5'deki resimde gör¼ldüğü gibi bir piston vasıtasıyla malzeme döner fırına beslenmektedir. Bazı durumlarda özellikle elektrik kesintilerinde pistonlar çalışmamakta olup manuel olarak pistonlara müdahale edilmektedir. Bu tür durumlarda işçilerin yapacakları dikkatsiz çalışma neticesinde çalışan işçinin piston ile silo gövdesine sıkışma ezilme ve yaralanma ve ölümcül iş kazalarına yakalanma olasılığı yüksektir.

**Şekil 5.** Magnezyum tesisi ön ısıtıcı pistonu



Tüm bu ölümcül olasılıklar için iş kazalarının önlenmesinde genel olarak alınması gereken bazı kurallar mevcuttur. Bunlar; Mekanik olarak çalışan araçlar ve makineler düzenli olarak denetlenmeli, etkin çalışma durumunda tutulmalı ve sadece eğitimi personel tarafından kullanılmalıdır.

### **Mekanik  alıŐmalarda Yüksekte DüŐme**

Endüstriyel tesislerde özellikle öğütme işlemlerinde bilyalı yatay değirmenler kullanılmaktadır. Değirmenler çok sayıda cıvata ve plaka içerdiğinden dolayı sık sık bakımlarının yapılması gerekmektedir. IŐ ilerin değirmen saptama cıvataları arasından taşıdıkları malzemeler ile birlikte yüksekte yürümeleri esnasında takılmalara ve düŐmelere neden olması sonucunda ölümcül iş kazaları meydana gelebilmektedir. Bunun önüne geçilebilmesi için değirmenin her iki ucundan sabit bir  elik ip, halat vs.  ekilerek işçilerin emniyet kemerlerinin buraya takılması sonucu iş kazaları büyük  l de  nlenmiŐ olunacaktır. Magnezyum tesisleri ham maddelerin öğütülmesi amacıyla 20-30 ton arasında deđiŐebilen çift kamaralı bilyeli değirmenler kullanılmaktadırlar. Gerek değirmen bakımları gerekse bilye Őarj işlemleri süresince değirmenlerde yüksek riskli faaliyetlerde bulunabilmektedirler.

**Şekil 6.** Kalsine dolomit ođut¼c¼ bilyeli değirmen



Değirmen i¼erisinden plaka ve levhaların kaynatılması ve benzer kaynak ¼alıřmaları esnasında değirmen kompartımanları yeterince lokal ya da cebri olarak havalandırılmalıdır. Aksi taktirde zehirli gaz solunması ve yetersiz oksijen solunması nedeniyle boğulma sonucu ol¼m¼c¼ iş kazalarına neden olunabilmektedir.

Mağnezyum tesisleri ön ısıtma işlemi yapabilmek i¼in yaklaşık 50-60 m y¼ksekliđinde ön ısıtıcı kulelerini kullanmaktadırlar. Ön ısıtıcı kulelerinde taşıyıcı bant konveyörler ile gelen malzemelerin d¼k¼lmesi esnasında temizlik i¼in y¼ksek kuleye ¼ıkan iŐ¼ilerin kaygan malzemenin ¼zerine basarak kule merdivenlerinden ya da korkuluklara ¼arpma veya a¼ıklıklardan d¼Őme tehlikesiyle karşı karŐıya kalabilmektedirler.

**Şekil 7.** Ön ısıtıcı kulesi



## İndüksiyon ve Ergitme Ocakları

Metaller ocaklar içerisinde genel olarak çok yüksek sıcaklıklarda eritilirler. Çok yüksek sıcaklıklarda eriyik halde olan metal kalıplara dök¼lmesi esnasında, çok yüksek ölümc¼l riskler meydana gelir. Kazanlardan 100'lerce derece sıcaklıkta dök¼len eriyik metal, yakınlarda bulunan işçilerin üstüne sıçrayarak, dök¼lerek veya yanarak çok ciddi bölgesel yanıklara hatta ölümlere neden olabilir.

Şekil 8. Magnezyum eriyik metal dök¼m işleri



Şekil 9. Kullanılmış eski retort geri kazanma işleri



Dök¼mhanelerde sıkça rastlanan olaylardan biri de patlama sonucu meydana gelen iş kazalarıdır. Patlamalar, kimyasal patlamalar ve buhar patlamaları olarak ikiye ayrılırlar. Buhar patlamaları, eriyik metal ile nemli yüzeyin buluşması ile gerçekleşir. Kimyasal patlamalar ise eriyik metal ile reaktif kimyasal maddelerin buluşması ile gerçekleşir. Eriyik metal ile temas eden her reaktif kimyasal madde patlamaya sebep olmayacağı gibi, yükleme gerecindeki bir atığın oluşturacağı basınçtan kaynaklanan bir kimyasal patlama ortaya çıkabilir.

**Şekil 10.** Magnezyum eriği ile nemli yüzeyin buluşması



En önemli tehlike kaynakları şu şekildedir,

- Ergitme potalarına çalışanların düşmesi
- Ergitme işlemi esnasında ergimiş metal sıçramaları
- Tüm ergitme ocaklarının bakımlarının periyodik olarak yapılmaması
- Ocak üzerinde sıvı malzemelerin stoklanması
- Elek altı magnezyum atıklarının stoklanması
- Ergimiş sıvı metal içerisine soğuk el aletlerinin temas etmesi
- Soğutma sistemi kaçakları sonucu patlama
- Potanın korozyona uğraması ve delinmesi
- Potayı taşıyan vinç halatın kopması
- Ocak kapaklarına hidrolik sistem takılması
- Havalandırma fanlarının bakımsız olması
- Bakım amacıyla yerinden çıkan ocakların devrilmesi

Yapılan daha önceki bilimsel çalışmalarda metal sektöründe çalışan döküm işçilerinin erimiş metal yanıkları sonucu iş kazası yaşadıkları görülmüştür. Metal sektörü konusunda bilinçli ve tecrübeli ülkelerde yanık sonucu oluşan iş kazalarını azaltma ve hasarları önleme konusunda yeni programlar geliştirilmiştir. Yapılan çalışmalar neticesinde işçilerin yanıklar konusunda bilgilendirilmesi ve koruyucu bakım ve önlemlerin artırılması neticesinde erimiş metal yanıklarında ciddi azalmalar görülmüştür (Aytekin ve Toğral, 2014).

Yapılan çalışmalar sonucunda yanık sonucu meydana gelen iş kazalarına maruz kalan işçiler incelendiğinde üzerlerindeki iş önlüklerinin ve taktıkları iş eldivenlerinin çalışmış oldukları metal döküm sanayisine uygun olmadığı ve hatta olası yanık sonucu oluşabilecek iş kazalarına davetiye çıkarabilecekleri görülmüştür. Döküm işçilerine yanmaz pantolon ve yanmaz ceket verilmekte olup yine yanmaz iş eldiveni verilerek gerek iş güvenliği uzmanı gerekse iş yeri hekimi tarafından

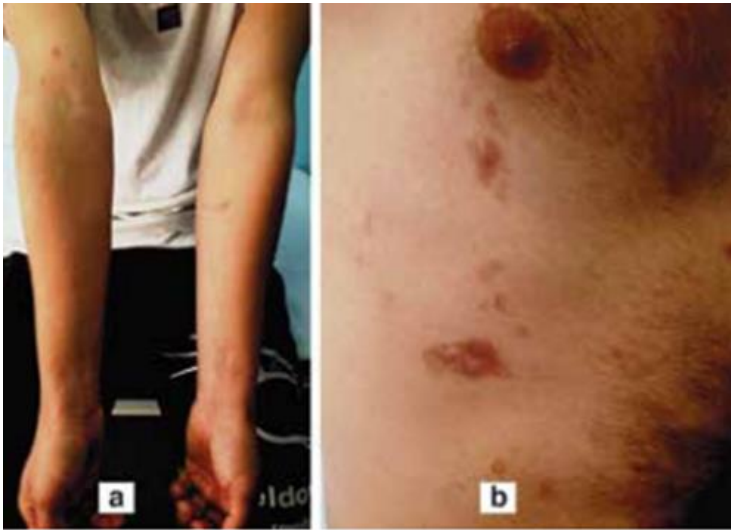
düzenli olarak denetim ve kontroller yapılmalıdır. Ayrıca yine yanık konusunda düzenli olarak bilgilendirmeler ve muayeneler yapılmalıdır.

Türkiye’de magnezyum metali üretim hattında yanma sonucu herhangi bir uzuv kaybı ya da ölümcül bir iş kazası yaşanmamıştır. Bunun en büyük nedeni gerek iş güvenliği uzmanı gerek iş yeri hekimi tarafından ayrıca elektronik ortamda düzenli olarak işçilerin yanıklar konusunda bilgilendirilmeleridir.

Türkiye’de metal sektöründe oluşan yanıkların büyük çoğunluğu alüminyum sektöründe görülmektedir. Döküm sektöründe meydana gelen iş kazaları dökümhane işçilerinde döküm esnasında erimiş metalin sıçraması, sıcak döküm malzemelerine yada yüksek derecede yanan fırın alevine deri yoluyla temas etmesi sonucu farklı derecelerde yanıklar oluşabilmektedir (Şekil 11 ve Şekil 12). İşçiler arasında en fazlası rastlanılan yanıklar ise erimiş metalin sıçraması yoluyla ayaklarda ve diz altlarında yanıkların meydana gelmesidir. Yapılan bilimsel çalışmalarda %37-45 arasında işçilerin vücutlarında yanıklar görülmüştür. Yanık sonucu hastaneye başvuran işçilerde kollarındaki yanıklara ek olarak karın bölgesinde de parça yanıklar olduğu görülmüştür. Birçok işçide uygunsuz iş güvenliği ayakkabısı giyildiğinden parmaklar arası yanıkların olduğu görülmüştür (Aytekin ve Toğral, 2014).

Birçok ülkede özellikle ciddi yanık yaralanmalarının olduğu bölgelerde yanık hasarlarını önleme problemleri ve termal yanıklarda acil müdahalenin yapılacağı bölgesel yanık merkezleri oluşturulmaktadır. Bunun uygulayan ülkelerde son on yılda yanma sonucu oluşan iş kazalarında anlamlı bir azalma saptandığı görülmüştür.

**Şekil 11.** kollardaki (a) ve gövde ön yüzündeki (b) yanık izleri (Aytekin ve Toğral, 2014).



**Şekil 12.** Eldiven bitiminden dirseğe uzanan kimyasal yanık izi (Aytekin ve Toğral, 2014).



## Havalandırma

Dökümhanelerde yapılan kaynak işleri işçilerin metal dumanına maruz kalmalarına neden olur ki bu metal dumanlar da toksik (zehirli) olabilirler ve metal ateşi hastalığına neden olabilirler. Demir döküm materyallere kaynak yapılırken nikel çubuk kullanılır ve bu da nikel içerikli dumanlara neden olur. Plazma alev makinası da oldukça fazla miktarda metal duman, ozon, azot oksit ve UV (ultraviyole, morötesi ışınım) radyasyonu oluşturur ve çok ses çıkartır Ağır metal, anlık gaz ve toz ölçümleri periyodik olarak yapılmalıdır (Christman, 2008).

Magnezyum proses çalışmaları esnasında zehirli gazlardan korunmak için;

- Silis tozu, kömür tozu, metal parçacıkları ve diğer havadan taşınan kirleticilerin konsantrasyonları periyodik ölçümler ile kontrol edilmelidir.

- Kum kuru olduğundan karıştırma ve harmanlama aşamasında yerel havalandırma sağlanmalıdır. Bu ayrıca kalıp bozma işlemi için de geçerlidir.

- Dökümhanedeki mekanik havalandırma kirliliğın tüm noktalarındaki tozu temizlemek için yeterli değilse, solunum maskeleri gibi kişisel koruyucu donanımlar kullanılmalıdır.

- Aşındırıcı püskürtme ve temizlik işlemleri özel dikkat gerektirir. Silis bazlı cila pastaları metal temizleme işlemlerinde kullanılmamalıdır.

- Potansiyel olarak maruz kalan bütün çalışanlara karbon monoksit zehirlenmesinin tehlikeleri, tanınması ve tedavi edilmesi konularında talimatlar verilmelidir.



- Kan örneğiyle veya verilen hava örnekleriyle karbon monoksitin biyolojik takibi faydalı bir teknik olabilir. Örnekler bir çalışma vardiyasının bitiminde alınmalıdır.

- Maça yapma veya döküm işlemleri sırasında üretilen potansiyel tahriş edici buharlar veya dumanlar havalandırma ile salınım noktasında toplanmalı ve atılmalıdır.

- Kalıpların dökümleri sırasında oluşan yanma ürünlerine özellikle dikkat edilmelidir.

- Tehlikeli dumanların, gazların veya buharların oluşumunu en aza indirmek için daha az tehlikeli maddeler ile değiştirmek veya olmazsa işlemin değiştirilmesi göz önünde tutulmalıdır.

- Ağır metal, anlık gaz ve toz ölçümleri periyodik olarak yapılmalıdır (Şentürk, 2016).

**Şekil 13.** Yanma sonucu oluşan zehirli gazlar



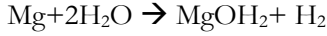
## Magnezyum Metal Yangınları

Son yıllarda magnezyum metalinin sebep olabileceği yangınlar ve çözüm önerileri için çareler aranmaktadır. Özellikle yangın ile uğraşan itfaiyeciler başta olmak üzere yangınla mücadele veren tüm yetkililer metal yangınlarına aşina olmalarına karşın hala magnezyum metal yangınlarına hakim olabilmek ve çözümler geliştirmek için çaba harcamaktadırlar. Bunun en büyük sebebi ise magnezyum yangınlarının CO<sub>2</sub> köpüğü ile malesef söndürülememesidir. Yangına maruz kaldığında, ince tabaka magnezyum birkaç saniye içinde tutuşabilmektedir. Dökümler ise 3 ila 5 dakika veya daha fazla sürede tutuşabilmektedir. Yine özel alaşıma bağlı olarak metal, ateşleme sıcaklığının hemen üstünde veya hemen altında eriyebilmektedir. Ateşleme kontrol noktasından, erime ve yanma ile ateşe erimiş damlaların yere düşerek



birleşimi, özellikle yanıcı maddelerin bulunduğu yangın söndürme problemlerini ciddi biçimde karmaşıklaştırabilmektedir (Fond, 2010).

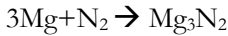
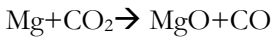
Magnezyum ve magnezyum alaşımli yangınlar; magnezyumun yüksek seviyedeki reaktivitesi normal söndürme maddelerinin kullanımını engellemesi sebebiyle ciddi söndürme problemleri göstermektedir. Magnezyum oksijen ile çok yüksek reaksiyon kapasitesine ulaşabilmekte ve oksijeni, oksijen içeren bileşiklerden ayırmaktadır. Magnezyum su ile tepkimeye girdiğinde, hidrojen ve magnezyum hidroksit meydana getirmekte, magnezyumun yanma süreci hızlanırken hidrojen ayrılarak yangın için ilave yakıt sağlamakta ve hidrojen patlamaları oluşmaktadır. Bu reaksiyon,



**Şekil 14.** Magnezyum tozlarının tutuşması sonucu meydana gelen yangın (Çerkezköy).



Köpükler %90'dan fazla su içerdikleri için, yanan magnezyumun söndürülmesinde etkili değildir. Kapalı bir alanda, mevcut oksijen magnezyum nitrit meydana getirmek amacıyla azot ile birleştirilerek kullanıldığı için, magnezyum havayı yakmaya devam eder. Karbon dioksit de magnezyumla reaksiyona girerek magnezyum oksit ve karbon monoksit üretir. Bu reaksiyonlar şu şekilde tanımlanmıştır (Kılıç, 2018):



Elde taşınabilir söndürücüler ve az miktarda uygulanan söndürücü su bir magnezyum yangınına şiddetle hızlandıracaktır.

İyi yanan bir magnezyum yangını CO<sub>2</sub> yangın söndürücüye tepki vermeyecektir, çünkü O<sub>2</sub>'yi CO<sub>2</sub>'den dışarı çekecektir. O<sub>2</sub>'yi H<sub>2</sub>O'dan (sudan) çekecektir. Magnezyum ateşini yavaşlatmak için bilinen en basit yol üzerine kum dökmektir. Bu nedenle çoğu magnezyum işletmesinde önlem amaçlı kum kovaları bulundurulmalıdır. Diğer bir yöntem magnezyumun kendi kendine yanmasına izin vermektir. Genellikle bir strip formundadır (Mg strip kullandığı varsayarsak). Yakıt yokken, etrafta başka “yanabilir” malzemeler yoksa yangın kendi kendine sönecektir.

Magnezyum yangınlarını engellemek için,

- İşçiler, olası nem kaynaklarını bilmelidir. Bu konuda hazırlanmış çalışma talimatları dikkatlice takip edilmelidir.
- Malzemeler nemden uzak, kuru bir yerde saklanmalıdır. Malzemeler ocak ve fırınlarda kullanılmadan önce kurutularak nem uzaklaştırılmalıdır.
- Kullanılacak malzemelerin pas durumu kontrol edilmeli ve pastan uzaklaştırılmış olmasına dikkat edilmelidir.
- Erimiş metale ilave edilecek malzemelerin temiz ve kuru olmasına dikkat edilmelidir. Bütan içeren sigara çakmakları, erimiş metal alanlarında bulundurulmamalıdır.
- Depo alanları içerisinde malzemeler temiz bir şekilde istiflenmelidir ve beklenmedik bir kazaya karşı metal deposu dışarda yer almalıdır.
- Boyaların, solventlerin ve diğer solunabilir ve uçucu malzemelerin çapraz karışmasına karşı önlemler alınmalıdır.

## **Magnezyum Üretim İşletmesi Risk Değerlendirmesi**

Magnezyum üretim tesisinde en yüksek risklerin sıcak temas sonucu ortaya çıktığı görülmektedir. Türkiye’de ilk ve Avrupa’da tek üretim tesisi olan magnezyum üretim tesisinde şu ana kadar ölümcül bir iş kazası yaşanmamıştır. Yaşanılan kazalar sıcak temas sonucu ya da magnezyum eriyik haldeki sıçraması veya yüksek sıcaklıkta çalışıldığından dolayı termal konfor sıcak soğuk dengesinin sağlanamaması sonucu yaşanmaktadır. Türkiye’deki magnezyum tesisinde iş kazalarının en asgari seviyede görülmesinin sebebi çalışanların sürekli bilgilendirilmesi, yurtiçinde bu işi yapan bir kuruluş olmadığı için yurtdışından magnezyum üretimi yapan kurumların iş güvenliği konusunda destek ve tecrübelerini kazanmaları görülmektedir. Ayrıca yine sektörde iş güvenliği ile ilgili ödül sistemi geliştirilmiş olup iş kazası gün sayısı arttıkça işçilerin iş güvenliği sistemine aitik duyguları da artmakta ve iş güvenliği kültürü çalışanlar arasında yayılmaktadır. Tesiste bir ilk olması sebebiyle diğer metal döküm sektörlerinden farklı olarak yaşanabilecek birincil dereceli ölümcül iş kazaları olasılıkları Fine Kinney risk metodu ile hesaplanmış olup tablo 1’de gösterilmiştir.

**Tablo 1.** Risk değerlendirme tablosu

Tespit yapılan alan		Tehlike (işyerinde var olan ya da dışardan gelebilecek, çalışanı veya işyerini etkileyebilecek zarar veya hasar verme potansiyeli)			Risk (tehlikeden kaynaklanacak kayıp, yaralanma ya da başka zararlı sonuç meydana gelme ihtimali)				
RISK NO	FAALİYET	TEHLİKE KAYNAĞI	TEHLİKENİN ETKİSİ (ZARAR)	OLASILIK	FREKANS	SİDDET	RISK (R)	RISK TÜRÜ	ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER
1	Tac mg eğitime	Eğitime potalarına çalışanın düşmesi	Ölümlü iş kazası	3	6	40	720	En kısa sürede giderilecek risk	Tüm eğitime potaları platform üzerinde zemine sıfır konumlandırılmıştır. Potalar üzerine düşmeyi önleyici kapaklar yapılmalıdır.
2	Tac mg eğitime	Taç mg besleme işi esnasında ergimiş mg sıçraması	Yanık- uzuv kaybı	6	6	15	540	En kısa sürede giderilecek risk	Besleme işi yapan çalışana KKD olarak yüz siperliği kullanılmamalıdır. Besleme okulları yapılarak çalışanın tehlikeli bölgeye yaklaşması önlenmelidir.
3	Tac mg eğitime	Platform üzerinde çalışan personelin zehirli gazı maruz kalması	Meslek hastalıkları	10	10	7	700	En kısa sürede giderilecek risk	Çalışanlar oksijen destekli tam yüz maskesi kullanılmalıdır. Ortamdan çıkan gazın tahliye edilmesi ortamdan uzaklaştırılmasını sağlayan havalandırma tertibatı kurulmalıdır.
4	Retort Üretim	Sıcaklığa ve sıvı metale dayanıklı KKD kullanılmaması	Kalıcı Hasar/Yaralanma- İş Kaybı	3	10	15	450	En kısa sürede giderilecek risk	Önlem alması için İşverene durum en kısa sürede bildirilir
5	Retort Üretim	Yüksek istif sonucu devrilme riski	Kalıcı Hasar/Yaralanma- İş Kaybı	3	10	15	450	En kısa sürede giderilecek risk	Önlem alması için İşverene durum en kısa sürede bildirilir

Tablo 1 devamı. Risk değerlendirme tablosu

Tespit yapılan alan		Tehlike (işyerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek, çalışanı veya işyerini etkileyebilecek zarar veya hasar verme potansiyeli)			Risk (tehlikeden kaynaklanacak kayıp, yaralanma ya da başka zararlı sonuç meydana gelme ihtimali)				
RİSK NO	FAALİYET	TEHLİKE KAYNAĞI	TEHLİKENİN ETKİSİ (ZARAR)	OLASILIK	FREKANS	SİDDET	RİSK (R)	RİSK TÜRÜ	ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER
6	Hammadde Hazırlama	Dolomit, kalsiyum florit ve ferrosilis bileşim tozlarına maruziyet	Kalıcı Hasar/Yaralanma İş Kaybı	3	10	15	450	En kısa sürede giderilecek risk	Ferrosilis ve kalsiyum florit MSDS'leri Kullanım alanında asılmalı ve bu bölgede çalışan personel tozların maruziyeti sonuçları hakkında ayrıca eğitim alınmalıdır. En149:2001 FFP2 toz maskeleri çalışanlar tarafından kullanılmalıdır. Ortamda oluşan tozun emilip uzaklaştırılmasını sağlayan daha etkin bir havalandırma tertibatı kurulması uygundur. Üniteye yer alan tozların kimyasal analizi Ek-1 de görülmektedir.
7	Hammadde Hazırlama	Peletleme ünitesinde havada asılı tozların tane boyutunun değerlendirilmemesi	Kalıcı Hasar/Yaralanma İş Kaybı	3	10	15	450	En kısa sürede giderilecek risk	Aerodinamik çapı 0,1-5 µm olan ve maruz kaldığında alveollere kadar ulaşan tozlardır. Ünite genelinde proses edilen yarı mamülün toz boyut analizi EK-2 de görülmektedir. Ek-2 den anlaşılın tane boyutu 5 µm altında olan toz miktarı %40 tr. 27.10.2017 tarihli ortam ölçüm raporu tablo 4.2'de görülen toz ölçüm sonuçları hiçbir bölümde 5mg/m <sup>3</sup> üzerinde çıkmamış olmasına rağmen çalışanların toz FFP2 toz maskesi kullanması sağlanmalıdır. Ayrıca cebri havalandırma sürekli olarak yapılmaya devam etmelidir.

Tablo 1 devamı. Risk değerlendirme tablosu

Tespit yapılan alan		Tehlike (işyerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek, çalışanı veya işyerini etkileyebilecek zarar veya hasar verme potansiyeli)			Risk (tehlikeden kaynaklanacak kayıp, yaralanma ya da başka zararlı sonuç meydana gelme ihtimali)				
RİSKNO	FAALİYET	TEHLİKE KAYNAĞI	TEHLİKENİN ETKİSİ (ZARAR)	OLASILIK	FREKANS	SİDDET	RİSK (R)	RİSK TÜRÜ	ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER
8	Hammaddde Hazırlama	Ön ısıtıcı besleme konveyör bant yanında yer alan merdivenlerde bant üzerinden taşan malzemelerin bulunması	Ölümlü Kaza-Ciddi Çevresel Zarar	3	6	40	720	En kısa sürede giderilecek risk	Merdivenler sürekli temiz tutulmalıdır. Bölüm sorumluları tarafından sık kontrol yapılmalıdır.
9	Tac mg eğitime	Cell 3 ocağında metal aktarma potasının devrilmesi	Ölümlü iş kazaları	3	10	40	1200	En kısa sürede giderilecek risk	Pota kullanılarak yapılan sıvı metal aktarma işlemi esnasında çalışanlar potaya yakın durmamalı uzun el aletleri kullanılarak boşaltma işlemi yapılmalıdır. Ayrıca Bu işlem esnasında çalışanlar yanmaz alüminize elbise giymeleri tam yüz maskesi kullanmaları sağlanmalıdır. İş izin formları düzenlenmeli formlar bölüm amirleri tarafından doldurulmadan iş başlatılmamalıdır.
10	Tac mg eğitime	Potayı taşıyan vinç halatının kopması	Ölümlü iş kazaları	3	6	40	720	En kısa sürede giderilecek risk	Sıcak pota taşıyan zincir ve kancalar her kullanımdan önce kontrolden geçirilmelidir. Deforme olmuş zincir ve kancalar kullanılmamalıdır.
11	Tac mg eğitime	Ocak kapaklarına hidrolik sistem takılması	Ölümlü iş kazaları	3	6	40	720	En kısa sürede giderilecek risk	Çalışanların kapağı açmak veya kapatmak için tehlikeli alana yaklaşmaması için Ocak kapakları hidrolik sistemle uzaktan açılıp kapanabilmelidir.
12	Tac mg eğitime	Ocak platformları üzerine malzeme tasman noktalarda korkulukların deforme olması	Ölümlü iş kazaları	3	6	40	720	En kısa sürede giderilecek risk	Bu noktalarda takılıp sökülebilen 2 sıra zincir kullanılmamalıdır. Ayrıca uyarı levhaları asılmalıdır.

## Sonuçlar

Türkiye’de magnezyum metal üretimi yeni gelişen bir sektör olduğundan dolayı ilk aşamada birincil derece tehlikeli insan hayatını sonlandırabilecek riskler ve büyük endüstriyel kazalara neden olabilecek tehlikeler belirlenmiş ve bu sektörde çalışan ve çalışacaklar için bir rehber çalışma hazırlanmıştır.

Magnezyum metali üretim prosesleri aşamasında 14 farklı birincil derece risk tespit edilmiş ve risklerin azaltılması ya da bertarafı için çözüm  nerileri sunulmuştur. Magnezyum  retiminde en büyük risklerin başında sıcak magnezyum eriyiğinin sıçraması, sıcak metal ile temas, iş kıyafetlerinin yapılan işe uygun seçilmemiş olması, zehirli gazlar ve termal konfor problemleri gelmektedir.

Yaklaşık 1300  C sıcaklıktaki fırınlarla yakın temas halinde çalışan işçiler, yüksek sıcaklığa maruz kalmakta ve bu ortamda 8 saat boyunca çalışmaya devam etmektedirler. Yüksek sıcak hava ortamında kalan işçiler havalandırmanın etkisiyle termal çok yaşamakta ve sürekli olarak terlemeleri sonucunda hastalanmakta ve sonuç olarak iş gücü kaybına, çalışan verimliliğinin düşmesine sebep olmaktadır.  z m olarak işçilerin çalışma şartları 8 saatten 4 saate indirilmesi ve dönüşümlü çalışma sistemine geçilmesi sonucu riskler en aza indirilecek ve çalışan verimliliği sağlanmış olunacaktır. Ayrıca işçilerin çalışma süresince iki kez iş elbiselerini değiştirmeleri için olanak tanınmalı, dinlenme süreleri arttırılmalı ve bu sayede işçilerin rahat ve sağlıklı çalışmaları sağlanmalıdır.

Magnezyum tesisinde en fazla yanma sonucu iş kazaları meydana geldiğinden dolayı yanık hakkında sürekli bilgilendirmelerin yapılabilceği ve acil yanık müdahalesinde bulunulabileceği acil yanık ünitelerinin kurulması büyük önem taşımaktadır. Bu sayede yanık sonucu oluşabilecek iş kazaları ve yanık vakalarında azalmalar görülecektir.

Magnezyum yangınları hakkında ülkemizde yeterince bilgi ve tecrübe sahibi olunmadığından bu konuda profesyonel bir itfaiye ekibi tarafından eğitim alınarak işçiler tarafından acil müdahalede bulunabilecek magnezyum itfaiye ekibi kurulmalıdır. Ayrıca sürekli hazırda bulunan rutubeti alınmış kum stokları oluşturulmalı herhangi bir yangın esnasında magnezyumun oksijenle teması kesinlikle kesilmeli ve özellikle su başta olmak üzere sıvı temasından maksimum düzeyde kaçınılmalıdır.

## KAYNAKLAR

- Alli, B. O. (2008). "Fundamental principles of occupational health and safety Second edition". Geneva, International Labour Organization, 15,2008.
- Aytekin, A., Toğral, A. K., (2014). "Üç dökümhane işçisinde gelişen işle ilişkili deri yanıkları: Mesleki korunma yöntemlerinin önemi", *TÜRKDERM-Deri Hastalıkları ve Frengi Arşivi*, 48(Supp: 2), 80-82.
- Bayrak, Y. (2019). "Dolomitten magnezyum üretiminde proses parametrelerinin araştırılması ve termodinamik modellenmesi", *Doktora tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Christman, T. (2008). "Metals Fire Protection Handbook, Twentieth Edition" , Section 6, Chapter 9, pp. 152, National Fire Protection Association, NFPA.
- Fond, L.D., (2010). Fire Department Suggested Operating Guideline, Class D Combustible Metals, Section 4, pp.1-4,
- Goetsch, D. L., (2010). "*Occupational safety and health*", Pearson India.
- Hastürk, E., Uzel, M. (2017). "Metal döküm atölyelerinde iş sağlığı ve güvenliği koşulları", *Mesleki Bilimler Dergisi (MBD)*, 6(1 (Düzelme), 45-58.
- Kar Madencilik, URL:<https://www.karmadencilik.com.tr/>, (Erişim zamanı; Ocak, 5, 2020).
- Kılıç, A., URL:  
[http://www.yangin.org/dosyalar/metal\\_yanginlari\\_ve\\_sondurulmesi.pdf](http://www.yangin.org/dosyalar/metal_yanginlari_ve_sondurulmesi.pdf),  
(Erişim zamanı; Mart, 10, 2018).
- Kısa, Y., (2014). "Döküm atölyelerindeki iş sağlığı ve güvenliği koşullarının çok ölçütlü karar verme yöntemleriyle değerlendirilmesi", İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, Çalışma Ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı Ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Kim, Y., Park, J., and Park, M., (2016). "Creating a culture of prevention in occupational safety and health practice", *Safety and health at work*, 7(2), 89-96.
- Kuai, N.S. Li, J.M., and Chen, Z., (2010). "Study on the risk control of magnesium dust explosion based on inherent safety principle". *Fire Science and Technology*, 29(5), 369-372.
- MME, URL:[http://mme.deu.edu.tr/wp-content/uploads/2017/08/1030\\_Esan.pdf](http://mme.deu.edu.tr/wp-content/uploads/2017/08/1030_Esan.pdf),  
(Erişim zamanı; Mart, 1, 2020).
- Metal Dünyası, <https://metaldunyasi.com.tr/tr/haberler/206/turkiyenin-ilk-avrupanin-tek-birincil-magnezyum-uretim-tesisi.html>, (Erişim zamanı; Aralık, 12, 2019).
- Niu, S. (2010). "Ergonomics and occupational safety and health: An ILO perspective", *Applied ergonomics*, 41(6), 744-753.
- Öztürk, F., Kaçar, İ.(2012). "Magnezyum Alaşımları ve Kullanım Alanlarının İncelenmesi". *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 1(1), 12-20.

- Şentürk, A., (2016). “döküm sektöründe iş sağlığı ve güvenliğinin değerlendirmesi”, İŞ Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, alıŐma Ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İŞ Sağlığı Ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Yıldız, A.T., (2019). ‘imento fabrikalarında iş kazaları ve meslek hastalıklarının iş yeri g venlik kültürü ile iliŐkisi: Medcem Madencilik imento fabrikası  rneği”, *Yüksek lisans tezi*, Tarsus Üniversitesi, Lisans st  Eğitim Enstit s .
- Yoon, S.J., Seok, et al., (2013). "Effect of occupational health and safety management system on work-related accident rate and differences of occupational health and safety management system awareness between managers in South Korea's construction industry." *Safety and health at work*, 4.(4), 201-209.
- Yuan, Z., Khakzad, N., Khan, F., and Amyotte, P.,(2015). “Dust explosions: A threat to the process industries”. *Process Safety and Environmental Protection*, 98, 57-71.