

MAGNEZYUM ALAŞIMLARININ İŞLENMESİ

Faruk MERT

Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İmalat Mühendisliği Bölümü
Tel: 0-312-2023474 farukmert@gazi.edu.tr Ankara/TÜRKİYE

Özet

Magnezyum ve alaşımları düşük yoğunluk ve kolay şekillendirme özellikleriyle başta otomotiv sektörü olmak üzere birçok alanda uygulama imkânı bulmaktadır. Magnezyum alaşımlı parçalar her ne kadar birçok kalıplama yöntemi ile son şekle yakın üretilse de, çoğu zaman talaşlı imalat işlemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Magnezyum ve alaşımları talaşlı imalat işlemlerinde mükemmel işlenebilirlik kabiliyetine sahiptir. Yüksek talaş hacimleri ve düşük yüzey pürüzlülüğü magnezyum alaşımlarının başlıca işlenebilirlik karakteristikleridir. Bunun yanında uzun takım ömrü, düşük enerji tüketimi ve kısa işleme süreleri bu alaşımların talaşlı imalat ile işlenmesinde en çok göze çarpan özelliklerdir. Bilinenin aksine, magnezyumun işlenmesinde yangın riskinin oluşması çok düşük bir ihtimaldir. Bu çalışmada, magnezyum ve magnezyumun işlenmesi hakkında genel bir değerlendirme yapılmıştır. Ayrıca işleme esnasında alınacak güvenlik önlemlerine de yer verilmiştir.

Anahtar kelimeler: Magnezyum, işlenebilirlik, işleme şartları.

1. Giriş

İleri teknoloji ile çalışan şirketler, küresel pazarda başarılı bir şekilde yarışabilmek için yenilikçi malzemelerin kullanılması ve işlenmesine büyük önem vermektedirler. Gelecek yıllarda en büyük yarışın, artan çevre kirliliği nedeniyle zararlı emisyonların düşürülmesi üzerine olacağı düşünülmektedir. Bu durum dikkate alındığında, hafif metal ve alaşımlarının yapı malzemesi olarak kullanılması çevre kirliliği ve enerji sorunlarının çözülmesinde anahtar faktör olmaktadır [1]. Magnezyum alaşımları düşük yoğunluk, yüksek özgül direnç ve mükemmel işlenebilirlik özelliklerine sahip olmasına rağmen, halen rakibi alüminyum ve plastiğe göre aynı yaygın kullanıma sahip değildir. Yüksek maliyet ile şekillendirme ve işlenebilirlik konusunda teknik bilgilerin yetersiz olması bu alaşımlarının yaygın olarak kullanılmamasının nedenleri arasındadır. Ancak, magnezyumun deniz suyunda dördüncü, toprakta ise en yaygın bulunan sekizinci element olması magnezyum ve alaşımlarının gelecek yıllarda daha yaygın kullanılacağına işaret etmektedir. Her 1m³ deniz suyu yaklaşık olarak 0,13 kg magnezyum içermektedir [2]. Magnezyum, doğadan termal ve elektrokimyasal yöntemlerle elde edilmektedir.

Magnezyum alaşımları ile bilinen birçok üretim yöntemi ve yeni teknikler ile parça üretmek mümkündür. Başta döküm yöntemi olmak üzere dövme, ekstrüzyon, haddeleme ve yarı-katı metal şekillendirme yöntemleri ile magnezyum alaşımlı parçalar üretilebilmektedir [1]. Bu üretim teknolojileriyle hemen hemen nihai şekle yakın parçalar üretilebilmektedir. Ancak, bazı durumlarda talaş kaldırma işlemlerine muhakkak ihtiyaç duyulmaktadır. Magnezyum alaşımlarının talaşsız şekillendirme işlemlerinde dahi henüz kesin bir bilgi veritabanı yok iken, talaşlı imalatında da bu açıklık hemen göze çarpmaktadır. Bunun temel nedeni magnezyumun malzeme olarak endüstriyel tasarımcılar tarafından iyi tanınmaması ve şekil verme prosesleri hakkında gerekli bilginin var olmamasıdır. Ayrıca, yüksek sıcaklıklarda magnezyumun tutuşarak yanması birçok alanda uygulanmasını kısıtlamaktadır. Ancak, bilinenin aksine magnezyum ergime sıcaklığına ulaşmadan tutuşmaz [3]. Talaşlı imalat işlemlerinde, işlenen malzemeler ergime sıcaklığına ulaşmadan biçimlendirilir. Bu çalışmada, magnezyum ve magnezyumun işlenmesi hakkında genel bilgi verilmiş ve bir değerlendirme yapılmıştır. Ayrıca işleme esnasında alınacak güvenlik önlemlerine de değinilmiştir.

2. Magnezyum ve Alaşımlarının Karakteristik Özellikleri

Magnezyum sıkı düzen hekzagonal kristal yapıya sahiptir ve bu nedenle soğuk şekillendirmeye çok elverişli değildir. 225 °C'nin altındaki şekillendirme işlemlerinde sadece tek kayma düzlemine sahip olması, malzemenin kırılğan olmasına sebep olmaktadır [3].

Birçok magnezyum alaşımı çok iyi işlenebilirlik ve dökülebilme özelliğine sahiptir. Döküm, dövme ve enjeksiyon gibi yöntemler ile üretilen malzemeler, asal gaz ortamlarında kolaylıkla işlenebilir ve kaynak edilebilirler. Magnezyum alaşımlarının diğer önemli özelliği ise, ses ve titreşimi absorbe etmesi nedeniyle, makine ve ekipmanların ömrünü artırmasıdır. Saf magnezyumun dökme demire göre çok daha yüksek titreşim sönümleyici özelliği vardır [4]. Böyle mükemmel özelliklerinin yanında, magnezyum alaşımlarının uygulanmasında bazı sınırlılıklar da vardır. Magnezyumun yanmaya karşı yüksek reaktif özelliğinin yanında, düşük korozyon direnci bunlardan bazılarıdır. Ayrıca mekanik özelliklerinin göreceli olarak alüminyum alaşımlarına göre düşük kalması göz ardı edilemez.

Magnezyumun; çelik ve çinkoya nazaran %75, alüminyuma nazaran %33 daha hafif olması, çeşitli sektörlerde yapı malzemesi olarak tercih edilmesinin önde gelen nedenlerindedir. Magnezyum tercih edilen özellikleri (Çizelge 1) nedeniyle dökülebilirlik ve işlenebilirlik açısından önemli kolaylıklar sağlamaktadır.

Çizelge 1. Magnezyum ile diğer metallerin fiziksel kıyaslaması [5]

Metal Adı	Yoğunluk	Erime Noktası	Kaynama Noktası	Ergime Gizil Isısı	Isıl Genleşme Katsayısı	Akma Gerilmesi	Uzama	Sertlik
	gr/cm ³	°C	°C	kJ/kg	10 ⁻⁶	N/mm ²	%	HB
Mg	1,74	650	1110	368,640	25,5	88	5	23
Al	2,74	660	2486	398,108	23,9	98	45	30
Fe	7,86	1535	2754	272,213	11,7	265	45	67

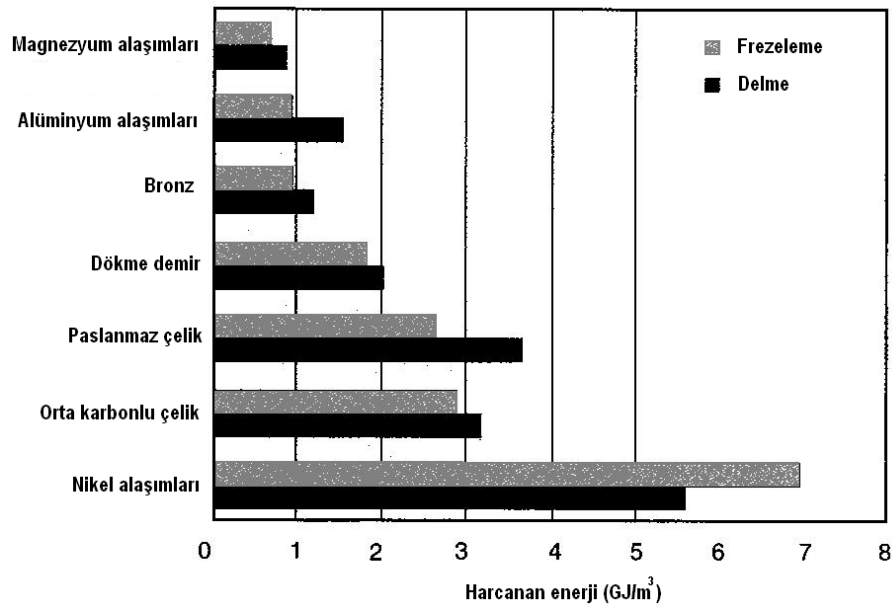
Magnezyum alaşımları saf metallerin ergitilip karıştırılması ve ardından arındırma prosesi yoluyla elde edilirler. Tüm magnezyum alaşımlarında, korozyon özelliklerini etkilemesi sebebiyle demir, nikel ve bakır oranlarında ciddi kısıtlamalar vardır [6]. Yaygın olarak kullanılan magnezyum-alüminyum esaslı alaşımlar, Çizelge 2'de mekanik özellikleriyle birlikte verilmiştir. En yaygın olarak kullanılan alaşımlar AZ91, AM50 ve AM60 alaşımlarıdır. AZ91 alaşımı yüksek direnç ve mükemmel dökülebilme özelliklerine sahiptir. AM50 ve AM60 alaşımları ise yüksek süneklik ve kopma tokluğu özellikleri ile araçlarda jant ve gösterge panellerinde tercih edilmektedirler. AS ve AE serisi magnezyum alaşımları ise içerdiği nadir toprak elementleri alaşımları sayesinde yüksek sıcaklık uygulamalarında kullanılmaktadırlar.

Çizelge 2. Basıncılı döküm Mg alaşımlarının kimyasal bileşimleri ve oda sıcaklığındaki mekanik özellikleri [6]

	Al	Mn	Zn	Diğer	Akma Dayanımı	Çekme Dayanımı	Uzama	Sertlik
					N/mm ²	N/mm ²		
AE42	4.0	0.1	-	2.5 RE	145	230	11	60
AM50	4.9	0.26	-	-	125	230	15	60
AM60	6.0	0.13	-	-	130	240	13	65
AS21	2.2	0.1	-	1.0 Si	120	220	13	55
AS41	4.2	0.2	-	1.0 Si	140	240	15	60
AZ91	9.0	0.13	0.7	-	160	250	7	70

3. Magnezyum Alaşımlarının İşlenebilirliği

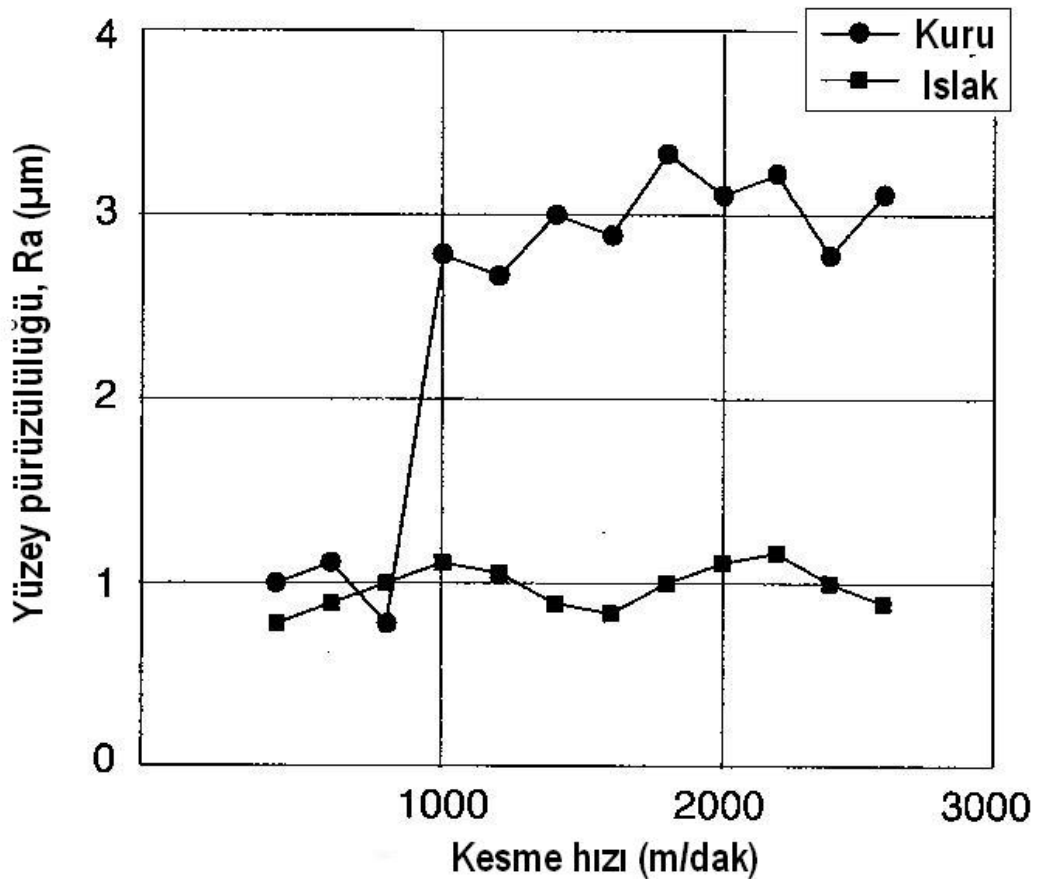
Magnezyum bilinen en hafif yapısal metaldir ve mükemmel işlenebilirlik özelliği gösterir. Bilinen en önemli işlenebilirlik karakteristikleri düşük kesme kuvvetleri, iyi yüzey kalitesi ve kolay talaş akışıdır. Şekil 1'de magnezyum alaşımları ile diğer alaşımların işlenmesinde harcanan enerji miktarları kıyaslanmıştır.



Şekil 1. Çeşitli metal alaşımların işlenmesinde harcanan enerji miktarları [7]

Düşük enerji tüketimi magnezyum alaşımlarının işlenmesinde, daha büyük talaş derinliği ve yüksek ilerleme miktarlarına imkân tanımaktadır. Böylelikle diğer metallere göre daha hızlı ve daha verimli işleme operasyonları gerçekleştirilmektedir.

Magnezyum alaşımları işlenmesinde genelde spiral talaş elde edilir. Bu talaşlar işleme bölgesinden hızlı ve güvenli bir şekilde uzaklaştırıldığı sürece tutuşma riski çok azdır. Malzeme yığılması (BUE), magnezyum alaşımlarının çok yüksek kesme hızlarında karbür ve HSS takımlar ile işlenmesinde meydana gelir. Magnezyum alaşımlarının işlenmesi esnasında meydana gelen BUE, ağırlıklı olarak yanak yüzeye yapışma şeklinde ortaya çıkar. BUE belirli bir miktara ulaştığında, işlenen yüzey ile temas eder. Sonuç olarak işlenen yüzeyin kalitesinin bozulmasına ve kesme kuvvetlerinin artmasına neden olur. Şekil 2'de bir araç jantının tornalama işlemindeki test sonuçları görülmektedir. Sonuçlar, yüksek kesme hızları ve kuru işleme şartlarında yanak yüzeyde oluşan BUE'nin soğutma sıvısı kullanılarak bertaraf edildiğini göstermektedir [4].



Şekil 2. AZ91 alaşımının kuru ve ıslak işleme şartlarında kesme hızı-yüzey pürüzlülüğü ilişkisi [4]

Magnezyum alaşımlarının işlenmesinde HSS takımlar delme, kılavuz çekme, broşlama gibi operasyonlarda sıkça kullanılmasına rağmen, karbür takımlar tüm işleme operasyonları için en çok tercih edilen takımlardır. Karbür takımlar işleme ekonomisi ve yüksek işleme hacimlerinde oldukça başarılıdır. Ayrıca, karbür takımlar ile iyi yüzey kalitesi elde edilir. Eğer çok yüksek üretim hacimlerinde, uzun süreli aşınmadan ve mükemmel yüzey kalitesi isteniyorsa, PCD takımlar düşünülmelidir. PCD takımlar aşınmaya çok dirençlidir ve BUE oluşumunu düşük yapışma eğiliminden dolayı bertaraf ederler [8].

Magnezyum alaşımlarının işlenebilirlik karakteristiklerinden faydalanmak için, önerilen takım geometrisi ve açıları dikkate alınmalıdır. Takım geometrisinin işleme operasyonu üzerinde çok büyük etkisi vardır. Takım geometrisi; talaş akışını kolaylaştırmaya, aşırı ısınmanın azaltılmasına, BUE oluşumunu düşürmeye ve yüksek ilerleme hızlarına imkân tanıyarak takım ömrünü geliştirmeye yardımcı olur. Alüminyum alaşımları için tasarlanmış takımlar ile magnezyum alaşımlarının işlenmesinde genelde iyi sonuçlar elde edilir. Ancak magnezyumun düşük kesme direnci ve düşük ısı kapasitesine sahip olması nedeniyle, magnezyum alaşımlarının işlenmesi için kullanılacak takımların düz yüzeylere, keskin kesici kenarlara, büyük kesici ağız ve boşluk açalarına ve de talaşa akışını sağlayan bir geometriye sahip olması gerekmektedir. Aşırı ısınma ve BUE oluşumuna neden olabileceğinden, işlenen yüzeylerin takım yüzeyine sürtünmesinden kaçınmak için, kesici kenar ve boşluk açılarının mümkün olduğunca büyük olmasına özen gösterilmelidir. Magnezyum alaşımlarının işlenmesi için gerekli olan enerji daha düşük olduğu için, bu açılar diğer metallerde müsaade edilen açılara göre daha büyük olabilir [9]. Tornalama işlemi için kullanılan tek noktalı bir kesici için temel takım geometrisi ve açıları Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Magnezyumun tornalanmasında HSS takım için önerilen takım geometrisi [9]

Takım geometrisi	Miktarı
Yan kenar açısı	10°-20°
Kesici kenar açısı	0°-10°
Kesici kenar boşluk açısı	10°-15°
Yan kenar boşluk açısı	10°-15°
Talaş açısı	15°-45°
Kama açısı	60°
Uç radyüsü	0,5-1,5 mm

Magnezyum alaşımlarının işlenmesinde, sürekli uzun sarmal talaştan ziyade, spiral talaşlar oluşur. Bundan dolayı, büyük arka talaş açıları serbest talaş akışını kolaylaştırır. Magnezyum alaşımlarının işlenmesi için gerekli kuvvetler düşük olduğundan, yan kenar açısı herhangi bir güç artırımı yaratmayacağından düşük olabilir. Karbür takımlardaki kenar açısı, HSS takımlara göre takım talaşlanma ihtimalini düşüreceğinden daha küçük olmalıdır. Diğer metallere oranla magnezyum alaşımlarının işlenmesinde kazınma olayı daha nadir görülür ve işlenen yüzeyin sürtünmesinden kaçınmak için kesici kenar boşluk açısı mümkün olduğunca büyük tutulmalıdır. Ayrıca, magnezyumun işlenmesi için gerekli kuvvetlerin düşüktür ve böylelikle sürtünmeden kaçınmak için kesme kenarının direncini düşürmeden büyük yan boşluk açılarına müsaade edilebilir. Bitirme operasyonlarında ortaya çıkan ısı miktarı düşük olduğundan, açılar nispeten daha düşük olabilir.

İşleme esnasında tutuşma riskini azaltmak için magnezyum talaşları mümkün olduğunca büyük ve kaba olmalıdır. Diğer bir deyişle, büyük yan kesme kenar açısı kullanılmalıdır. En olumsuz işleme şartlarında dahi işlenen yüzey düzgündür ve takım uç radyüsü çizilme ve pürüzlülüğü korumak için düşük tutulmalıdır [10].

Magnezyum alaşımlarının işlenmesindeki genel işleme parametreleri Çizelge 4'de verilmiştir. Normal şartlar altında magnezyum, maksimum kesme hızında ve işleme yapılan tezgâh kapasitesinin izin verdiği ölçüde en büyük kesme derinliği ve ilerleme değerlerinde işlenir. Magnezyumun soğuk şekillendirilebilirliği kısıtlı olduğundan, ovalama ile diş çekme işlemi önerilmez. Ancak, kılavuz takımları ile diş çekmeye uygundur [9].

Çizelge 4. Magnezyum alaşımlarının işlenmesinde önerilen işleme parametreleri [9]

İşleme Metodu	Takım Malzemesi	ISO sınıfı	Kesme hızı (m/dak)	İlerleme (mm/dev)	Kesme derinliği (mm)
Tornalama-Kaba Tornalama-İnce	Karbür	K30	90-1500	0,25-2,5	13-4
		K05,K10,K20		0,08-0,65	2,5-1,3
Delme	HSS	S2, S5	90-600	0,1-1,3	
Frezeleme-Kaba Frezeleme-İnce	HSS	S2, S5	275-900	250-1900*	13-5
	Karbür	K05, K10, K30	300-2750	250-3000*	2-0,75
Kılavuz çekme	HSS	S2, S3	20-50		

* Birim m/dak

Diğer taraftan, magnezyumun diğer yaygın metallere göre işleme parametreleri ile kıyaslanması Çizelge 5'de verilmiştir. Burada görüldüğü üzere, magnezyumun en büyük rakibi alüminyuma göre tornalama işlemlerinde 2 kat, frezeleme işlemlerinde ise yaklaşık 1,5 kat daha hızlı işlendiği söylenebilir.

Çizelge 5. Magnezyum ile diğer metalleri işlemede kesme hızlarının kıyaslanması [11]

Malzeme	Kaba tormalama	İnce tormalama	0-10 mm delme	Frezeleme
Çelik	40-200	60-300	15-30	50-300
Alüminyum	75-750	120-1200	60-400	800-1200
Magnezyum	<1200	1800-2400	150-500	1500-2500

Magnezyum alaşımlarının işlenmesinde genelde soğutma sıvıları kullanılmaz. Günümüzde kuru işleme çok yaygın olmasa da, düşük kesme kuvvetleri ve magnezyumun yüksek termal iletkenliği, işlenen yüzeylerin çabuk soğumasına yardımcı olmaktadır. Magnezyum alaşımlarının işlenmesi esnasında kullanılan soğutma sıvısı tutuşma ve BUE oluşumu riskini düşürür, takım ömrünü artırır ve talaşın hızlı bir şekilde uzaklaşmasını sağlar. Ancak, ıslak işleme şartları tercih edildiğinde, mineral yağlar veya düşük hidrojen üreten yağ-su emülsiyonları kullanılmalıdır. Hayvansal ve bitkisel bazlı yağlar magnezyum alaşımlarının işlenmesi için uygun değildir. Uygun kesme sıvısının seçimi ve uygulanması teknik, güvenlik ve çevresel şartlara sıklıkla bağlıdır. Bu nedenle, tehlikeli durumlardan kaçınmak ve optimum sonuçları elde edebilmek için uygun kesme sıvısının seçilmesi gerekmektedir.

Magnezyum ve alaşımlarının tutuşması için erimeye başlama noktasına kadar ısıtılması gerekir. Bu nedenle magnezyum alaşımlı parçaların tutuşması hiç de kolay değildir. Magnezyum talaşları nispeten daha kolay tutuşabilir. Ancak alınacak bazı basit önlemler ve korumalar ile bundan kaçınılabılır. İnce talaş ve toz şeklindeki magnezyum partiküllerinin kolayca tutuşabileceği göz ardı edilmemelidir. Bir yangın çıkması durumunda, ince talaşlar yavaşça tutuşacak ve bu talaşların dağıtılması durumunda alevin parlama olasılığı artacaktır. Magnezyumun alevlenmesi ile baş etmenin temel yolu ısınmaya neden olan kaynağı söndürmek ve hava ile teması kesmektir. Magnezyum alevlerinin üstesinden gelmek için talaşları dağıtmaktan ziyade üstünü kapatmak ve gizlemek önemlidir. Alevlerin söndürülmesi için kesinlikle su kullanılmamalıdır. Alevlerin üstünü örtmek için daha ziyade kum kullanılır.

Alevlenme ve parlama gibi tehlikelerden kaçınmak için aşağıda verilen bazı genel kurallara uymak gerekir:

Sigara ve ateşe neden olan ihtimaller yasaklanmalıdır.

Kıvılcımdan etkilenmeyen takımlar kullanılmalıdır.

İşleme operasyonları tam teşekkülü temizlik işlemleri yapıldıktan sonra gerçekleştirilmelidir.

Uygun ve yeterli yangın söndürme ekipmanları işleme bölgesine yakın yerlerde hazır bulundurulmalıdır.

İşleme operasyonlarında görev alan personel, güvenlik ve yangınla ilgili mücadele ile bilgilendirilmelidir.

Personele yanmaya karşı daha dirençli iş kıyafetleri verilmelidir.

Yan koruma kalkanlarına sahip iş gözlükleri ve uygun iş ayakkabıları tercih edilmelidir.

Kesici takımların keskinliğini korumasına dikkat edilmelidir.

Kalın talaş üreten yüksek ilerleme ve kesme derinlikleri kullanılmalıdır.

Kesici takımların iş parçasına sürtünmesine müsaade edilmemelidir.

Islak işleme şartlarında uygun kesme sıvıları seçilmelidir.

Talaş ve toz birikimini engellemek için makine ve çevresi sürekli temiz tutulmalıdır.

3. Sonuçlar

Magnezyum ve alaşımlarına olan ilgi son yıllarda artarak devam etmektedir. Magnezyumun düşük yoğunluğu ve dikkat çekici mekanik özellikleriyle, ağırlık azaltmanın çok büyük öneme sahip olduğu otomotiv, havacılık ve elektronik gibi sektörlerde gelecekte magnezyum alaşımlı parçaları daha sık

görülebilecektir. Bugünkü üretim teknolojileri ile her ne kadar nihai şekle yakın magnezyum alaşımli parçalar üretilse de, bazen talaşlı imalata da ihtiyaç duyulmaktadır. Magnezyum alaşımlarının işlenmesinde gerek malzeme hakkında olan bilgi eksikliği, gerekse işleme parametreleri hakkında bilimsel ve tecrübeye dayalı bilgi eksikliği bu malzemenin işlenmesinde çeşitli hatalara ve tehlikelerin ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Magnezyum, ergime noktası sıcaklığına varana kadar ısındığı takdirde tutuşma olayı meydana gelir. İşleme esnasında ideal parametreler ile birlikte uygun soğutma sıvısı seçildiği takdirde gerek ıslak gerekse kuru işleme şartlarında magnezyum alaşımli parçalar çok kolay ve herhangi bir tehlike oluşturmayacak şekilde işlenebilir. Bu çalışma, dünyada son yıllarda büyük ilgi gören ancak ülkemizde henüz tam olarak tanınmamış olan magnezyum alaşımlarının önemine ve işlenmesi için gerekli bilgilere ihtiyacı olan endüstrimiz ve araştırmacılara rehber niteliği taşıması yönüyle önem kazanmaktadır. Magnezyum alaşımlarının uygulanma yaygınlığı, malzeme teknolojisi ve şekil verme proseslerindeki bilgilerin artmasına paralel olarak artacaktır.

Kaynaklar

- [1] Kainer, K.U., Buch, F.V., 2003, The Current State of Technology and Potential for further Development of Magnesium Applications, Magnesium-Alloys and Technologies Conference, Germany, pp.1-22.
- [2] Mert, F., Özdemir, A., Karataş, Ç., "Magnezyum Alaşımlarının Basınçlı Döküm Yöntemiyle Kalıplanabilirliğinin Değerlendirilmesi," Politeknik Dergisi, Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, Cilt 13, Sayı 3, Sayfa 165-176, 2010.
- [3] Cahn, R.W.; Haasen, P.; Kramer, E.J. (EDS.): "Materials Science and Technology – A Comprehensive Treatment, Structure and Properties of Nonferrous Alloys", VCH Weinheim, 1996.
- [4] Norsk Hydro Datenbank „NHMg.db (ext.)“, Norsk Hydro Research Centre Porsgrunn, 1996.
- [5] Vanlı, A.S., 2006, Magnezyum Alaşımlarının Basınçlı Dökümünde İşlem Faktörlerinin Araştırılması, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [6] Friedrich, H.E. ve Mordike, B.L., 2006, Magnesium Technology (Metallurgy, Design Data, Applications), Springer, Berlin.
- [7] Society of Manufacturing Engineers, "Forces at the Cutting Tool", Tooling and Manufacturing Engineers Handbook, 1983, Vol.1, pp.11-19,
- [8] Machining of Magnesium, Datasheet 254 Web, Magnesium Elektron, 2009, United Kingdom.
- [9] Metals Handbook, 9th Ed. Vol. 16, 1989, USA.
- [10] Machining Magnesium, Brochure, Hydro Magnesium, 1995
- [11] <http://www.magnesiumsquare.com/images/stories/MachiningMagnesium.pdf>