

AZ91 MAGNEZYUM ALAŞIMININ İŞLENEBİLİRLİĞİ

MACHINABILITY OF AZ91 MAGNESIUM ALLOY

Birol AKYUZ

birol.akyuz@bilecik.edu.tr

Department of Mechanical and Manufacturing Engineering, Bilecik University, 11200 Bilecik, TURKEY

Özet

Çevre kirliliğinin artması ve doğal enerji kaynaklarının azalması hem ekonomik hem de ekolojik-çevreci tasarımların ve ürünlerin önemini artırmıştır. Bu nedenle, günümüzde otomotiv endüstrisinde daha düşük yakıt tüketimine olan ihtiyacı karşılamak önemli bir faktör olmuştur. Bunu sağlamanın önemli bir yolu da araçların ağırlığını azaltmaktır. Bu özelliği ile Magnezyum ve magnezyum alaşımları, araçlarda %35 oranında ağırlık azaltma imkanı sağlayan, en düşük yoğunlukta olması ile (yaklaşık 1.7 g/cm^3) konstrüksiyonlarda kullanılan önemli bir yapı malzemesi olmuştur. Magnezyum alaşımları Alüminyum ile karşılaştırıldığında Alüminyumdan % 33, çelik ile karşılaştırıldığında ise %77 oranında daha düşük yoğunluğa sahiptir. Bu nedenle, yapısal uygulamalarda, taşıma, otomotiv, havacılık ve uzay endüstrisinde ve taşınabilir iletişim ve mikroelektronik parçaları da dâhil olmak üzere çok geniş bir kullanım alanına sahiptir.

Bu çalışmada, yaygın olarak kullanılan AZ serisi magnezyum alaşımlarından AZ91 magnezyum alaşımının işleme parametrelerinin kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü ve talaş oluşumuna etkisi incelenmiştir. Yapılan deneysel çalışmada AZ91 işlenmesinde işleme parametrelerinden devir sayısı ve talaş derinliğinin elde edilen talaş tipleri ile yüzey pürüzlülük değerleri arasında yakın bir ilişkinin olduğu görülmüştür.

Abstract

The increase in environmental pollution and the decrease of energy resources attached importance to both ecological and environmentalist designs. Therefore, today, meeting the requirements of less fuel consumption in the automotive industry has been an important factor. One of the important ways to meet those requirements is to reduce the weight of the vehicles. With such a feature Magnesium and magnesium alloys make it possible to reduce the weight of the vehicles at a rate of %35 and since the density of magnesium is about 1.7 g/cm^3 , the magnesium has been a fundamental construction material. Magnesium alloys have % 33 less density when compared with aluminum and %77 when compared with steel. Therefore, Magnesium and magnesium alloys are used in a wide variety of structural applications including portable microelectronics and telecommunication, automotive, materials-handling and aerospace industries due to their low density.

In this study, AZ-series magnesium alloys AZ91 magnesium alloy is widely used, machining parameters, cutting forces and chip formation and surface roughness were investigated. In the experimental study, AZ91 chip cutting speed and cutting depth parameters with surface roughness values obtained from the types of chips were a close relationship.

1.Giriş

Günümüzde Magnezyum ve Magnezyum Alaşımlarının çok geniş alanlarda kullanılması sahip olduğu özellikler ile yakından ilgilidir. Bu bağlamda, magnezyum ve magnezyum alaşımlarının kullanım alanlarının giderek artması, en önemli işleme yöntemlerinden birisi olan talaşlı işleme yöntemlerinde karşılaşılan sorunların çözülmesi önemlidir.

Magnezyum ve magnezyum alaşımlarının, bilinen bütün metalik yapı elemanları içerisinde en düşük yoğunluğa sahip olması, yüksek özgül mukavemeti, dökülebilirliğinin iyi olması ve yüksek basınçlı kalıp döküm mümkün olması, yüksek hızlarda talaşlı işlenebilirliği ve doğada kolay bulunabilir özellikleri magnezyum ve magnezyum alaşımlarının önemini artırmaktadır (Friedrich ve Mordike, 2006; Friemuth ve Winkler, 1999). Magnezyum ve magnezyum alaşımları, düşük yoğunluğa sahip olmalarının yanı sıra, iyi süneklik, dayanım ve iyi korozyon direncine sahip demir dışı metaldir. Ancak, kristal yapısının hegzagonal sıkı paket (HSP) olmasından kaynaklanan şekillenebilirlik ve talaşlı işleme sırasında tutuşma ve yanma gibi sorunlar yüzünden üzerinde Alüminyum (Al) kadar çalışmalar yapılamamıştır. Ancak ekolojik denge, yakıt tasarrufu vb. konular son yıllarda gündeme geldiğinden, magnezyum ve magnezyum alaşımlarının kullanımını üzerinde daha fazla yoğunlaşma olduğu göze çarpmaktadır. Alaşımlandırma veya farklı döküm yöntemleri kullanılarak göreceli olarak

şekillenebilirlik geliştirilebilmektedir. Magnezyum ve alaşımlarından en yaygın olarak kullanılanlar AZ serisi (Al-Zn), AM serisi (Al-Mn) ve AS serisi (Al-Si) alaşımlardır. Bu alaşım serilerinde de görüldüğü gibi magnezyum içinde bulunan en yaygın ikincil element olarak alüminyum önde gelmektedir (Denkena ve diğ., 2004). Bunlardan en yaygın kullanılanlardan birisi AZ91 magnezyum alaşımıdır (Candan ve diğ., 2011).

Magnezyum ve magnezyum alaşımlarından elde edilen parçaların en önemli üretim yöntemi dökümdür. Magnezyum ve magnezyum alaşımları yaygın olarak kullanılan diğer metallerle karşılaştırıldığında daha yüksek işlenebilirlik özelliğine sahiptir (Friedrich ve Mordike, 2006; Mordike ve Ebert, 2001).

Talaşlı imalat yöntemleri kullanılarak yapılan makine parçalarının yüzey kalitesi birçok değişkene bağlı olarak değişmektedir. İşlenmiş bir yüzeyin yapısı, kalite açısından en önemli kriterlerden biridir. Tornalama operasyonlarında ideal talaş kaldırma işlemi, kesici uç yüzeyinde düşük mekanik ve termal yüklerin olduğu, düşük kesme kuvvetleri ile elde edilen yüksek yüzey kalitesi ve kolay kırılarak kesici ve iş parçası üzerinden uzaklaşan talaşlar olarak tanımlanmaktadır (Denkena ve diğ., 2005). Tornalama işlemlerinde kesme hızı (Cutting Speed), talaş derinliği (Depth of Cut) ve ilerleme miktarı (Feed Rate) önemli parametrelerdir.

Magnezyum ve magnezyum alaşımlarını talaşlı işleme operasyonlarında yüksek kesme hızlarında işlemek mümkündür. Ancak, kesme hızını artırdıkça işleme esnasında iş parçası ile kesici ucun talaş yüzeyi arasında sürtünmeden kaynaklanan sıcaklık artışı ile talaşların kesici yüzeyine yapışması sonucunda kesici yüzeyinde talaş yığılması (Flank Build Up - FBU) meydana gelir ve bunun sonucunda magnezyum talaşlarının tutuşması ve yanması ihtimali yükselir (Tönshoff ve diğ., 2006; Friemuth ve Winkler, 1999).

Magnezyum alaşımlarının talaşlı işleme operasyonlarında yüksek kesme hızlarında talaş kaldırma sırasında yüksek mekanik ve termal gerilmelerin oluşmasına bağlı olarak işleme sırasında kesicinin ucunda yüksek sıcaklıkların ortaya çıkmasına yol açmaktadır (Hou ve diğ., 2010). Kesicinin uç kısmında sıcaklık artışına bağlı olarak kesici talaş açısı ile kesici yan kesme yüzeylerinde aşınma meydana gelir. Ayrıca, yüksek kesme hızlarında tornalama operasyonlarında açığa çıkan yüksek sıcaklıklar kesicinin sertliğinin azalmasına ve işlenen yüzeylerin yumuşayarak çıkan talaşların kesici uca yapışması ile kesici ucun aşınması daha da hızlanmaktadır (Weinert ve Lange, 2001; Tönsoff ve Winkler, 1997). İşlenen makina parçalarında titreşim ve termal genleşmelerin artışına sebep olur ve bunun yanı sıra toleransların ve yüzey kalitelerinin bozulmasına neden olur.

Talaşlı işlemede operasyonlarında soğutma sıvısı kullanılarak yapılan işlemlere ıslak işleme (Wet machining), soğutma sıvısı kullanılmadan yapılan talaşlı işleme operasyonlarına kuru işleme (Dry Machining) denilmektedir (Groover, 2010). Talaşlı işleme operasyonlarında özellikle kesicinin ısınmasını önlemek amacıyla soğutma sıvısı kullanılmaktadır. Magnezyum parçaları, kuru ya da ıslak işlemek mümkündür. Ancak, talaşlı işleme operasyonlarında özellikle yüksek kesme hızlarında kuru işleme sırasında magnezyum talaşlarının kolayca tutuşması ve yanması en büyük olumsuz özelliğidir (Ruzi ve diğ., 2009).

Tönsoff ve Winkler (1997) tarafından AZ91 magnezyum alaşımını üzerinde kuru işleme koşullarında 900 m/dk kesme hızında tornalama işlemleri yaparak magnezyumun talaşlarının iş parçası ile kesici uç arasında sürtünmeden dolayı talaşların yığıldığını (FBU) ve kesici üzerine yapıştığını rapor etmişlerdir. Friemuth ve Winkler (1999) magnezyum alaşımlarının kuru işleme koşullarında kesme kuvvetlerini azaltarak ve elmas kesici uç (Polycrystalline Diamond-PCD) kullanarak tornalama sırasında talaş sıcaklığını düşürerek talaşın yanma tehlikesini azaltabileceğini rapor etmişlerdir.

Fang ve arkadaşları (2005) tarafından yapılan bir çalışmada ise, magnezyum alaşımlarının freze tezgâhında kuru işleme koşullarında yüksek kesme hızlarında ortalama sıcaklıklarda kesici uç yüzeyinde yanmanın meydana geldiği sıcaklık değerlerini belirlemeye çalışmışlardır. Ozsváth ve arkadaşları (2008), AZ91 magnezyum malzemenin, yeni görüntü inceleme metodu ile freze çakısının dönmesi ile oluşan talaşın sıcaklıklarını incelemişlerdir.

Soğutma sıvısı kullanılarak yapılan tornalama işlemlerinde özellikle yağ esaslı soğutucuların kullanılmasında da bazı olumsuzluklar söz konusudur. Yüksek kesme hızlarında yağ esaslı soğutma sıvılarının yanma tehlikesi bulunmaktadır (Tikal ve diğ., 2000). Su esaslı soğutma sıvılarında ise talaşlı işleme sırasında talaşların biriktiği ortamda hidrojen birikmeye başlar. Hidrojenin düşük tutuşma noktasına sahip olduğu dikkate alındığında ortamda biriken hidrojenin ne kadar tehlikeli olabileceği unutulmamalıdır. Eğer ortamda bulunan bir ateş magnezyum talaşlarına ulaşırsa, magnezyum suyla doğrudan reaksiyona girerek daha güçlü yanacaktır. Bu ekonomik ve ekolojik açıdan dikkate alınması gereken bir konu olduğu gibi çalışanların ve çalışma ortamının güvenliği açısından oldukça önemlidir. Ayrıca, tornalama işlemlerinde soğutma sıvısı kullanılması durumunda ise çıkan talaşların geri dönüşümünde kayıplara ve çevre kirliliğine neden olmaktadır (Hanko ve diğ., 2000).

Arai ve arkadaşları (1996), AZ91 magnezyum alaşımlarının işlenmesinde talaşın kırılmasını incelemişler ve helisel olarak oluşan boru biçimindeki talaşların yanmasının kolay olmadığını ve katmanlar biçiminde talaş kaldırmanın uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Hou ve arkadaşları tarafından (2010) yapılan çalışmada, AM50 ve AZ91 magnezyum alaşımlarının düzlem yüzey frezeleme operasyonunda, talaş derinliği ve kesme hızının etkileri araştırılmıştır. Bu çalışmada, farklı kesme parametrelerinde elde edilen talaşların şekli ile talaşın tutuşması arasındaki ilişki incelenmiş ve AZ91 ve AM50 magnezyum alaşımlarında kesme hızına, ilerleme hızına ve talaş derinliklerine bağlı olarak talaşların tutuşması ve yanmanın nasıl olduğu araştırılmada rapor edilmiştir. AZ91 alaşımında tutuşma ve yanmanın AM50 alaşımına göre daha çabuk olduğu araştırmanın önemli bulguları arasındadır. Bu araştırmalardan, magnezyum alaşımlarının bileşen özellikleri ile yanma ve tutuşmanın kesme hızı, talaş derinliği gibi işleme parametreleri ile ilişkili olduğu tezinin doğru olabileceğini göstermektedir.

Friemuth ve Winkler (1999) tarafından yapılan araştırmada ise, Sementit karbid kesici kullanarak AZ91D magnezyum alaşımının kesme uzunluğuna ve kesme kuvvetine bağlı olarak kesici ucunda meydana gelen talaş yığılmasının oluşumunu (FBU) araştırmışlardır. Tönsoff ve Winkler (1997), yaptıkları çalışmalar ile AZ91 alaşımının işlenmesinde en uygun kesici özellikleri üzerinde araştırmalar yapmışlar ve en iyi sonuçların Polycrystalline diamond (PCD) kesici uçlar ile elde edildiğini ve bu kesicilerin talaş yığılmasını (FBU oluşumunu) en aza indirdiğini rapor etmişlerdir. Bu araştırmalar, kesici ucunda talaş yığılmasının kesme kuvvetleri ile ilişkili olduğunu ve kesme kuvvetlerinin talaş yığılmasını artırdığı, bunun sonucunda kesici ucunda sıcaklık artışına bağlı olarak tutuşma ve yanma meydana geldiği tezini ortaya çıkarmaktadır.

Bu çalışmada talaşlı imalatı, AZ91 magnezyum alaşımında, kesme hızı, devir sayısı, talaş derinliği ve ilerleme miktarına bağlı olarak yüzey işleme parametrelerinin kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü ve talaş oluşumuna etkisi incelenmiştir.

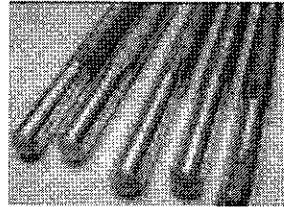
2. Deneysel Çalışmalar

Mg, Al ve Zn külçeler (%99.9 saflıkta) Sakarya Metal Ltd.'den temin edilmiştir. Hazırlanan ön alaşımlardan ikinci bir ergitme ile deney numunelerinin dökümü yapılmıştır. Tablo 1.'de AZ91 magnezyum alaşımının kimyasal bileşimi verilmiştir. AZ 91 alaşımının üretim yöntemi ve proses parametrelerinin detayları Ünal (2008) ve Koç (2008) tarafından daha önce rapor edilmiştir. Kısaca, ergiyik Mg alaşımı 720 °C de 30 mm çap ve 170 mm boyunda çubuklar halinde kokil kalıba SF₆ gazı altında dökülerek elde edilmiştir. Mikroyapı incelemeleri optik mikroskop ile yapılmıştır. Metalografik inceleme için numunelerin yüzeyleri sırasıyla 400, 600, 1000 mesh'lik zımparalar ile saf su kullanılarak zımparalanıp ve 1µm alumina pasta kullanılarak parlatılmıştır. Sonra numune dağılanarak mikroyapı inceleri Nikon Epiphot 200 marka optik mikroskopta gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. AZ91 Magnezyum Alaşımının Kimyasal Bileşimi

| AZ91 Magnezyum Alaşımı | %Al | %Mn | %Zn | %Si | %Fe | %Mg |
|------------------------|------|------|------|------|-------|-------|
| | 9.41 | 0.11 | 0.96 | 0.12 | 0.022 | Kalan |

Numunelere talaşlı işleme operasyonlarından tornalama işlemi yapılmıştır. Talaşlı işleme operasyonlarında Boxford 250 CNC torna tezgâhı kullanılmıştır. İşleme parametreleri olarak devir sayısı, talaş derinliği ve ilerleme hızı ele alınmıştır. Deney çalışmasında ön temizlik talaş alınarak numuneler çapı 20 mm indirilmiştir (Şekil 1). Çalışmada üç farklı devir sayısında (1000, 2000 ve 3000 dev/dk), beş farklı talaş derinliklerinde (0.1, 0.25, 0.5, 1.0, 2.0 mm) ve sabit ilerleme hızında (f: 0.102 mm/dev) işlenmesi ile veriler elde edilmiştir. Kuru işleme koşullarında işleme gerçekleştirilmiştir. Kesici takım malzemesi olarak Taegutec CCGT 120408 FL K10 kesici uçlar kullanılmıştır.

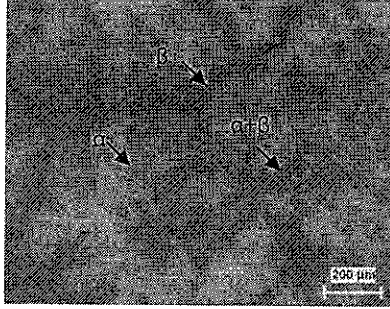


Şekil 1. AZ91 Magnezyum alaşımı işlenen deney numuneleri

Belirlenen parametrelerde işlenen numunelerinin yüzey pürüzlülükleri Time TR200 yüzey pürüzlülük cihazı ile elde edilmiştir. Yüksek çözünürlüklü fotoğraf makinası ile numunelerin devir sayısı ve talaş derinliğine bağlı oluşan talaş tiplerinin görüntüleri elde edilmiştir.

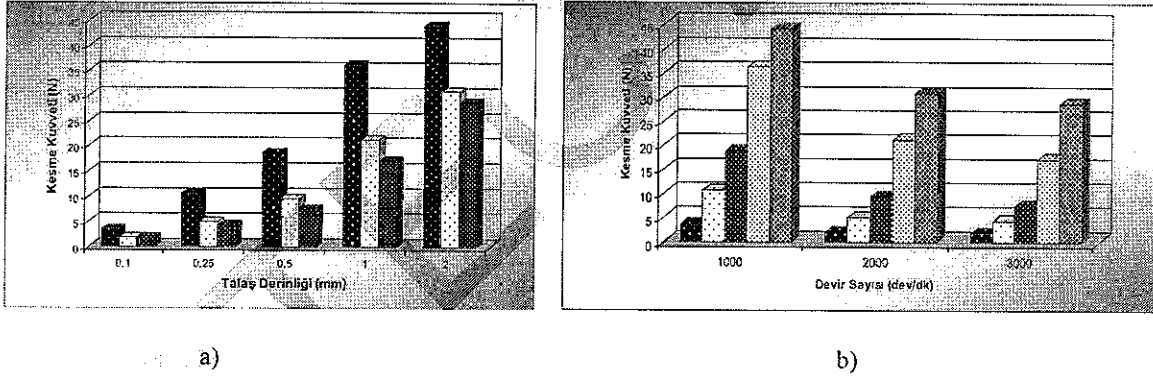
3. Deneysel Sonuçlar ve Değerlendirme:

AZ91 alaşımının mikroyapısı Şekil 2’de verilmiştir. Mikroyapı incelendiğinde, yapıda Mg matris (α) fazının yanı sıra, $Mg_{17}Al_{12}$ (β) ve $\alpha+\beta$ ötektikinin tane sınırları boyunca dağıldığı görülmektedir. Literatürde (Cizek ve diğ., 2007) AZ91 alaşımında α -Mg matrisin yanı sıra β intermetalik ve $\alpha+\beta$ ötektik oluştuğu rapor edilmektedir ki bu çalışma ile uyumludur. β intermetalik fazı tane sınırları boyunca ağ şeklinde ince bir faz olarak görünürken $\alpha+\beta$ ötektik Chinese Script (Çin yazısı) şeklinde görülmektedir.



Şekil 2. AZ91 Magnezyum alaşımının mikroyapısı

AZ91 magnezyum alaşımının tornalama işlemlerinde, devir sayılarına bağlı olarak (1000, 2000 ve 3000 rpm) farklı talaş derinliklerinde (0.1, 0.25, 0.5, 1.0 ve 2.0 mm) talaş derinliği verilerek elde edilen kesme kuvvetlerine ilişkin grafik Şekil 3’te verilmiştir. Devir sayılarındaki artış ile birim devirdeki kesme yüzey alanının sabit tutulabilmesi için ilerleme hızları F:102, 204 ve 306 mm/dk olarak belirlenmiştir. AZ91 magnezyum alaşımına ait tornalama işleminde oluşan kesme kuvvet eğrileri strain-gage yardımıyla bir düzenek oluşturularak elde edilmiştir.

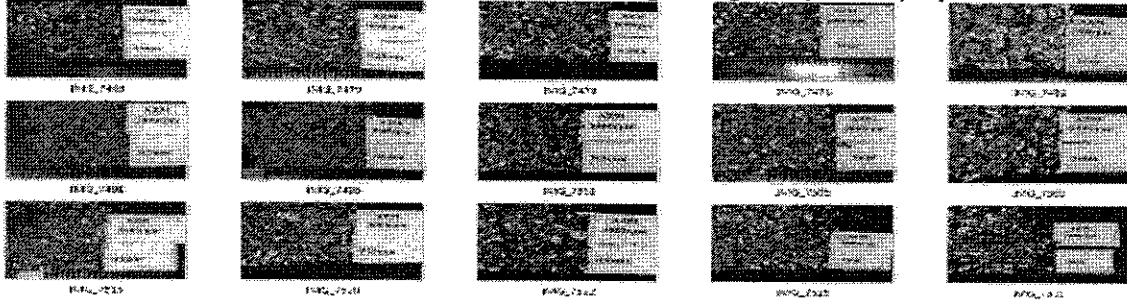


Şekil 3. (a-b) AZ91 Magnezyum alaşımının Devir Sayısı-Talaş Derinliği-Kesme Kuvveti ilişkisi (İlerleme hızı sırasıyla F:102, 204 ve 306 mm/dk).

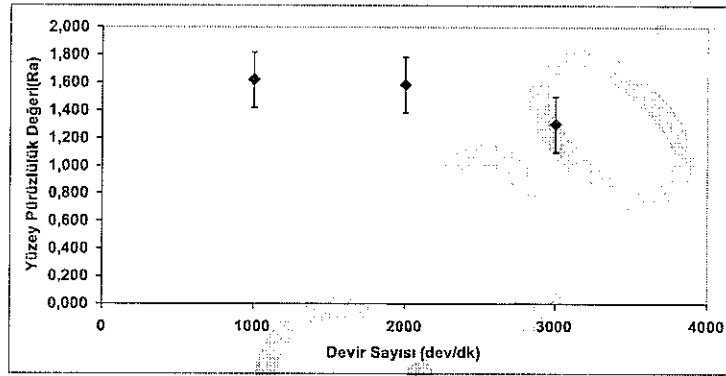
Deneysel çalışmada AZ91 Magnezyum alaşımının devir sayısına ve talaş derinliğine bağlı olarak oluşan kesme kuvvetlerine ilişkin grafik Şekil 3. te görülmektedir. Grafiklerden anlaşıldığı gibi talaş derinliği arttıkça kesme kuvvetinde bir artışın olduğu gözlenmiştir. Devir sayısının artması ile kesme kuvvetinin azaldığı benzer şekilde elde edilen grafiklerden anlaşılmaktadır. Kesme kuvvetinin talaş derinliği ile artması malzemenin kesme sırasında meydana gelen talaş kesit alanındaki artış nedeniyle meydana gelmektedir.

Devir sayısı ve talaş derinliğine bağlı oluşan talaş tipleri Resim 1’de verilmiştir. Talaş oluşumu incelendiğinde 1000, 2000 ve 3000 dev/dk ve 0.1 mm talaş derinliğinde elde edilen talaşların toz talaş olarak oluştuğu görülmüştür. Düşük devir sayısında (1000 dev/dk) talaş derinliğinin artması ile talaşların çok fazla uzamadan kırıldığı görülmektedir. Devir sayısının 3000 dev/dk çıkarılması ile talaşların belirgin bir şekilde helisel biçimde uzayarak ve kıvrılarak oluştuğu gözlenmiştir.

Resim 1. Devir Sayısı ve Talaş Derinliğine Bağlı Oluşan Talaş Tipleri



AZ91 magnezyum alaşımının Şekil 4'de devir sayısı-yüzey pürüzlülük değerleri görülmektedir. Devir sayısı arttıkça yüzey kalitesi iyileşmektedir. Yüzey kalitesinin devir sayısı ile artışı kesme sırasında arayüzeyde kırılmanın hızlı kesme ile dislokasyon yığılması ve buna bağlı gevrek kırılma nedeni ile meydana geldiği düşünülmektedir. Düşük talaş derinliklerinde talaşın toz olarak meydana gelmesi ve derin talaşlarda helisel ve uzun olması talaş yüzeyinde sünek davranışın olduğunun bir göstergesidir. Bu noktadan, devir sayısı ile kesme kuvvetlerindeki düşüşün talaş/kesme kalemi arayüzeyinde dislokasyon yığılması ve buna bağlı gevrek kırılmanın meydana gelmesi olarak açıklanabilir.



Şekil 4: Devir Sayısı-Yüzey Pürüzlülük Değer (Talaş Derinliği 1 mm, f:0.102mm/dev)

4.Sonuçlar

Deneysel sonuçlar;

- AZ91 alaşımlarında talaş derinliği arttıkça kesme kuvvetinde artışın olduğu,
- Devir sayısının artması ile kesme kuvvetinin azaldığı,
- Düşük talaş derinliklerinde ve tüm devir sayılarında talaş oluşumunun toz olarak oluştuğu,
- Talaş derinliğinin artması ile 2000 dev/dk'da talaşların çok fazla uzamadan kırıldığı,
- Devir sayısının 3000 dev/dk çıkarılması ve talaş derinliğinin artışı ile helisel biçimde uzayarak ve kıvrılarak oluştuğu,
- Devir sayısı artışı ile yüzey pürüzlülük değerinin düştüğünü göstermiştir.

Teşekkür

Çalışmamıza gösterdiği ilgi ve destekleri için Prof.Dr. Şennur CANDAN ve Prof.Dr. Ercan CANDAN'a teşekkür ederim.

5.Kaynaklar

1. Arai, M., Sato, S., Ogawa, M. ve Shikata, H.I. : Chip Control in Finish Cutting of Magnesium Alloy, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 62, 341-344, (1996).
2. Candan,S. Unal, M., Koc, E., Turen, Y.,Candan, E.: Effects of titanium addition on mechanical and corrosion behaviours of AZ91 magnesium alloy, Journal of Alloys and Compounds 509 (2011) 1958-1963
3. Cizek, L., Hanus, A., Sozanska, M., Tanski, T., Pawlica, L., Structure characteristics of magnesium alloys with admixture of aluminium, silicon and zirconium, Acta Metallurgica Slovaca, 13, 531-538, 2007.
4. Denkena, B., Witte, F., Podolsky, C. ve Lucas, A.: Degradable Implants made of Magnesium Alloys, Proc.5Th. Euspen International Conference-Montpellier, France, (May 2005).
5. Denkena, B. , Becker, J. C. , Podolsky, C. ve Kuhlmann, A., Safe Machining of Magnesium Parts by Cutting and Burnishing Operations, (Edited by K.U. Kainer), Magnesium Proceedings of the 6th International Conference Magnesium Alloys and Their Applications, Wiley-VCH, Germany, (2004).
6. Fang, F.Z., Lee, L.C. ve Liu, X.D., Mean flank temperature measurement in high speed dry cutting of magnesium alloy, Journal of Materials Processing Technology 167 ,119-123, (2005).

7. Friedrich, H.E. ve Mordike, B.L.: Magnesium Technology, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany, 2006.
8. Friemuth, T. ve Winkler, J., Machining of Magnesium Workpieces, *Advanced Engineering Materials*, 1, No. 3, 4, (1999).
9. Gariboldi, E.: Drilling a magnesium alloy using PVD coated twist drills, *Journal of Materials Processing Technology* 134, p.287-295, (2003).
10. Groover, M.P., *Principles of Modern Manufacturing, Fourth Edition, SI Version*, John Wiley & Sons, Inc., p.568-569, (2010).
11. Guo, Y.B. ve Salahshoor, M., Process mechanics and surface integrity by high-speed dry milling of biodegradable magnesium-calcium implant alloys, *CIRP Annals - Manufacturing Technology* 59, 151-154, (2010).
12. Hanko, G., Lochbichler, C., Riederer, W. ve Macher, G., *Techniques for Recycling of Magnesium Scrap*. (Edited by K.U. Kainer), *Magnesium Proceedings of the 6th International Conference Magnesium Alloys and Their Applications*, Wiley-VCH, Germany, (2004).
13. Hou, J., Zhou, W. ve Zhao, N., Methods for Prevention of Ignition during Machining of Magnesium Alloys, *Key Engineering Materials Vols. 447-448*, pp 150-154, (2010).
14. Jönsson, M. ve Persson, D., The influence of the microstructure on the atmospheric corrosion behavior of magnesium alloys AZ91D and AM50, Swerea KIMAB, Drottning Kristinas väg 48, SE-104 05 Stockholm, Sweden, (2010).
15. Kielbus, A., Sozańska, M., Cizek, L.: Microstructural Characterisation of AZ91 Magnesium Alloy, *Magnesium Proceedings of the 6th International Conference Magnesium Alloys and Their Applications*, (Edited by K.U. Kainer), *Magnesium Alloys and Their Applications*, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2004.
16. King, J. F.: *Development of Practical High Temperature Magnesium Casting Alloys and their Applications*. (Edited by B.L.Mordike and K. U. Kainer), WILEY-VCH, Weinheim, Germany, p.14-22, (2000).
17. Koç, E., *Alaşım Elementlerinin Magnezyum Döküm Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi*. K.Ü. Fen Bilimleri Bilimleri Enstitüsü, Metal Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi Karabük, 2008.
18. Lin, P., Zhou, H., Sun, N., Li, W., Wang, C., Wang, M., Guo, Q. ve Li, W., Influence of cerium addition on the resistance to oxidation of AM50 alloy prepared by rapid solidification, *Corrosion Science* 52, 416-421, (2010).
19. Lin, S. Y., Yu, S. H. ve Wu, M. L., Effect of Different Coating Materials on Cutting Performance in High-Speed Machining of Mold Steels, *Key Engineering Materials Vols. 364-366*, pp 1026-1031, (2008).
20. Mordike, B. L. ve Ebert, T., Magnesium – applications – potential, *Journal of Material Science Engineering A* 302, pp. 37-45, (2001).
21. Ozsváth, P., Szejmál, A. ve Takács, J., Dry milling of magnesium based hybrid Materials, *Transportation Engineering*. Vol. 36, p. 73, (2008).
22. Ruzi, M. H., Norhamidi, M., Abu Bakar, S., Khairur, R.J., Nor Hafiez, M.N., Sufizar, A. ve Mohd Halim Murtadhahadi, I.I., A Review Of Workability Of Wrought Magnesium Alloys, *Advanced Manufacturing Research Group'09 Seminar 3*, Advanced Manufacturing Research Group, (2009).
23. Tikal, F., Schmier, M. ve Vollmer, C., High-speed-drilling in AZ91 D without Lubri-coolants, (Edited by Mordike and Kainer), *Magnesium Alloys and their Applications*, WILEY-VCH Verlag GmbH, Weinheim, Germany, (2000).
24. Tomac, N., Tønnesen, K. ve Mikac, T., Study of Influence of Aluminum Content on Machinability of Magnesium Alloys, *Strojnarstvo* 50 (6) 363-367, (2008).
25. Tönshoff, H. K., Denkena, B., Winkler, J. ve Podolsky, C., *Machining, Magnesium Technology, Metallurgy, Design Data, Applications*, (Ed. H. E. Friedrich ve B. L.Mordike), Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany, p.398, (2006a).
26. Tönshoff, H.K. ve Winkler, J., The Influence of Tool Cutting in Machining of Magnesium, *Surface and coating Technology*, 94-95, p.610-616, (1997).
27. Tönshoff, H.K., Friemuth, T., Winkler, J., Podolsky, C., Improving the Characteristics of Magnesium Workpieces by Burnishing Operations, *Magnesium Alloys and their Applications*, (Edited by K. U. Kainer) WILEY-VCH Verlag GmbH, Weinheim, Germany, p.406, (2006b)
28. Ünal, M., *Magnezyum Alaşımının Döküm Özelliklerinin İncelenmesi*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2008.
29. Weinert, K. ve Lange, M., Machining Of magnesium matrix Composites, *Advanced Engineering Materials*, 3, No. 12, (2001).



Editorial Board

Find Me



Email: *

Password:

LOGIN

CREATE ACCOUNT

Did you forget password?



SUBMIT PAPER



AUDIENCE REGISTRATION

[Call for Papers](#)
[Paper List](#)
[Accepted Papers](#)
[Paper Guidelines](#)
[Audiences](#)
[Objectives & Scope](#)
[Deadlines](#)
[Registration Rates & Payment](#)
[Keynote Invited Speakers](#)
[Organizing Committee](#)
[Conference Venue](#)
[Hotel and Travel Information](#)
[Social Events](#)

| Editors | University | Country |
|----------------------------------|---|-------------------------------------|
| Prof. Dr. Ali Ekrem OZKUL | Anadolu University | Turkey |
| Prof. Dr. Arvind SINGHAL | University of Texas | United States |
| Prof. Dr. Aydın Ziya OZGUR | Anadolu University | Turkey |
| Prof. Dr. Deborah E. BORDELON | Governors State University | United States |
| Prof. Dr. Harun TASKIN | Sakarya University | Turkey |
| Prof. Dr. Mehmet Ali YALÇIN | Sakarya University | Turkey |
| Prof. Dr. Nabi Bux JUMANI | International Islamic University | Pakistan |
| Prof. Dr. Paolo Di Sia | Free University of Bolzano-Bozen | Italy |
| Assoc. Prof. Dr. Ergun YOLCU | Istanbul University | Turkey |
| Assoc. Prof. Dr. Fatoş SİLMAN | Cyprus International University | Turkish Republic of Northern Cyprus |
| Assoc. Prof. Dr. Hüseyin YARATAN | Cyprus International University | Turkish Republic of Northern Cyprus |
| Dr. Abdul Mutalib LEMAN | Universiti Tun Hussein Onn Malaysia | Malaysia |
| Dr. Abdülkadir MASKAN | Dicle University | Turkey |
| Dr. Ahmet AKSOY | Akdeniz University | Turkey |
| Dr. Ahmet APAY | Sakarya University | Turkey |
| Dr. Ahmet BİÇER | Gazi University | Turkey |
| Dr. Ahmet ÖZEL | Sakarya University | Turkey |
| Dr. Ahmet Zeki SAKA | Karadeniz Technical University | Turkey |
| Dr. Ali DEMIRSOY | Hacettepe University | Turkey |
| Dr. Ali GUNYAKTI | Eastern Mediterranean University | Turkish Republic of Northern Cyprus |
| Dr. Ali GUL | Gazi University | Turkey |
| Dr. Ali ÇORUH | Sakarya University | Turkey |
| Dr. Alparslan FIGLALI | Kocaeli University | Turkey |
| Dr. Alper Tolga KUMTEPE | | Turkey |
| Dr. Atilla YILMAZ | Hacettepe University | Turkey |
| Dr. Bekir SALIH | Hacettepe University | Turkey |
| Dr. Belma ASLIM | Gazi University | Turkey |
| Dr. Berrin ÖZCELİK | Gazi University | Turkey |
| Dr. Bilal GÜNEŞ | Gazi University | Turkey |
| Dr. Bilal TOKLU | Gazi University | Turkey |
| Dr. Burhan TURKSEN | TOBB University of Economics and Technology | Turkey |

TECHNOLOGY CONFERENCE

| Dr. Canan LACIN SIMSEK | Sakarya University | Turkey |
|----------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| Dr. Canan LACIN SIMSEK | Sakarya University | Turkey |
| Dr. Cercis İKİEL | Sakarya University | Turkey |
| Dr. Chua Yan PIAW | | South Korea |
| Dr. Constantino Mendes REI | Instituto Politecnico da Guarda | Portugal |
| Dr. Cüneyt BİRKÖK | Sakarya University | Turkey |
| Dr. Daniel KIM | The State University of New York | South Korea |
| Dr. Dong-Hoon OH | Univrsiy of Seoul | South Korea |
| Dr. Emine Selcen DARÇIN | Bilecik Seyh Edebali University | Turkey |
| Dr. Ercan MASAL | Sakarya University | Turkey |
| Dr. Ergun KASAP | Gazi University | Turkey |
| Dr. Etem KOKLUKAYA | Gazi University | Turkey |
| Dr. Evrim GENÇ KUMTEPE | Anadolu University | Turkey |
| Dr. Fabricio M. DE ALMEIDA | | |
| Dr. Fahad N. ALFAHAD | King Saud University | Saudi Arabia |
| Dr. Farimah HASHIM | Universiti Malaya | Malaysia |
| Dr. Fatma UNAL | Gazi University | Turkey |
| Dr. Fatma AYAZ | Gazi University | Turkey |
| Dr. Fikret SOYER | Sakarya University | Turkey |
| Dr. Fonk SOON FOOK | Universiti Sains Malaysia | Malaysia |
| Dr. Galip AKAYDIN | Hacettepe University | Turkey |
| Dr. Gülay BİRKÖK | Gebze Institute of Technology | Turkey |
| Dr. Gürer BUDAK | Gazi University | Turkey |
| Dr. Hasan MUJAJ | University of Prishtina | Kosovo |
| Dr. Hasan ARMAN | United Arab Emirates University | United Arab Emirates |
| Dr. Hasan DEMIREL | Eastern Mediterranean University | Turkish Republic of Northern Cyprus |
| Dr. Hasan KIRMIZIBEKMEZ | Yeditepe University | Turkey |
| Dr. Hasan OKUYUCU | Gazi University | Turkey |
| Dr. Hasan Hüseyin ONDER | Gazi University | Turkey |
| Dr. Hayrettin EVİRGEN | Sakarya University | Turkey |
| Dr. Hikmet AYBAR | Eastern Mediterranean University | Turkish Republic of Northern Cyprus |
| Dr. Ho Sooon MIN | INTI International University | Malaysia |
| Dr. Ho-Joon CHOI | Kyonggi University | South Korea |
| Dr. Hüseyin EKIZ | Süleyman Şah University | Turkey |
| Dr. Hüseyin GOKCEKUS | Near East University | Turkish Republic of Northern Cyprus |
| Dr. Hüseyin Murat TÜTÜNCÜ | Sakarya University | Turkey |
| Dr. Hyojin KOO | Woosuk University | South Korea |
| Dr. İbrahim OKUR | Sakarya University | Turkey |

TECHNOLOGY CONFERENCE

| | | |
|----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| Dr. İrfan SURAL | Sakarya University | Turkey |
| Dr. İsmail ÖNDER | Sakarya University | Turkey |
| Dr. İsmail Hakkı CEDİMOĞLU | Sakarya University | Turkey |
| Dr. Jae-Eun LEE | Kyonggi University | South Korea |
| Dr. Jon Chao HONG | National Taiwan Normal University | Taiwan |
| Dr. Joseph S. LEE | National Central University | Taiwan |
| Dr. Kendra A. WEBER | University of Minnesota | United States |
| Dr. Kim Sun HEE | Woosuk University | South Korea |
| Dr. Latif KURT | Ankara University | Turkey |
| Dr. Levent AKSU | Gazi University | Turkey |
| Dr. Li YING | China Central Radio and TV University | China |
| Dr. M. Oğuz KUTLU | Çukurova University | TURKEY |
| Dr. Man-Ki MOON | Chung-Ang University | South Korea |
| Dr. Martha PILAR MÉNDEZ BAUTISTA | EAN University, Bogotá | Colombia |
| Dr. Mehmet TURKER | Gazi University | Turkey |
| Dr. Mehmet YILMAZ | Gazi University | Turkey |
| Dr. Mehmet ÇAĞLAR | Eastern Mediterranean University | Turkish Republic of Northern Cyprus |
| Dr. Melek MASAL | Sakarya University | Turkey |
| Dr. Metin BAŞARIR | Sakarya University | Turkey |
| Dr. Mohamad BIN BILAL ALI | Universiti Teknologi Malaysia | Malaysia |
| Dr. Mohamed BOUOUDINA | University of Bahrain | Bahrain |
| Dr. Mohammad Reza NAGHAVI | University of Tehran | Iran |
| Dr. Mohd Roslan MODH NOR | University of Malaya | Malaysia |
| Dr. Muhammed JAVED | Islamia University of Bahawalpur | Pakistan |
| Dr. Muharrem TOSUN | Sakarya University | Turkey |
| Dr. Murat DİKER | Hacettepe University | Turkey |
| Dr. Musa DOĞAN | Middle East Technical University | Turkey |
| Dr. Mustafa GAZİ | Eastern Mediterranean University | Turkish Republic of Northern Cyprus |
| Dr. Mustafa GÜL | | Turkey |
| Dr. Mustafa DEMİR | Sakarya University | Turkey |
| Dr. Mustafa KALKAN | Dokuz Eylül Üniversitesi | Turkey |
| Dr. Mustafa KOC | Sakarya University | Turkey |
| Dr. Mustafa YILMAZLAR | Sakarya University | Turkey |
| Dr. Nihat AYCAN | Muğla University | Turkey |
| Dr. Nijgün TOSUN | Trakya University | Turkey |
| Dr. Nureddin KIRKAVAK | Eastern Mediterranean University | Turkish Republic of Northern Cyprus |
| Dr. Nursen SUCSUZ | Trakya University | Turkey |

TECHNOLOGY CONFERENCE

| | | |
|----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Dr. Cengiz DEMİR | Cyprus International University | Turkish Republic of Northern Cyprus |
| Dr. Orhan ARSLAN | Gazi University | Turkey |
| Dr. Orhan TORKUL | Sakarya University | Turkey |
| Dr. Osman ÇEREZCİ | Sakarya University | Turkey |
| Dr. Piotr TOMSKI | Czestochowa University of Technology | Poland |
| Dr. Rahmi KARAKUŞ | Sakarya University | Turkey |
| Dr. Raja Rizwan HUSSAIN | King Saud University | Saudi Arabia |
| Dr. Ramdane YOUNSI | Polytechnic University | Canada |
| Dr. Recai ÇOŞKUN | Sakarya University | Turkey |
| Dr. Recep İLERİ | Bursa Orhangazi University | Turkey |
| Dr. Recep KAYMAKCAN | | Turkey |
| Dr. Ridvan KARAPINAR | Yuzuncu Yil University | Turkey |
| Dr. Rifat EFE | Dicle University | Turkey |
| Dr. Ruzman Md. NOOR | Universiti Malaya | Malaysia |
| Dr. S. Can KURNAZ | Sakarya University | Turkey |
| Dr. Sandeep KUMAR | Suny Downstate Medical Center | United States |
| Dr. Sanjeev Kumar SRIVASTAVA | Mitchell Cancer Institute | United States |
| Dr. Selahattin GÖNEN | Dicle University | Turkey |
| Dr. Senay CETINUS | Cumhuriyet University | Turkey |
| Dr. Senol BESOLUK | Sakarya University | Turkey |
| Dr. Sevgi BAYARI | Hacettepe University | Turkey |
| Dr. Sevgi AKAYDIN | Gazi University | Turkey |
| Dr. Sharifah Norul AKMAR | University of Malaya, | Malaysia |
| Dr. Sheng QUEN YU | Beijing Normal University | China |
| Dr. Süleyman ÖZÇELİK | Gazi University | Turkey |
| Dr. Sun Young PARK | Konkuk University | South Korea |
| Dr. Tery L. ALLISON | Governors State University | United States |
| Dr. Türkay DERELİ | Gaziantep University | Turkey |
| Dr. Ümit KOCABIÇAK | Sakarya University | Turkey |
| Dr. Uner KAYABAS | Inonu University | Turkey |
| Dr. Vahdettin SEVİNÇ | Sakarya University | Turkey |
| Dr. Wan Mohd Hirwani WAN HUSSAIN | Universiti Kebangsaan Malaysia | Malaysia |
| Dr. Wan Zah WAN ALI | Universiti Putra Malaysia | Malaysia |
| Dr. Yueah Miao CHEN | National Chung Cheng University | Taiwan |
| Dr. Yüksel GÜÇLÜ | Sakarya University | Turkey |
| Dr. Yusuf KALENDER | Gazi University | Turkey |
| Dr. Yusuf ATALAY | Sakarya University | Turkey |
| Dr. Yusuf KARAKUŞ | Sakarya University | Turkey |
| Dr. Yusup HASHIM | Asia University | Malaysia |

TECHNOLOGY CONFERENCE

| | | |
|---------------|--------------------------------|--------|
| Dr. Zekai SEN | University of Malaga | Malaga |
| Dr. Zekai SEN | Istanbul Technical University, | Turkey |

ISTEC 2011

December 2, 2011

Dear **Birol AKYÜZ**,

We are pleased to inform you that the Advisory Board of ISTEC 2011 (International Science and Technology Conference 2011), after rigorous peer review, has decided to **ACCEPT** your article to be presented at ISTEC 2011 conference.

ISTEC 2011 will be held at Istanbul University, Turkey between December 07-09, 2011.

Article Title : AZ91 MAGNEZYUM ALAŞIMININ İŞLENEBİLİRLİĞİ

Presentation Type : Full Paper Oral Presentation

Thank you in advance for your contribution toward the success of ISTEC; We are looking forward to welcoming you in ISTEC 2011.



Prof. Dr. M. Şahin DÜNDAR

Coordinator



07-09 December 2011 Istanbul / Turkey

www.iste-c.net

International Science & Technology Conference

CERTIFICATE

Dear, **BİROL AKYÜZ**

Thank you for your participation and contribution to the "International Science and Technology Conference – ISTE C 2011"



Prof. Dr. M. Şahin DÜNDAR
COORDINATOR