



## Al-25Zn-3Cu-3Si Alaşımının Tornalanmasında Kaplamasız ve CVD-TiCN Kaplamalı Kesici Uçların Kesme Performansının Karşılaştırılması

### Comparison of the Cutting Performance of Uncoated and CVD-TiCN Coated Inserts in Turning of Al-25Zn-3Cu-3Si Alloy

Şenol Bayraktar<sup>1</sup>, Çiğdem Çamkerten<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği, 53100,Rize, TÜRKİYE

**Başvuru/Received:** 17/03/2020

**Kabul / Accepted:** 19/05/2020

**Çevrimiçi Basım / Published Online:** 30/06/2020

**Son Versiyon/Final Version:** 30/06/2020

#### Öz

Bu çalışmada, Al-25Zn-3Cu-3Si alaşımı orta frekanslı indüksiyon ergitme ocağında kokil kalıba döküm yöntemi kullanılarak üretildi. Tornalama testleri, kaplamasız ve CVD-TiCN kaplamalı karbür kesiciler ile 450 m/dak kesme hızı, 0,05 mm/dev ilerleme ve 1,5 mm kesme derinliği parametreleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kistler 9273 dinamometre ile kesme kuvveti ve Mahr Perthometer izleyici uçlu cihaz ile yüzey pürüzlülükleri ölçüldü. Kesme deneyleri sonucunda, kaplamasız kesici uçlar ile daha düşük kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğünün elde edildiği tespit edildi. CVD-TiCN kaplamalı kesici uçta yığıntı talaş oluşurken kaplamasız kesici uçta ise yığıntı katmanının oluştuğu gözlenmiştir. Her iki kesici uç ile alaşımın işlenmesi esnasında kırılğan talaş oluşmuştur. Ancak, kaplamasız kesici uç ile oluşan talaş formunun daha uzun ve kıvrımlı olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen deneysel sonuçlar, kaplamasız kesicinin daha büyük talaş açısına sahip olmasına dayandırılarak açıklanmıştır.

#### Anahtar Kelimeler

“Al-Zn Alaşımı, Mekanik Özellikler, Tornalama, Kesme Kuvveti, Yüzey Pürüzlülüğü”

#### Abstract

In this study, Al-25Zn-3Cu-3Si alloy was produced in medium frequency induction melting furnace using the gravity casting method. Turning tests were carried out with uncoated and CVD-TiCN coated carbide inserts using 450 m/min cutting speed, 0.05 mm/rev feed rate and 1.5 mm depth of cut parameters. While Kistler 9273 dynamometer was used for cutting force measurement, Mahr Perthometer tracer-tip device was used for surface roughness measurement. As a result of cutting experiments, it was determined that uncoated inserts provide lower cutting force and surface roughness. It was observed that a built-up edge (BUE) was formed on the CVD-TiCN coated insert while a built-up layer (BUL) layer was formed on the uncoated insert. Brittle chips were formed during the machining of the alloy with both inserts. However, it was found that the chip form was longer and curved using uncoated insert. The experimental results are explained based on the fact that the uncoated insert has a bigger rake angle than the CVD-TiCN coated insert.

#### Key Words

“Al-Zn Alloy, Mechanical Properties, Turning, Cutting Force, Surface Roughness”

## 1. Giriş

Alüminyum alaşımları, yüksek mukavemet/yoğunluk, hafiflik, korozyon direnci ve kolay şekillendirilebilme özellikleri bakımından havacılık, otomotiv ve medikal sektöründe yoğun olarak tercih edilmektedir (Nouari vd. 2003). Bu malzemeler, kullanımda istenen özelliklere bağlı olarak farklı elementler ile alaşımlandırılabilir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda yatak malzemesi olarak kullanılan Al-Zn esaslı alaşımların üstün tribolojik özellikler sergilediği bilinmektedir (Savaşkan ve Hekimoğlu 2016). Yüksek alüminyum içeren ikili Al-Zn alaşımları göz önüne alındığında, Al-25Zn alaşımı en yüksek sertlik, çekme dayanımı ve aşınmaya dayanıklı özelliklere sahiptir. İkili Al-25Zn alaşımına bakır (Cu) ilavesi ile birlikte Al-25Zn alaşımının tribolojik ve mekanik özellikleri geliştirildiği ve literatürde Al-25Zn-3Cu alaşımının optimum özelliklere sahip olduğu ortaya konulmuştur (Savaşkan vd. 2009, Bican ve Savaşkan 2014). Ayrıca, bu alaşıma yapılan silisyum (Si) ilavesi ile Al-25Zn-3Cu-3Si'nin mukavemet ve aşınma direnci geliştirilmektedir (Savaşkan ve Bican 2010). Bu alaşımlar geleneksel bronz yataklama malzemelerinden daha üstün olup, mekanik ve tribolojik özellikleri bakımından çinko esaslı monotektoid alaşımlarının yerine kullanılabilir (Prasad vd.1997, Savaşkan ve Azaklı 2008, Savaşkan vd. 2003). Döküm yöntemi ile üretilen alaşımların mekanik sistemlerde nihai ürün olarak kullanılabilmesi için tormalama, frezeleme ve delme gibi talaşlı imalat operasyonlarına tabi tutulması gerekmektedir. İmalat operasyonlarında malzemelerin işlenebilirliği kesme hızı, ilerleme, kesme derinliği, kesici takım geometrisi ve malzemesi değişkenleri doğrultusunda kesme kuvveti, yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması gibi çıktılar ile belirlenmektedir. Bu çıktılara göre malzemelerin işlenebilirlik özellikleri ortaya konulmaktadır. Literatürde Al-Zn esaslı malzemelerin işlenmesi üzerine sınırlı sayıda çalışmanın yapıldığı tespit edilmiştir. Trujillo ve ark., Al-Zn (UNS A97050) malzemenin TiN kaplamalı WC-Co uçlar ile tormalanmasında farklı geometrik toleranslardaki sapmaların kesme hızı ve ilerlemedeki değişimlerden çok az etkilendiğini (Trujillo vd. 2014), Sanchez ve ark., TiN kaplamalı WC-Co uçlar ile UNS A97050'in tormalanmasında, kesme esnasında termo-mekanik mekanizmaların etkisi ile talaş yüzeyinde yığıntı katmanının oluştuğunu ve buna bağlı olarak ilk kesme koşullarının değişmesi ve mekanik adhezyonun etkisi ile yığıntı talaşın oluştuğunu (Sánchez vd. 2005), Bayraktar ve Hekimoğlu, kaplamasız karbür kesici ile Al-Zn alaşımlarının frezelenmesinde Zn oranının artması ile kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğünün azaldığını (Bayraktar ve Hekimoğlu 2020), Hekimoğlu ve ark., Al-35Zn alaşımının işlenmesinde kesme hızının artması ile kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü azalırken, ilerlemenin artması ile arttığını ve kaplamasız karbür frezenin TiAlN kaplamalı takımlara göre daha iyi performans sergilediğini (Hekimoğlu vd. 2018) belirtmişlerdir. Literatürdeki çalışmalarda genel olarak Al-Zn esaslı alaşımlar ile ilgili mekanik ve işlenebilirlik özellikleri ile bu alaşımlara Cu ve Si ilave edilerek elde edilen Al-25Zn-3Cu ve Al-25Zn-3Cu-3Si alaşımların mekanik ve tribolojik özelliklerinin araştırıldığı tespit edilmiştir. Ancak, yüksek miktarda alüminyum içeren Al-Zn alaşımları içinde üstün mukavemet ve aşınma direnci özellikleri sergileyen Al-25Zn-3Cu-3Si alaşımının işleme özellikleri ve işlenmesi esnasında farklı kesici takımların kesme performansına etkileri, henüz ortaya konulmamıştır. Bu sebeple, bu çalışmada sabit kesme parametreleri ile Al-25Zn-3Cu-3Si alaşımının tormalanmasında kaplamasız ve CVD-TiCN kaplamalı karbür kesici uçların kesme performansı, kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü bakımından araştırılmıştır.

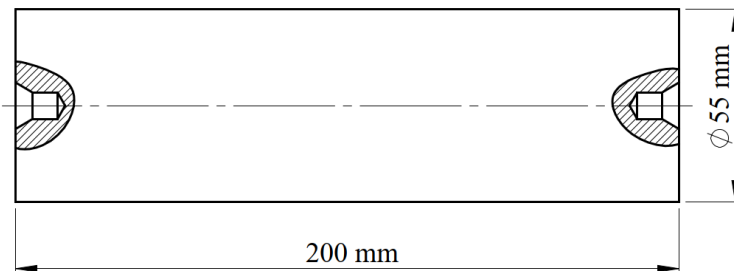
## 2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada, Al-25Zn-3Cu-3Si alaşımı indüksiyon ergitme ocağında kokil kalıba döküm yöntemi ile üretilmesi için %99,8 saflıkta Al, Zn, Cu ve Si kullanıldı. Kimyasal bileşim oranlarına göre kullanılması gereken her bir elementin ağırlığı hesaplanarak, SAE 8620 çeliğinden yapılan kokil kalıp içerisine yaklaşık 675°C'de dökülerek katılaştırıldı. Alaşımın nominal kimyasal bileşimi Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Al-25Zn-3Cu-3Si alaşımının nominal kimyasal bileşimleri

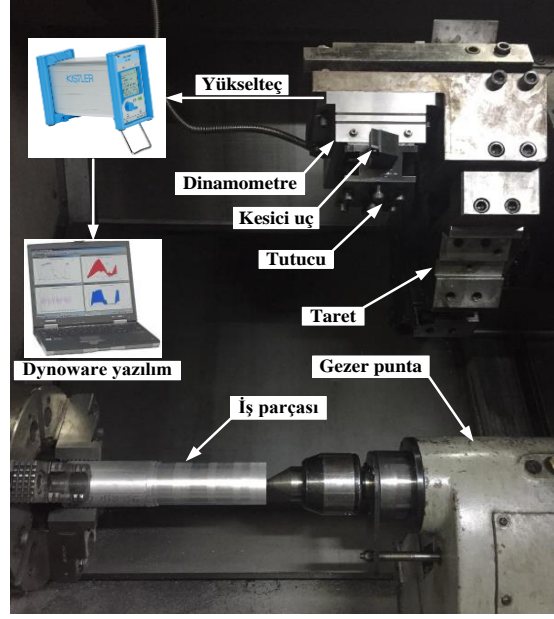
Alaşım	Ağırlıkça element oranı (%)			
	Çinko	Bakır	Silisyum	Alüminyum
Al-25Zn-3Cu-3Si	25	3	3	Kalan

Döküm işleminden sonra konik olarak kokil kalıptan çıkarılan alaşım, Şekil 1'deki gibi Ø55x200mm ölçülerinde olacak şekilde universal torna tezgahında tormalanmıştır. Tormalama deneyleri için Sumitomo Electric firması tarafından üretilen kaplamasız (DCGT 11T308N-AG; Uç yarıçapı:0,8 mm; Talaş açısı:20°; Boşluk açısı:7°) ve CVD-TiCN kaplamalı (DCMT 11T308N-MU; Uç yarıçapı:0,8 mm; Talaş açısı:0°; Boşluk açısı:7°) kesici uçlar, sabit 450 m/dak kesme hızı, 0,05 mm/dev ilerleme ve 1,5 mm kesme derinliği değerleri kullanılmıştır. Kesme parametreleri, literatürde yapılan çalışmalar dikkate alınarak tespit edilmiştir (Agustina vd. 2011, Marcos-Bárcena vd. 2005).



**Şekil 1.** Al-25Zn-3Cu-3Si alaşımının teknik resmi

Tornalama deneyleri, Şekil 2’de verilen deney düzeneğine göre kaplamasız ve CVD-TiCN kaplamalı karbür uçlar için her bir deney üçer kez tekrarlanarak kuru kesme şartları altında yapıldı. Bu deney düzeneğinde, kesme esnasında kesici takıma  $F_x$ ,  $F_y$  ve  $F_z$  yönlerinde gelen titreşim sinyalleri, Kistler 9273 dinamometre ile algılandıktan sonra Kistler marka yükseltece ve buradan da Dynoware yazılımına aktarılarak grafiklere dönüştürülmüştür. Daha sonra bu grafiklerden  $F_x$ ,  $F_y$  ve  $F_z$  kuvvetleri elde edilerek bileşke kesme kuvveti ( $F$ ) aşağıda verilen Eş.(1)’e göre hesaplanmıştır.



Şekil 2. Tornalama deney düzeneği

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2} \quad (1)$$

Kesme deneylerinden sonra işlenen yüzeylerin ortalama yüzey pürüzlülüğü ( $R_a$ ), Mahr Perthometer M1 marka izleyici uçlu pürüzlülük ölçme cihazı ile Eş.(2)’ye göre ölçüldü. Burada  $L$ , ölçme uzunluğunu,  $y$  ise koordinat değerini ifade etmektedir. Deney sonrası ölçülen değerler, beşer kez tekrarlanmış olup elde edilen değerlerin aritmetik ortalaması hesaplanarak ortalama yüzey pürüzlülüğü tespit edilmiştir.

$$R_a = \frac{1}{L} \int_0^L |y(x)| dx \quad (2)$$

### 3. Bulgular ve Tartışma

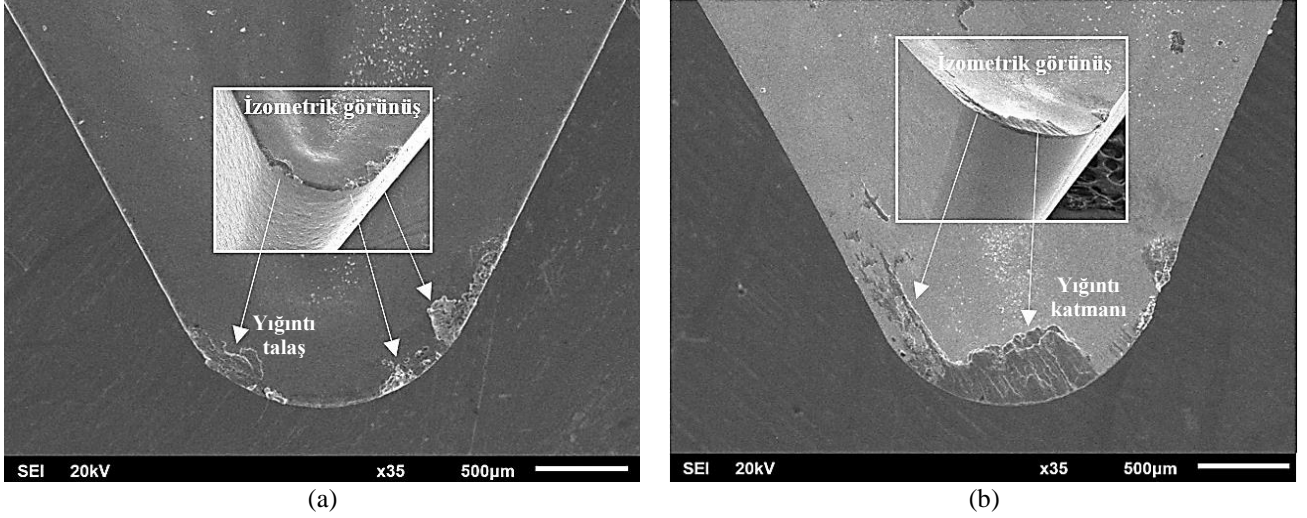
Alaşımın içyapısı ve mekanik özellikleri detaylı olarak incelenerek literatürdeki çalışmalarda (Bayraktar vd. 2020, Bican ve Savaşkan 2014, Savaşkan ve Bican 2010a, Savaşkan ve Bican, 2010b) ortaya konulmuştur. Buna göre, Al-25Zn-3Cu-3Si alaşımının içyapısının  $\alpha$ ,  $\alpha+\eta$ ,  $\theta$  fazlarının yanı sıra ötektik ve primer silisyum parçacıklarından oluştuğu tespit edilmiştir. Ayrıca, bu çalışmalarda alaşımın Brinell sertlik değerinin ~141, akma mukavemetinin ~320 MPa, çekme mukavemetinin ~334 MPa ve kopma uzamasının ~%0,83 olduğu belirtilmiştir (Bayraktar vd. 2020, Bican ve Savaşkan 2014, Savaşkan ve Bican 2010a, Savaşkan ve Bican, 2010b).

CVD-TiCN kaplamalı karbür kesici takım ile tornalama işleminde kesme esnasında oluşan kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin kaplamasız kesici takıma göre daha fazla olduğu belirlenmiştir (Tablo 2). Bu durum, kaplamasız kesicinin daha büyük talaş açısına sahip olması ile açıklanabilir. Alüminyum alaşımlarının işlenmesi esnasında birçok işleme yönteminde olduğu gibi talaş açısı faktörü kesme kuvveti, yığıntı talaş ve yığıntı katman oluşumu üzerinde önemli etkiye sahiptir. Talaş açısının artması, alüminyum esaslı alaşımlarda kesici takım-ış parçası temas yüzeyini azaltarak kesme işlemini kolaylaştırdığı bilinmektedir (Sekmen vd. 2015, Yanda vd. 2010, Aydın ve Özçatalbaş 2003). Böylelikle, yığıntı talaş ve yığıntı katman oluşumunun azalmasına bağlı olarak kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin azaldığı düşünülmektedir.

**Tablo 2.** Tornalama işlemi sonrasında ölçülen kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü değerleri

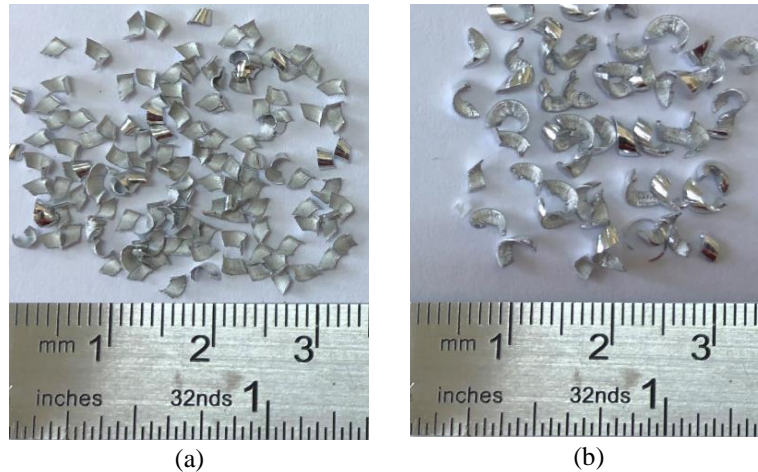
Kesici takım	Kesme kuvveti (N)	Yüzey pürüzlülüğü ( $\mu\text{m}$ )
CVD-TiCN kaplamalı karbür	197,214	0,578
Kaplamasız karbür	146,158	0,495

Kesme işlemi esnasında CVD-TiCN kaplamalı uçta iş parçası malzemesinin kesici uç talaş yüzeyine yapışması ile yığıntı talaş (Şekil 3a), kaplamasız kesici uçta ise iş parçası malzemesinin talaş yüzeyinde geniş bir alana ince tabaka halinde yapışması ile yığıntı katmanının oluştuğu gözlenmiştir (Şekil 3b). Yukarıda da belirtildiği gibi talaş açısının artması, takım-iş parçası temas yüzeyini azaltmakta ve böylelikle kesici kenarda yığıntı talaş oluşumunu azaltıcı bir etken olarak ortaya çıkmaktadır (Jeelani ve Musial 1986). Ayrıca bu durum, talaş açısı faktörünün yanı sıra kesici takımdaki kaplama malzemesi iş parçası malzemesinin kesici takıma yapışmasını kolaylaştırmasına ve takım ucunda oluşan ısınmanın daha az gerçekleşmesine bağlı olarak talaşın takım ucundan daha yavaş uzaklaşması ile açıklanabilmektedir (Pul ve Şeker 2004). Dolayısı ile kaplamasız kesici ucun kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü bakımından CVD-TiCN kaplamalı kesiciye göre daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.



Şekil. 3. Kesme işlemi esnasında kesici uçlarda oluşan yığıntı talaş ve yığıntı katmanı, (a) CVD-TiCN kaplamalı; (b) Kaplamasız

İşleme esnasında kırılmayacak kadar süneklığe sahip saf alüminyum, kesici takıma yapışmakta ve yığıntı talaş oluşumuna sebep olmaktadır. Bazı alaşım elementleri eklenerek kesici takımda oluşabilecek yapışma azaltılabilmekte ve daha kırılğan talaş yapısı elde edilebilmektedir. Bakır, silisyum, çinko ve magnezyum gibi katı çözümleri oluşumuna ( $Al_2Cu$ ,  $Mg_2Si$ ,  $FeAl_3$ ) katkı sağlayan elementler, alüminyum matrisin sertliğini arttırmakta ve böylece yığıntı talaş oluşumunu azaltarak alaşımın işlenebilirlik özelliklerini geliştirmektedir (Tay ve Lee 1992, Dwivedi vd. 2008, Bayraktar ve Afyon, 2020). Her iki kesici uç ile kesme işlemi esnasında oluşan talaş yapısının kırılğan olduğu gözlenmiştir. Kırılğan talaşın gevrek veya sert malzemelerin işlenmesinde oluşan talaş yapısı olduğu literatürdeki çalışmalardan da bilinmektedir (Sadiq vd. 2019, Dwivedi vd. 2008, Bayraktar ve Demir, 2020). Kaplamasız kesici uçlar ile kesme esnasında oluşan talaşların CVD-TiCN kaplamalı kesicilere göre daha uzun, kırılğan ve kıvrılmış bir yapıya sahip olduğu gözlenmiştir (Şekil 4). Bu durum, kaplamasız kesici uçların daha büyük talaş açısına sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Ceretti vd. 1996, Lo 2000).



Şekil. 4. Kesme işlemi sonrasında oluşan talaş yapısı, (a) CVD-TiCN kaplamalı; (b) Kaplamasız karbür kesici

#### 4. Sonuçlar

Bu çalışmada, Al-25Zn-3Cu-3Si alaşımının kaplamasız ve CVD-TiCN kaplamalı karbür kesiciler ile tornalama işleminde kesici takımların kesme performansı, kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü bakımından deneysel olarak araştırılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

- Kaplamasız kesici uçlar ile yapılan deneyler sonucunda CVD-TiCN kaplamalı uçlara göre daha düşük kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin ölçüldüğü ve bunun da kaplamasız kesici uçların daha büyük talaş açısına sahip olmasından kaynaklandığı belirlenmiştir.
- CVD-TiCN kaplamalı kesici uça yığıntı talaş, kaplamasız kesici uça ise yığıntı katmanın oluştuğu gözlenmiştir.
- Her iki kesici uç ile kesme işlemi sonucunda kırılmalı talaş yapısının oluştuğu, kaplamasız kesici uçlar ile büyük talaş açısına bağlı olarak daha uzun ve kıvrımlı talaş yapısının oluştuğu tespit edilmiştir.
- Kesme kuvveti, yüzey pürüzlülüğü, yığıntı talaş, yığıntı katman ve talaş formu üzerinde talaş açısı faktörünün etkili olduğu ortaya konulmuştur.

#### Teşekkürler

Bu çalışma, “2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı” kapsamında 1919B011702369 numaralı proje ile TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir.

#### Referanslar

Agustina, D.B., Saá, A., Marcos Bárcena, M., Rubio, E.M. (2011). Analysis of the machinability of aluminium alloys UNS A97050-T7 and UNS A92024-T3 during short dry turning tests. In *Advanced Materials Research*, 264, 931-936. doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.264-265.931.

Aydın, B., Özçatalbaş, Y. (2003). AA2014 (T6) Alaşımının İşlenebilirlik Özelliklerine Kesici Takım Geometrisinin Etkisi. *Makina Tasarım ve İmalat Dergisi*, 5(2), 89-95.

Bayraktar, Ş., Afyon, F. (2020). Machinability properties of Al-7Si, Al-7Si-4Zn and Al-7Si-4Zn-3Cu alloys. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 42(4), 1-12.

Bayraktar, Ş., Demir, O. (2020). Processing of T6 heat-treated Al-12Si-0.6 Mg alloy. *Materials and Manufacturing Processes*, 35(3), 354-362.

Bayraktar, Ş., Çankerten, Ç., Salihoğlu, N. (2020). Bakır ve Silisyum İlavelerinin Al-25Zn Alaşımının CVD Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Kaplamalı Takımlarla Tornalanmasında İşlenebilirliğe Etkisinin İncelenmesi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, 8(1), 79-93. doi:10.29109/gujsc.618229.

Bayraktar, Ş., Hekimoğlu, A.P. (2020). Effect of Zinc Content and Cutting Tool Coating on the Machinability of the Al-(5-35) Zn Alloys. *Metals and Materials International*, 26(4), 477-490. doi:10.1007/s12540-019-00582-y.

Bican, O., Savaşkan, T. (2014). A comparative Study of Lubricated Friction and Wear Behaviour of Al-25Zn-3Cu-3Si Bearing Alloy. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology*, 228(8), 896-903. doi:10.1177/1350650114537473.

Ceretti, E., Fallböhmer, P., Wu, W.T., Altan, T. (1996). Application of 2D FEM to Chip Formation in Orthogonal Cutting. *Journal of Materials Processing Technology*, 59(1-2), 169-180. doi:10.1016/0924-0136(96)02296-0.

Dwivedi, D., Sharma, A., Rajan, T. (2008). Machining of LM13 and LM28 Cast Aluminium Alloys: Part I. *Journal of Materials Processing Technology*, 196(1), 197-204. doi:10.1016/j.jmatprotec.2007.05.032.

Hekimoğlu, A.P., Bayraktar, Ş., Turgut, Y. (2018). Kesme Hızı ve İlerlemenin Al-35Zn Alaşımının İşlenebilirliğine Etkisinin İncelenmesi. 2<sup>nd</sup> International Symposium on Innovative Approaches in Scientific Studies, 77-83, Samsun, Turkey.

Jeelani, S., Musial, M. (1986). Dependence of Fatigue Life on the Surface Integrity in the Machining of 2024-T351 Aluminum Alloy-Unlubricated Conditions. *Journal of Materials Science*, 21, 155-160. doi:10.1007/BF01144714.

Lo, S.P. (2000). An Analysis of Cutting Under Different Rake Angles Using the Finite Element Method. *Journal of Materials Processing Technology*, 105(1-2), 143-151. doi: 10.1016/S0924-0136(00)00650-6.

- Marcos-Bárcena, M., Sebastián-Pérez, M.A., Contreras-Samper, J.P., Sánchez-Carrilero, M., Sánchez-López, M., Sánchez-Sola, J.M. (2005). Study of roundness on cylindrical bars turned of aluminium-copper alloys UNS A92024. *Journal of Materials Processing Technology*, 162, 644-648. doi: 10.1016/j.jmatprotec.2005.02.061.
- Nouari, M., List, G., Girot, F., Coupard, D. (2003). Experimental Analysis and Optimisation of Tool Wear in Dry Machining of Aluminium Alloys. *Wear*, 255(7-12), 1359-1368. doi: 10.1016/S0043-1648(03)00105-4.
- Prasad, B.K., Patwardhan, A.K., Yegneswaran, A.H. (1997). Dry Sliding Wear Response of a Modified Zinc-Based Alloy. *Materials Transactions*, 38(3), 197-204. doi: 10.2320/matertrans1989.38.197.
- Pul, M., Şeker, U. (2004). Metal Matrisli Kompozitlerin Tornalanmasında İlerleme Oranının Kesici Takım Aşınma Davranışlarına Etkisi. *Politeknik Dergisi*, 17(3), 99-106. doi: 2339/2014.17.399-106.
- Sadiq, T.O., Hameed, B.A., Idris, J., Olaoye, O., Nursyaza, S., Samsudin, Z.H., Hasnan, M.I. (2019). Effect of Different Machining Parameters on Surface Roughness of Aluminium Alloys Based on Si and Mg Content. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 41(10), 1-11. doi: 10.1007/s40430-019-1948-8.
- Sánchez, J.M., Rubio, E., Álvarez, M., Sebastián, M.A., Marcos, M. (2005). Microstructural Characterisation of Material Adhered Over Cutting Tool in the Dry Machining of Aerospace Aluminium Alloys. *Journal of Materials Processing Technology*, 164, 911-918. doi:10.1016/j.jmatprotec.2005.02.058.
- Savaşkan, T., Azaklı, Z. (2008). An Investigation of Lubricated Friction and Wear Properties of Zn-40Al-2Cu-2Si Alloy in Comparison with SAE 65 Bearing Bronze. *Wear*, 264(11-12), 920-928. doi:10.1016/j.wear.2007.06.008.
- Savaşkan, T., Bican, O., Alemdağ, Y. (2009). Developing Aluminium-Zinc-Based a New Alloy for Tribological Applications. *Journal of Materials Science*, 44(8), 1969-1976. doi: 10.1007/s10853-009-3297-y.
- Savaşkan, T., Bican, O. (2010). Dry Sliding Friction and Wear Properties of Al-25Zn-3Cu-3Si Alloy. *Tribology International*, 43(8), 1346-1352. doi: 10.1016/j.triboint.2010.01.001.
- Savaşkan, T., Bican, O. (2010). Dry Sliding Friction and Wear Properties of Al-25Zn-3Cu-(0-5)Si Alloys in the As-Cast and Heat-Treated Conditions. *Tribology letters*, 40(3), 327-336. doi: 10.1007/s11249-010-9667-4.
- Savaşkan, T., Hekimoğlu, A.P. (2016). Relationships Between Mechanical and Tribological Properties of Zn-15Al-Based Ternary and Quaternary Alloys. *International Journal of Materials Research*, 107(7), 646-652. doi: 10.3139/146.111390.
- Savaşkan, T., Pürçek, G., Hekimoğlu, A.P. (2003). Effect of Copper Content on the Mechanical and Tribological Properties of ZnAl27-Based Alloys. *Tribology Letters*, 15(3), 257-263. doi:10.1023/A:1024817304351.
- Sekmen, M., Günay, M., Şeker, U. (2015). Alüminyum Alaşımlarının İşlenmesinde Kesme Hızı ve Talaş Açısının Yüzey Pürüzlülüğü, Yığıntı Talaş ve Yığıntı Katmanı Oluşumu Üzerine Etkisi. *Politeknik Dergisi*, 18(3), 141-148. doi: 10.2339/2015.18.3141-148.
- Tay, A.A.O., Lee, K.H. (1992). Calculation of Temperature Distributions in Machining Using a Hybrid Finite-Element-Boundary-Element Method. *Journal of Materials Processing Technology*, 29(1-3), 47-62. doi: 10.1016/0924-0136(92)90424-Q.
- Trujillo, F.J., Sevilla, L., Marcos, M. (2014). Cutting Speed-Feed Coupled Experimental Model for Geometric Deviations in the Dry Turning of UNS A97075 Al-Zn Alloys. *Advances in Mechanical Engineering*, 6, 1-11. doi: 10.1155/2014/382435.
- Yanda, H., Ghani, J.A., Haron, C.H.C. (2010). Effect of Rake Angle on Stress, Strain and Temperature on the Edge of Carbide Cutting Tool in Orthogonal Cutting Using FEM Simulation. *Journal of Engineering and Technological Sciences*, 42(2), 179-194. doi:10.5614/itbj.eng.sci.2010.42.2.6.