

Al-5005'in DELİNMESİNDE DELME PARAMETRELERİNİN ÇAPAK OLUŞUMUNA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Erkan Bahçe*, Erol Kılıçkap, Cihan ÖZEL*****

*ebahce@inonu.edu.tr İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü,
44280-Malatya

**ekilickap@dicle.edu.tr Dicle Üniversitesi, Mühendislik Fak., Makine Mühendisliği Bölümü,
21280-Diyarbakır

***cozel@firat.edu.tr Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü,
23119-Elazığ

ÖZET

Alüminyum alaşımları kolay işlenebilir olması ve düşük yoğunluğa, yüksek korozyon direncine ve mukavemete, yüksek elektrik ve ısı iletkenliğine sahip olması nedeniyle endüstrinin farklı alanlarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bununla birlikte, bu malzemelerin endüstriyel alanlarda kullanımında, malzemenin delinmesinde ve işlenmesinde çapak oluşumu gibi problemlerle karşılaşmaktadır. Bu çalışmada, Al-5005 malzemesinin delinmesinde delik çıkış bölgesinde oluşan çapak yüksekliklerinin değişimleri incelenmiştir. Delme deneyleri farklı devir sayıları (400, 600, 800 ve 1000 dev/dak), ilerleme oranları (0.1, 0.15, 0.20 ve 0.25 mm/dev) ve matkap uç açıları (90, 118, 130 ve 140°) kullanılarak yapıldı. Deneylerde matkap uçlarının ilerleme ve devir sayılarının artmasına bağlı olarak çapak yüksekliklerinin arttığı ve uç açısı 130° olan matkap ile yapılan delme işlemlerinde en düşük çapak yüksekliğinin elde edildiği görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: Delme işlemi, alüminyum, çapak oluşumu,

ABSTRACT

Due to their particular specification such as of machining low density high corrosion resistance, strength, high electrical and heat conductivity aluminum alloys are widely used in different fields of industry. However the formation of burr during drilling and machining process can cause problems in industrial applications. In this study the effects of drilling parameters (speed-400, 600, 800, 1000 rev/min, feed-0.1, 0.15, 0.20, 0.25 mm/rev and point angles - 90, 118, 130, 140°) on the formation of burr heights during drilling process of Al-5005 were investigated. During experimentation it was observed that the burr heights were increasing with increase of the feed and speed of drill point. The lowest burr heights were obtained for 130° angle of drill point.

Keywords: Drilling, aluminum, burr formation

1. GİRİŞ

Alüminyum alaşımları temel bir mühendislik malzemesi olarak uzay, havacılık ve otomotiv gibi endüstrilerde yaygın kullanım alanı bulabilmektedir. Bu malzemelerin endüstride kullanılabilmesi için bazı imalat aşamalarından geçmesi gerekir. Alüminyum alaşımlarına en çok uygulanan imalat yöntemi delme işlemidir [1,2]. Deliklerin delinmesi sonucunda arzu edilmeyen bir çıkıntı oluşmaktadır, plastik şekil değiştirme sonucu olarak malzemede arzu edilmeyen bu tür çıkıntılara çapak adı verilmektedir. İşlenmiş parçaların özellikle kenar ve delik kısımlarda meydana gelen çapak oluşumunun sebeplerini anlayabilmek oldukça önemlidir. Çünkü çapak oluşumu iş parçasının hassasiyetini ve kalitesini etkilemektedir.

Delme işleminde çapak oluşumu parçanın işleme şartları, malzemenin özelliği ve takım geometrisi gibi birçok parametreden etkilenen karmaşık bir olaydır. İstenilen yüzey kalitesini sağlayabilmek için gerekli olan işleme parametrelerin, malzemenin türü ve işlenebilirliği ile uyumlu olması önemlidir. Metal malzemelerin delinmesinde, çapak oluşumu ve deformasyon sıkça görülen bir durumdur. Özellikle alüminyum malzemelerde çapak oluşumu ve oluşan çapakların minimum seviyeye indirilmesi gün geçtikçe önem kazanan bir problemdir. Çapak, delme işlemi esnasında deliğin merkezinde matkapın ilerlemesinden kaynaklı yüksek basınçtan dolayı oluşan plastik şekil değiştirme durumudur. Delme işleminde oluşan çapak, delme şartlarından (tezgâhın titreşimi, devir sayısı, ilerleme, kesme sıvısı kullanılıp kullanılmadığı gibi), iş parçasından (sertliği, sünekliği, mekanik dayanımı, kalınlığı ve geometrisi gibi) ve kesici takımdan (geometrisi, takım aşınması, çapı ve malzemesi gibi) önemli derecede etkilenmektedir [2, 3].

Delme işlemi sırasında oluşan çapakların yok edilmesi ya da azaltılması büyük bir öneme sahiptir. Bundan dolayı delme sonucu çapak oluşumunu ve çapağı oluşturan işleme parametrelerini iyi bir şekilde anlayabilmek, çapak boyutunu daha çapak oluşumu aşamasındayken kontrol edebilmek açısından oldukça önemlidir. Çapakların temizlenmesi işlemi, parçanın zarar görmesine, zaman israfına ve imalatta ekstra maliyetlere sebep olmasından dolayı verimli bir işlem olmayıp mümkün olduğu kadarıyla en aza indirilmelidir. Bu da bizleri çapağın önlenmesi veya minimize edilmesi için gerekli işlemleri anlamaya yönlendirir. Bunu gerçekleştirmenin yolu ise matkap geometrisi ve delme parametrelerinin optimizasyonu ile mümkün olmaktadır. Bununla beraber, daha önceki çalışmalardan çapak boyutunun azaltılmasının mümkün olduğu, ancak tamamıyla yok edilmesinin mümkün olmadığı görülmüştür [4]. Bu durumda, çapak oluşumu engellenerek veya minimum düzeyde tutulması sağlanarak maliyetleri düşürmek kaçınılmazdır. Çapak oluşumunun engellenmesi ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde, Kim ve Dornfeld [2], sünek malzemelerin delinmesinde oluşan çapak için analitik bir model geliştirmişlerdir. Sünek malzemeler için oluşturulan model, iş parçasının delinmesinde oluşan plastik deformasyon dikkate alınarak geliştirilmiştir. Onlar delme sonucunda iş parçasının davranışlarını gözlemleyerek geliştirmiş oldukları analitik modelin çapak oluşumunu önlemeye yardımcı olduğunu önermişlerdir. Nouari ve arkadaşları [8], 2024 T351 alüminyum alaşımını kuru delme işlemine tabi tutmuşlar ve işlenen yüzeyin hem boyutsal doğruluğunun iyi olması hem de kesici takım ömrünün uzun olması için deneysel olarak analiz ve optimizasyon yapmışlardır. Ayrıca onlar deliğin yüzey pürüzlülüğünü, çapak oluşumunu ve boyutsal sapmalarını da kesme parametrelerine ve takım malzemesine ve geometrisine bağlı olarak incelemişlerdir. Lin ve Syhu [9], farklı kaplamalı matkap uçları ile paslanmaz çeliklerin delinmesinde takım ömrünün ve çapak oluşumunun iyileştirilmesi üzerinde çalışmışlardır. Daha uzun ömürlü takım ömrü ve daha düşük çapak yüksekliği

için en uygun kesme şartlarının 0.6 mm/dev ilerleme değerinde olduğunu gözlemlemişlerdir. Gillespie ve Blotter [10] talaşlı işleme sonucu oluşan çapakların özellikleri ve şekli üzerine yapmış oldukları çalışmada; takım geometrisi, delme parametreleri ve malzemeye ait özelliklerin çapak üzerine olan etkilerini incelemiş ve oluşan çapakları şekillerine göre sınıflandırmışlardır. Kılıçkap [11, 12] Al-7075 alaşımı bir malzemenin delinmesi esnasında delik çıkışında oluşan çapak yüksekliği ve delik yüzeyinin yüzey pürüzlülüğünü incelemiştir. Farklı devir sayısı, ilerleme ve matkap uç açıları kullanılarak yapılan çalışmada, ilerleme ve devir sayısının artması ile çapak yüksekliğinin arttığı, büyük uç açılı matkap ucu kullanıldığında ise çapak yüksekliğinin azaldığını tespit etmiştir. Stein ve Dornfeld [13] paslanmaz çeliklerin delinmesinde oluşan çapağın yüksekliği, kalınlığı ve geometrisi üzerine bir çalışma sunmuşlardır. Bu çalışmada, çapak kontrolü için bir yöntem geliştirmişlerdir. Ayrıca, çapak oluşumu mekanizmasını anlamak için bazı analitik çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda, çapak oluşumu ve çapağı etkileyen parametrelere dayalı modeller geliştirilmiştir [4, 9-11].

Bu çalışmada, Al-5005 malzemesinin kuru delme şartlarında, farklı devir sayıları, ilerlemeler ve matkap uç açıları gibi işleme parametrelerinin çapak oluşumu üzerine etkileri deneysel olarak incelenmiştir.

2. MALZEME VE YÖNTEM

Deneysel iş parçası malzemesi olarak yoğunluğu düşük, korozyon direnci ve mukavemet değerleri yüksek, kolay işlenebilen bir alüminyum alaşımı olan Al-5005 kullanıldı. Deneysel malzemesi olarak kullanılan Al-5005 alaşımı 200x40x5 mm boyutlarında temin edildi. Al-5005'in kimyasal bileşimi ve mekanik özellikleri sırasıyla Tablo 1 ve Tablo 2'de görülmektedir.

Tablo 1. Al-5005'in kimyasal bileşimi

<i>Element</i>	<i>Ağırlık(%)</i>
Si	≤0.30
Fe	0.7
Cu	≤0.20
Mn	≤0.20
Mg	0.50-1.10
Cr	≤0.10
Zn	≤0.25
Diğerleri	0.15
Al	Kalan

Tablo 2. Al-5005'in mekanik özellikleri

<i>Parametreler</i>	<i>Değerleri</i>
Çekme dayanımı (MPa)	138
Akma dayanımı (MPa)	117
Sertlik (BSD)	36
Elastiklik modülü (GPa)	68.9

Bu çalışmada, farklı delme parametrelerine göre Al5005 malzemesinin delinmesinde oluşan çapakların değişimlerinin incelemek için deneyler yapılmıştır. Deneysel çalışmada azami devri 8000 d/dak, iş mili gücü 5.5 kW olan Taksan TMC 700 V CNC dik işleme merkezi kullanıldı. Deneysel çalışmada kullanılan delme parametreleri ve değerleri Tablo 3'te

verilmiştir. Deneylerde kesme sıvısı kullanılmamıştır.

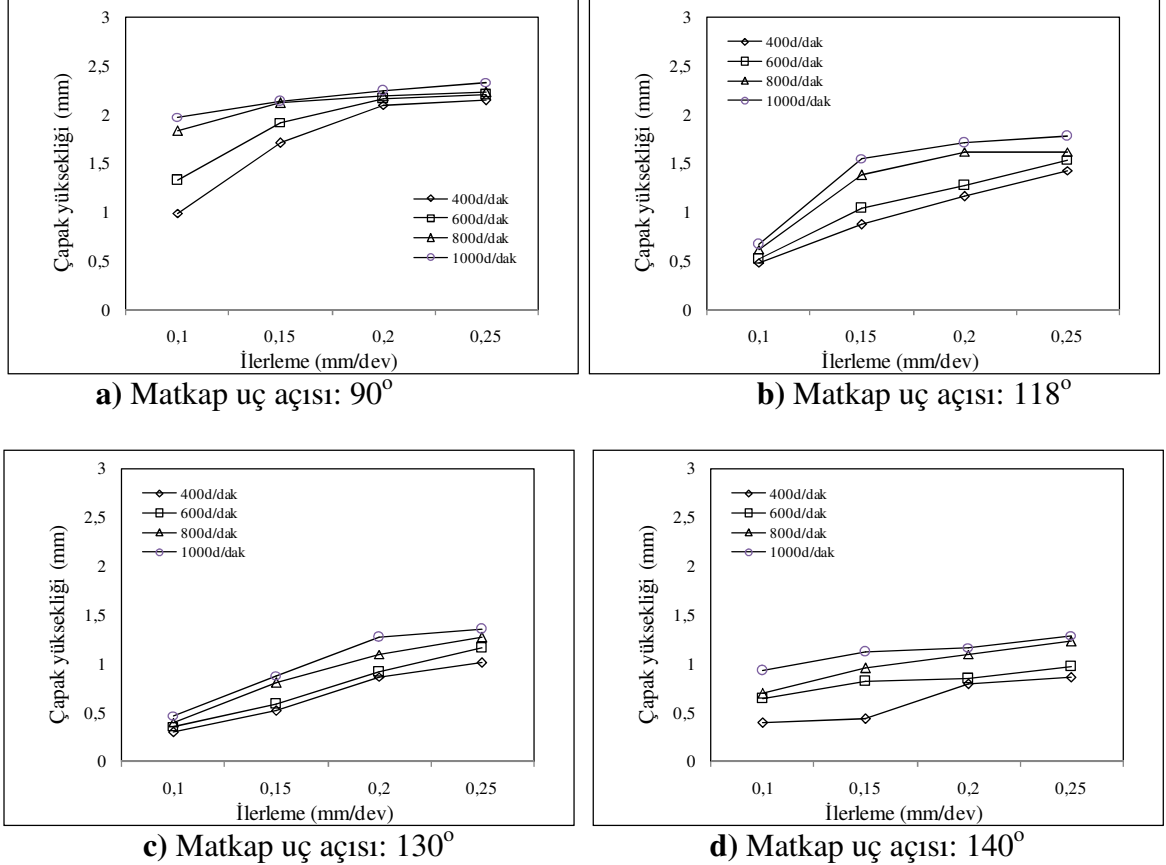
Tablo 3. Deney şartları

Parametreler	Değerleri
Matkap uç açısı (°)	90, 118, 130, 140
İlerleme hızı (mm/dev)	0.1, 0.15, 0.20, 0.25
Devir sayısı (d/dak)	400, 600, 800, 1000

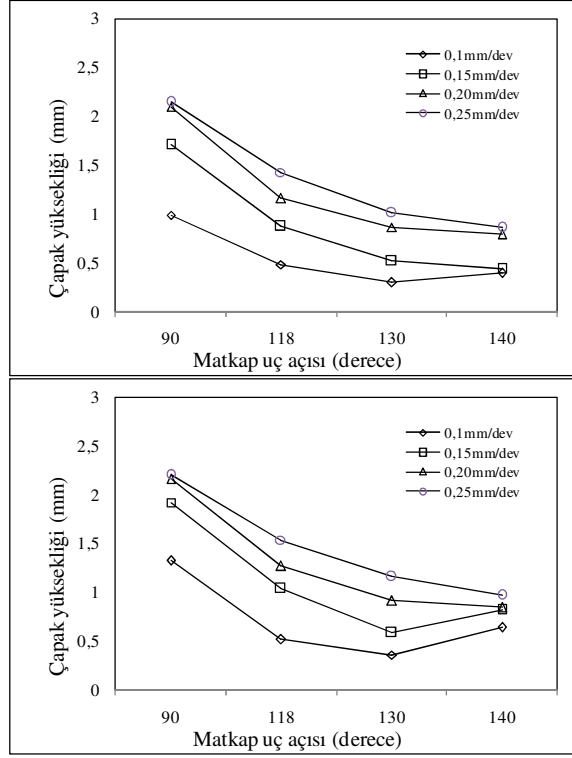
Deneylerde 5 mm çapında, $30\pm 3^\circ$ helis açısına sahip N tipi ve 90° , 118° , 130° ve 140° uç açısına sahip HSS matkaplar kullanıldı. Deneyler iki defa tekrarlanmış olup her deney için yeni bir matkap ucu kullanılmıştır. Çapak ölçümleri, İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Merkezinde bulunan Leo-Evo 40 taramalı elektron mikroskop (SEM) cihazı kullanılarak yapılmıştır.

3. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Devir sayısı, ilerleme oranı ve takım geometrisi gibi farklı delme parametrelerinde gerçekleştirilen delme işlemi sonucunda oluşan çapak, çeşitli şekil ve boyutlara sahiptir. Bu amaçla, devir sayısı, ilerleme ve matkap uç açısının çapak yüksekliği üzerine etkilerini araştırmak üzere bir dizi deney yapıldı. Delme işlemleri, 400, 600, 800 ve 1000 d/dak devir sayılarında, 0.10, 0.15, 0.20 ve 0.25 mm/dev ilerleme oranı ve 90° , 118° , 130° ve 140° matkap uç açısı göz önünde bulundurularak gerçekleştirildi. Delme parametrelerinin çapak yüksekliği üzerine etkileri Şekil 1 ve 2’de görülmektedir.

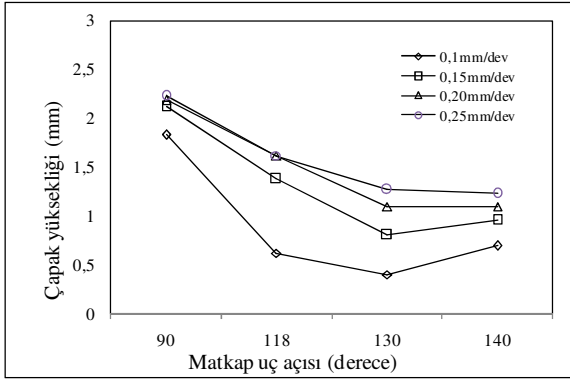


Şekil 1. Farklı dönme hızlarında ilerleme oranının çapak yüksekliği üzerine etkisi

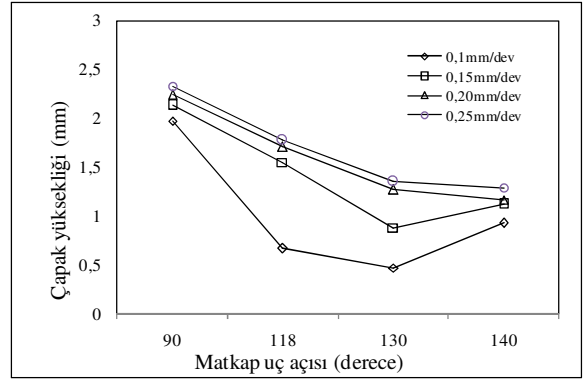


a) Devir sayısı: 400 d/dak

b) Devir sayısı: 600 d/dak



c) Devir sayısı: 800 d/dak



d) Devir sayısı: 1000 d/dak

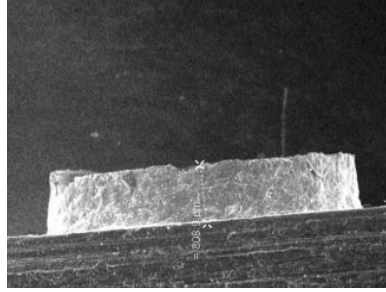
Şekil 2. Farklı ilerleme oranında matkap uç açısının çapak yüksekliğine etkisi

Şekil 1 farklı devir sayılarında ilerleme oranının çapak yüksekliği üzerine olan etkisini göstermektedir. Matkabin ilerleme kuvvetine bağlı olarak deformasyon başladığı, matkap deliğin çıkışına doğru ilerlerken matkabin merkezinden kenarına doğru plastik deformasyon bölgesi genişlemeye başlamıştır. İlerlemenin artırılması, plastik deformasyonun daha erken oluşmasına, buna bağlı olarak deliğin çıkışında çapak boyutunun artmasına neden olduğu, devir sayısı sabit tutulduğunda ilerleme oranının artması ile çapak yüksekliğinin arttığı gözlemlenmiştir. Yapılan deneylere göre, en düşük çapak yüksekliği 0.1 mm/dev ilerleme oranında, en büyük çapak yüksekliği ise 0.25 mm/dev oranında elde edilmiştir. Yine devir sayısının artması ile çapak yüksekliğinin arttığı gözlenmiştir. En düşük çapak yüksekliği 400 d/dak da ve en büyük çapak yüksekliği ise 1000 d/dak devir sayılarında elde edilmiştir.

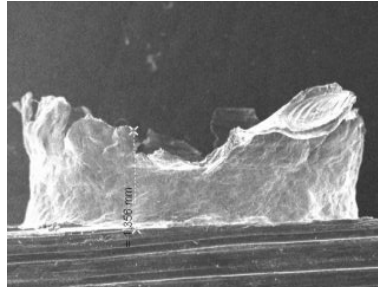
Şekil 2'de farklı ilerleme oranında matkap uç açısının çapak yüksekliği üzerine etkisi görülmektedir. İlerleme oranı sabit tutulduğunda matkap uç açısının 130°'ye kadar artması

ile apak ykseklilinin azaldığı, ancak 130° den sonra tekrar artma eğilimine girdiği görülmektedir. En düşük apak ykseklilinin 130° 'lik matkap ucu ile yapılan delme işlemelerinde elde edildiği görülmüştür.

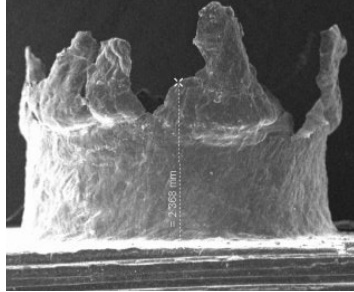
Delme işleminde oluşan apak kesici takım geometrisi, delme parametreleri ve iş parçasının özelliklerine bağlıdır. Eğer delinecek malzeme sünek ise, malzeme delinme sırasında üzerine gelen ilerleme kuvvetinden dolayı uzama eğilimindedir ve sonuç daha büyük bir apak oluşumudur. Bununla beraber, delinecek malzeme gevrek bir malzeme ise delinme esnasında sünek malzemeye göre daha az uzayacağından daha kkk bir apak oluşmaktadır. apak temizleme maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle çapağın boyutuna bağlı, apak şeklinin belirlenmesi önemlidir. Bu çalışmada, farklı delik çaplarında , devir sayılarında, ilerleme oranlarında ve uç açılarında oluşan apak şekillerinin SEM görüntüleri şekil 3 ve 4'de verilmiştir. Oluşan apak tiplerinin literatür [17] ile uyumlu olduğu ve sırasıyla üniform, yarı sürekli ve ta apak şeklinde oluştuğu görülmüştür (şekil 3a-b-c ve şekil 4a-c-d).



a) niform apak (0.15 mm/dev, 400 d/dak ve 118°)



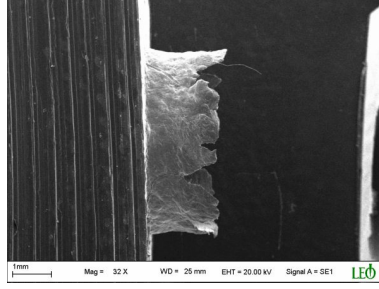
b) Yarı sürekli apak (0.2 mm/dev, 600d/dak ve 90°)



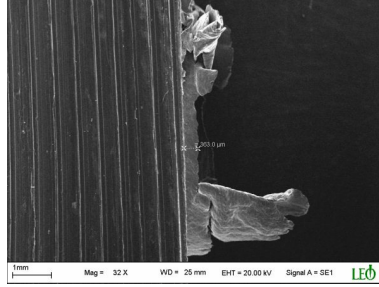
c) Ta apak (0.2 mm/dev, 1000 d/dak ve 118°)

şekil 3. Al-5005'in delinmesinde oluşan apak tipleri

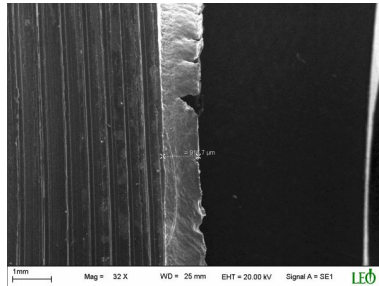
şekil 4b'de ise değişken apak olarak isimlendirilen, ta apak ile üniform apak arasında bir apak türü oluşmuştur.



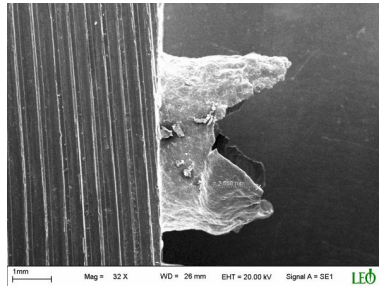
a) 0.15 mm/dev, 400d/dak ve 90⁰



b) 0.2 mm/dev, 800d/dak ve 90⁰



c) 0.1 mm/dev, 800d/dak ve 90⁰



d) 0.25 mm/dev, 800d/dak ve 118⁰

Şekil 4. Al-5005'in delinmesinde oluşan çapakların SEM görüntüleri

4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, Al-5005 alaşımının matkap tezgâhında delinmesi işleminde devir sayısı, ilerleme oranı ve matkap uç açısının etkisine bağlı olarak iş parçasında oluşan çapak yüksekliği deneysel olarak incelendi. Yapılan bu çalışmadan aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır:

- Minimum çapak yüksekliği düşük devir sayısı ve ilerleme oranında elde edilmiştir.

- Matkap uç açısı artarken çapak yüksekliği düşmekte ancak 130°'den sonra çapak yüksekliği tekrar artmaya başlamaktadır.
- Delme sonucu düşük ilerleme ve devir sayılarında üniform çapak oluşurken yüksek devir sayısı ve ilerleme oranında taç çapak oluştuğu görülmüştür.
- En düşük çapak yüksekliğine 400 d/dak devir sayısında, 0.1 mm/dev ilerleme oranında ve 130° uç açısına sahip kesici takımla ulaşılmıştır.

5. TEŞEKKÜR

Deneyde kullanılan malzemelerin, "Al-5005 Malzemesinin Delinmesinde Çapak Oluşumuna Etki Eden Kesme Parametrelerinin İncelenmesi" başlıklı (2009/1761 nolu) proje kapsamında temin edilmesini sağlayan FÜBAP'a teşekkür ederiz.

6. KAYNAKLAR

- [1] ASM Handbook Volume: 16 Machining, Printed in USA, 761-804, (1999).
- [2] KIM, J. ve DORNFELD, D. A., Development of an Analytical Model for Drilling Burr Formation in Ductile Materials, **Transactions of the ASME**, Vol. 124, 192-198, (2002).
- [3] COSTA, E. S., SILVA, M. B. ve MACDHADO, A. R., Burr Produced on the Drilling Process as a Function of Tool Wear and Lubricant- Coolant Conditions, **J. Of Braz. Soc. Of Mech. Sci.&Eng.**, XXXI, 57-63, (2009).
- [4] STRINGER, P., BYRNE, G. ve AHEARNE, E., Tool design for burr removal in drilling operations, http://www.ucd.ie/mecheng/ams/news_items/Peter%20Stringer.pdf, (Erişim tarihi:25.04.2010, 1-7.)
- [5] KO, S.L., CHANG J.E. ve YANG, G.E., Burr Minimizing Scheme in Drilling, **Journal of Materials Processing Technology**, 140, 2003: 237-242.
- [6] GILLESPIE, L. K., Process Control for Burrs and Deburring, **3, international conference on precision surface finishing and burr technology**, Korea, 1-11, (1994).
- [7] DORNFELD, D., Strategies for Preventing and Minimizing Burr Formation, http://repositories.cdlib.org/lma/codef/dornfeld_1_04, 2004: 1-18.
- [8] NOUARI, M, LIST, G., GIROT, F. ve COUPARD, D., Experimental analysis and optimisation of tool wear in dry machining of aluminium alloys, *Wear*, 255, 1359-1368, (2003).
- [9] LIN, T. R. ve SHYU, R.F., Improvement of Tool Life and Exit Burr using Variable Feeds when Drilling Stainless Steel with Coated Drills, **Int. J. Adv. Manuf. Technol**, 16, 308-313, (2000).
- [10] GILLESPIE, L.K.ve BLOTTER, P.T., The Formation and Properties of machining burs, **J. Eng. Ind. Trans. ASME**. 98 66-74, (1976).

- [11] KILICKAP, E., Modeling and optimization of burr height in drilling of Al-7075 using Taguchi method and response surface methodology, **Int J Adv Manuf Technol**, DOI 10.1007/s00170-009-2469-x.
- [12] KILIÇKAP, E., Al- 7075'in Delinmesinde Oluşan Çapak Üzerine Delme Parametrelerinin Etkisinin İncelenmesi, **I.Ulusal talaşlı imalat sempozyumu**,142-150, İstanbul, (2-3 Ekim 2009).
- [13] STEIN, J. M. ve DORNFELD, D.A., Burr Formation in Drilling Miniature Holes, **Annals of the CIRP**, Vol. 46/1, 997: 63-66.
- [14] KO, S. L. ve LEE, J.K., Analysis of burr formation in drilling with a new-concept drill, **Journal of Materials Processing Technology**,113,392-398, (2001).
- [15] MIN, S., DORNFELD, D.A., KIM, J., ve SHYU, B., Finite Element Modeling of Burr Formation in Metal Cutting, **Machining Science and Technology**, 5(3), 307-322, (2001).
- [16] SAUNDERS, L. K. L. ve MAUCH, C. A., An Exit Burr Model for Drilling of Metals, **Transactions of the ASME**, v.123, 562-566, (2001).
- [17] DOMFELD, D.A., Strategies for burr minimization and cleanability in aerospace and automotive manufacturing, **Consortium on deburring and edge finishing**, University of California, Berkley ,USA, (2006).