

# AA 7075 VE AA 6013 ALÜMİNYUM MALZEMELERE DELİK DELME OPERASYONU SÜRECİNDE KESME PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ

Ayşegül ÇAKIR<sup>a,\*</sup>, Muammer NALBANT<sup>b</sup>, Abdullah DURAN<sup>b</sup>, Hasan Basri ULAŞ<sup>b</sup>,

<sup>a,\*</sup> TUSAŞ-Türk Havacılık ve Uzay Sanayi Ankara/TÜRKİYE

<sup>b</sup> Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İmalat Mühendisliği Bölümü Ankara/TÜRKİYE

## Özet

Talaşlı imalat endüstrisinde delik delme operasyonu önemli bir yere sahiptir. Bu çalışmada delik delme performansına etki eden kesici takım, iş parçası malzemesi ve kesme parametreleri araştırılmıştır. Bu kapsamda söz konusu faktörlerin delik delme sürecinde kesici takımda oluşan kuvvet ve momentlere etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Bu amaçla AA 7075 ve AA 6013 olmak üzere iki farklı alüminyum malzeme, iki ağızlı HSS ve karbür matkaplarla, 4 farklı kesme hızı ve 4 farklı ilerleme değeri kullanılarak delik delme deneylerine tabi tutulmuştur. Takımda oluşan kuvvet ve momentlerin ölçülebilecek şekilde deney düzeneği hazırlanmıştır. Ayrıca Deneyler tam faktöriyel tertibinde yapılmış olup sonuçlar varyans analizi ile yorumlanmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre ilerleme oranındaki artış kuvvet ve momentlerde artışa sebep olurken  $F_z$  maksimum kuvvetlerine iş parçası malzemesinin, kesici, kesme hızı ve ilerleme kadar etkili olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca  $M_z$  momentlerine malzeme ve kesme hızının, kesici ve ilerleme kadar etkili olmadığı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler** : Alüminyum, delik delme, kesme kuvveti, moment

## 1. Giriş

Alüminyum alaşımlarının uzay, uçak, bilgisayar ve sağlık sektörü gibi alanlarda giderek artan kullanımına bağlı olarak bu alaşımların işlenebilirliği önemli bir araştırma konusu olmuştur. Alüminyumun işlenmesi sırasında gösterdiği davranışlar diğer malzemelere göre daha farklıdır. Bu malzemelerin sıvanma özelliği fazla olduğundan dolayı kesme işlemi sırasında kesici takımın üzerine yapışarak kesme kuvvetlerinde artışa sebep olmakta, bu da kesme işlemini olumsuz yönde etkilemektedir.

Mühendislik faaliyetlerinin sürdürüldüğü bütün alanlarda emniyetli bir çalışma ortamının gerçekleştirilmesi, üretilecek ürün ve sistemin uzun ömürlü, kaliteli ve ekonomik olabilmesi için kesici takım ve tezgahları etkileyen bütün kuvvetlerin doğru ve hassas olarak ölçülmesi gerekmektedir. Birçok nedenle teorik olarak bulunan gerilme değerleri ile uygulamalı olarak elde edilen değerler örtüşmemektedir. Bu nedenle kuvvetlerin deneysel olarak analizi ve ölçülmesi gerekir. [1].

Talaş kaldırma işleminde, kesme kuvvetinin takım talaş arasındaki temas uzunluğu ile ilgili olduğu bilinmektedir. Buna göre takım üzerine yapışan talaş takım uç geometrisinde değiştirmektedir. Buna bağlı olarak da kesici takıma gelen kuvvetlerin değişmesine sebep olmaktadır. Alüminyum yumuşak bir malzeme olmasına rağmen bu alaşımların işlenmesi takım ömrünü beklenenden daha fazla etkileyecektir. Son yıllarda takıma etki eden kuvvetlerin yeterli hassaslıkta ölçülmesi için araştırma yapılmaktadır. Kesici takıma etki eden kuvvetler talaş kaldırmanın önemli bir safhasını oluşturmaktadır. Kesme kuvvetlerinin ölçülmesi takım tasarımını optimize etmede faydalı olup kesmenin bilimsel analizi için de gereklidir. Bu kapsamda Shaw ve arkadaşları, delik delme işleminde eğilme momenti ve ilerleme kuvvetinin hesaplanması problemini boyutsal faktörlere bağlı olarak inceleyip iki boyutta kesme kuralları geliştirmiştir. Bir matkap dinamometresi kullanarak yaptığı deneylerde 20m/dak kesme hızında, farklı çaplarda SAE3245 krom nikel kaplamalı 6 adet matkap ile 7

farklı ilerleme uygulayarak yaptığı araştırmada sıradan bir delik delme işleminde kuvvet ve momentlerin çapa ve ilerlemeye bağlı olarak değiştiğini gözlemlemiştir.[2]

Radhakrishnan ve arkadaşları, dinamik veriler kullanılarak kompozit malzemelerde delik delme işlemi için delik içi kalitesini değerlendirmişlerdir. Delik içi kalitesinin matkap aşınmasına bağlı olarak değiştiğini vurgulayan yazar ve arkadaşları bu çalışmayla Dinamik Veri Tekniğini kullanarak yaptığı analizde matkap şartlarının çevirim içi izlenebilirliği için katman sıklığındaki değişimin delik delme kuvvetleri ile ilişkilerini tespit ederek, delik delme esnasında yüzeydeki bu katman sıklığının ilerleme ve hıza bağlı olduğu kadar, kompozit malzemenin özelliklerine de bağlı olduğunu savunmaktadırlar [3].

Stephenson ve arkadaşı, tarafından tornalama ve delme işlemlerinde üç boyutlu kesme mekaniği için bir bilgisayar modeli oluşturulmuştur. Moment, kesme hızı ve ilerlemeye karşılık talaş kalınlığı ve talaşın şekli incelenmiştir. Yapılan deneylerde AA 6061 malzeme, 25mm ve 29 mm çapındaki iki kesici ağızlı HSS takım ile 2 farklı devir sayısında ve 2 farklı ilerleme ile işlenerek elde edilen veriler yorumlanmaktadır. Çalışma sonucunda teorik ve deneysel çalışma sonucunda elde edilen veriler karşılaştırılmıştır [4].

Ogawa ve arkadaşları, AA 5056 malzemesine delik delme sürecinde, küçük deliklerin kesme performansının araştırılmasında; talaş şekli, moment, delme kuvveti, deliğin yüzey pürüzlülüğünü incelemiştirlerdir. Kesici kenarın uzunluğunun ve ilerlemenin talaş şekline olan etkisi de dikkate alınmıştır [5].

Shin ve Waters yaptıkları bu çalışmada kesici takımlardaki işleme sürecinde takım ucuna gelen kesme kuvvetlerini inceleyerek işleme kuvvetlerini belirlemeyi amaçlamışlardır. Yaptıkları deneylerde; takım ve işparçası malzemelerini, takımdaki talaş akış açısı, ilerleme oranı, kesme hızı, kesme derinliğinin kesme kuvvetleri üzerindeki etkilerini incelemiştirlerdir. Bunun için dökme demir ve alüminyum iş parçalarını; çapları 3-4" arasında değişen Farklı kaplamalı karbür ve elmas uçlu takımlarla; 3 farklı ilerleme oranı, 2 farklı kesme hızı ve 6 farklı kesme derinliği kullanarak delik delme sürecini incelemiştirlerdir. [6].

Choudhury ve arkadaşı, kesme hızı ve ilerlemenin kesici kenar üzerindeki aşınmaya olan etkisini incelemiştirlerdir. Yapılan teorik çalışmada kesme parametrelerinin kesme kuvvetlerine olan etkisi incelenmekte ve C\_45 orta karbonlu çeliği 3 farklı devirde ve 2 farklı ilerleme miktarında gerçekleştirilmektedir [7].

Mellinger ve arkadaşları, delme işleminde çapaklanmanın tahmini ve talaş kaldırırken oluşan kuvvetin modellenmesini yapmışlardır. Delik boyunun çapak miktarına etkisi, kuvvetin artmasına sebep olması, düşük delik kalitesi, kesicide oluşan olumsuz sıcaklık ve kesici deformasyonu dikkate alınmıştır. Teorik çalışmaya ek olarak yapılan deneylerde alüminyum 356-T6.A malzeme 3.175 mm çapında 2 kesici ağızlı helis açısı sıfır olan karbür kesici kullanılmıştır [8].

Kim ve arkadaşı, çalışmalarında; moment ve kuvveti analitik olarak inceleyerek deney şartlarına yakın bir takım geometrisi, kesme şartları ve malzeme kullanılmaktadırlar. Çalışmada; gerilme analizini bir sonlu elemanlar yazılımı olan ANSYS 'de yapılmakta ve iki ağızlı HSS kesici takım kullanılmaktadır. Kesici geometrisinin etkisi, delme kuvveti ve kesici takımdaki gerilmelerin delmedeki kesme şartlarına etkileri analitik olarak hesaplanmaktadır [9].

Sangay ve arkadaşı, delik yüzey pürüzlülüğünün matematiksel analizinde yapay sinir ağlarını kullanmışlardır. Kesici çapı, kesme hızı, ilerleme, işleme zamanı yapay sinir ağlarına girdi olarak verilerek yüzey pürüzlülüğü değerlendirilmiştir. Deneysel çalışmada çelik malzeme kullanılarak çap sabit tutularak 3 kesme hızı ve 3 ilerleme miktarında çalışılmıştır. Delik derinliği 30 mm alınmıştır [10].

Korucu ve arkadaşları AISI 1050 malzemeye yekpare uçlu matkaplarla delik delinmesi sürecinde takımda oluşan kuvvetleri deneysel olarak incelemişlerdir. Kesici uçlarda meydana gelen gerilmeleri ANSYS paket programı yardımıyla analiz ederek bir matematiksel model geliştirmeyi amaçlamışlardır. Buldukları sonuçlarda artan kesme hızı ve ilerlemelerin takıma etkiyen kuvvetlerde artışa sebep olduğunu; buna bağlı olarak oluşan gerilmelerin de yükseldiğini gözlemlemişlerdir [11].

Literatür araştırması sonucunda; takım ömrünü belirleyen takım ucundaki aşınmaları ve bu aşınmalara sebep olan kesme kuvveti ve momentlerle ilgili yapılan çalışmalarda takım uç geometrisi yanında; kesme hızı ilerleme, delik çapı gibi faktörlerin kuvvetlere olan etkisi çeşitli teorik ve deneysel çalışmalarla incelendiği görülmüştür. Yapılan çalışmalarda özellikle uç geometrisine bağlı olarak kesme kuvveti ve momentlerle ilgili çeşitli matematiksel modeller geliştirilmiştir. İşlenen malzemenin taneçik yapısı ve sertliğinin kesme olayına etkisi farklı malzemelerle deneysel olarak incelenmiştir.

Bu çalışmada özellikle delik delme sürecinde sıvanma problemleriyle karşılaşılan alüminyum iş parçası malzemeleri seçilmiştir. Seçilen iki farklı alüminyum malzemenin işlenmesinde; farklı kesici takım, ilerleme ve kesme hızı parametrelerinin etkisi bir arada incelenmesi amaçlanmıştır. İncelenen tüm bu faktörlerin etkisiyle değişen ilerleme kuvveti ve momentler ölçülmüştür.

## 2. Deneysel Çalışma

Bu çalışmada bir delik delme işleminde kesici türünün, kesme parametrelerinin ve işlenen malzeme türünün delik delme performansına etkileri, işleme esnasında kesici takımda oluşan ilerleme kuvvetleri ve momentler incelenmiştir. Gerekli verileri elde etmek için yapılan deneyde AA 7075 ve AA 6013 olmak üzere iki farklı alüminyum deney numunesi, 8mm çaplı HSS ve Karbür gibi iki farklı matkap türüyle, dört farklı ilerleme ve dört farklı kesme hızında işlenmiştir. Farklı her durum için oluşan kuvvetler ölçülmüştür. Bu şekilde takım türü, iş parçası malzemesi ve kesme parametrelerinin delik delme performansına etkileri incelenmiştir.

Çizelge 1.Deneylerde kullanılan malzemelerin kimyasal yapısı

AA	Fe%	Si%	Cu%	Mn%	Mg%	Zn%	Ti%	Cr%
6013	0,5	0,6-1,0	0,8	0,6	1,0	0,25	0,1	0,1
7075	0,5	0,4	1,6	0,3	2,5	5,1-6,1	0,2	0,25

Çalışmada deney numunesi olarak 120x50x50 mm şeklinde boyutlandırılan prizmatik alüminyum malzemeler, her numune üzerine 5 delik açılacak şekilde tasarlanmıştır. Yapılan deneylerde kullanılacak parametreleri, deneylerin yapıldığı tezgah kapasitesi (Maksimum 3500dev/dak) sınırları içerisinde kalınarak belirlenmiştir. Deneylerde kullanılan kesici takım, iş parçası malzemesi ve kesme parametreleri Tablo 1'de verilmiştir

Çizelge 2. Deneyde kullanılan iş parçası malzemesi, kesici takım, ve uygulanan kesme parametreleri

Malzeme	Takım	İlerleme (f)	Kesme Hızı (v)
AL 6013	Ø8mm HSS Matkap	0.2mm/dev	35m/dak
AL 7075	Ø8mm Karbür Matkap	0.3mm/dev	50m/dak
		0.4mm/dev	65m/dak
		0.5mm/dev	80m/dak

Tablo 1'de verilen dört farklı kesme hızı, dört farklı ilerleme, iki farklı malzeme ve iki farklı kesici takım türü kullanımına bağlı olarak 64 adet delik delme deneyi gerçekleştirilmiştir.

Kesme kuvvetleri dakikada 10000 ölçüm yapabilen dört bileşenli pizoelektrik Kistler 9123C dönen tip kuvvet/moment  $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$ ,  $M_z$  dinamometresi vasıtasıyla ölçülmüştür. Dinamometreden elde edilen analog kapasitans sinyalleri önce gerilime çevrilip daha sonra sayısal veriler haline dönüştürülmüştür. Elde edilen sayısal veriler veri toplama kartı kullanılarak depolanmıştır. Şekil 1’de gösterilen dinamometre sisteminde ölçülen veriler, DynoWare 2825D-02 bilgisayar programı yardımıyla işleme tabi tutulmuştur. Deney düzeneği Şekil 1’deki gibidir.



Şekil 1. Deney düzeneği

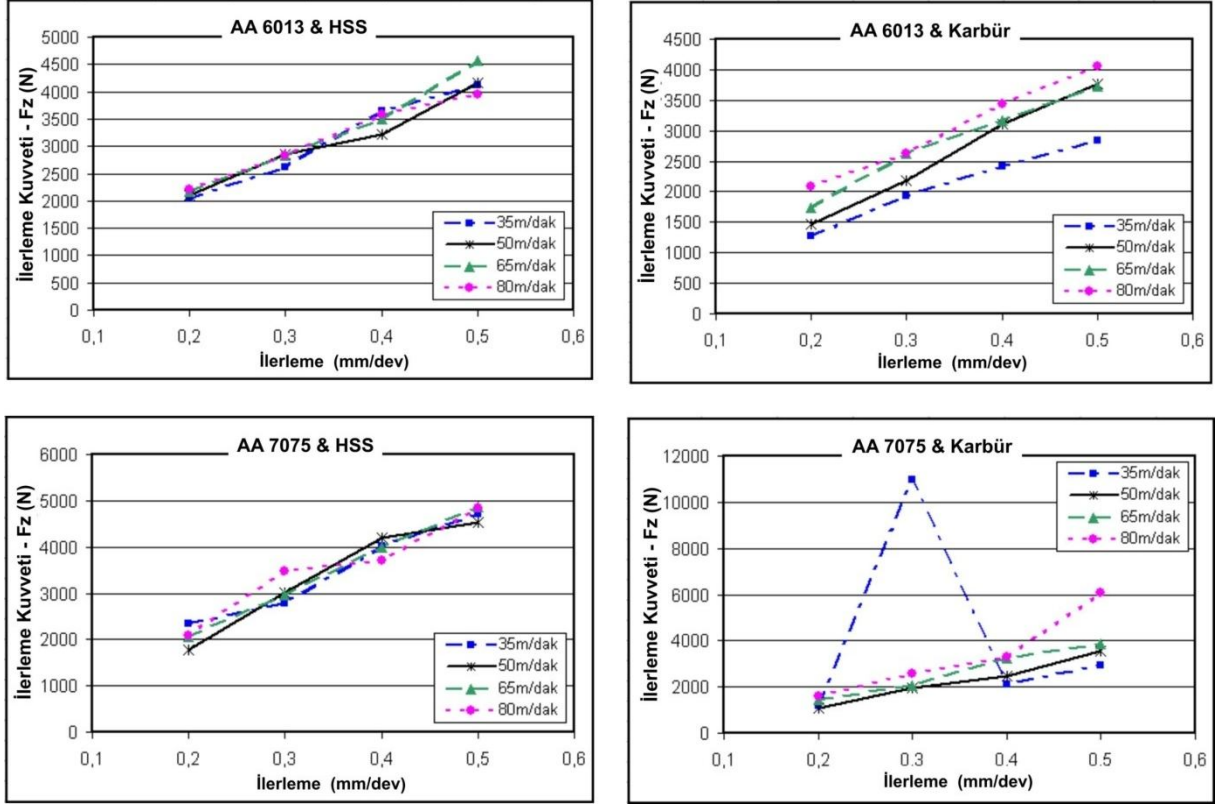
### 3. Deney Sonuçları ve Tartışma

#### 3.1. Kesme Parametrelerinin İlerleme Kuvvetleri ve Momentler Üzerindeki Etkisi

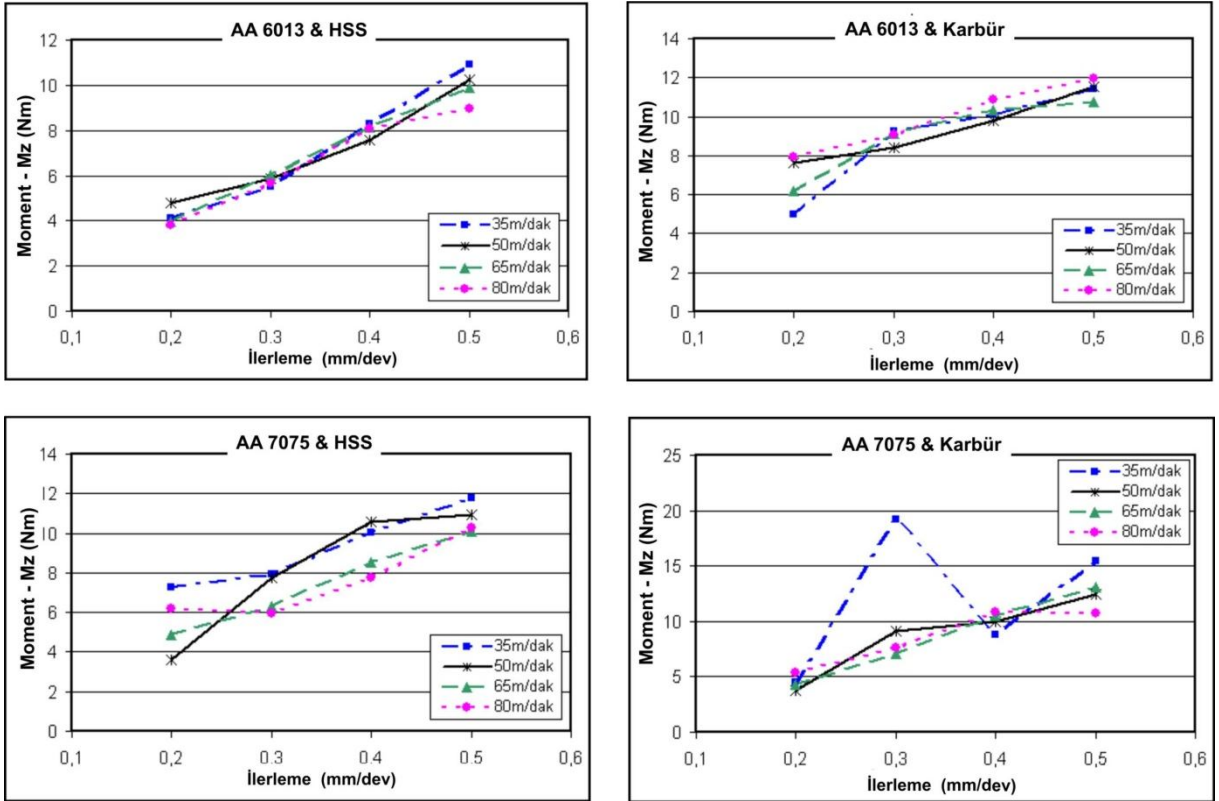
AA 7075 ve AA 6013 malzemelerin karbür ve HSS matkaplarla 4 farklı ilerleme ve 4 farklı kesme hızı ile işlenmesi esnasında takımda meydana gelen ilerleme kuvveti ( $F_z$ ) ve moment ( $M_z$ ) değerleri sırayla Şekil 2. ve Şekil 3 de grafikler halinde verilmiştir. Bu grafiklerden yola çıkarak seçilen parametrelerin kuvvet ve momentler üzerindeki etkisi yorumlanmıştır.

AA 6013 malzeme ve HSS matkap kullanılarak yapılan deneylerde için Şekil 2. ve Şekil 3. deki grafiklere bakıldığında tüm durumlarda ilerleme oranının artması ile hem ilerleme kuvveti hem de momentlerde açık bir artış olduğu görülmektedir. Kesme hızının kuvvet ve momentler üzerindeki etkisi incelendiğinde ise; özellikle 0.5mm/dev ilerleme için momentlerin kesme hızının artmasıyla azaldığı görülmektedir. İlerleme düştükçe bu durum daha kararsız bir hal almaktadır. İlerleme kuvvetlerinde ise; özellikle düşük ilerlemelerde kesme hızının artmasıyla kuvvetlerin arttığı yorumu yapılabilir.

Yine AA 6013 malzeme bu kez karbür matkap kullanılarak yapılan deneyler için grafiklere bakıldığında ilerleme oranının artması ile ilerleme kuvveti ve momentlerde açık bir artış olduğu gözlenmektedir. Kesme hızının kuvvet ve momentler üzerindeki etkisi incelendiğinde ise; özellikle düşük ilerlemelerde kesme kuvvetlerinin kesme hızının artmasıyla arttığı söylenebilir. İlerleme arttıkça bu durum daha kararsız bir hal almaktadır. Momentlerde ise; karbür takımlarda HSS den farklı olarak kesme hızının artması karbür matkaplarda oluşan momentin artmasına sebep olduğu söylenebilir



Şekil 2. Kesme parametreleri, takım türü ve iş parçası malzemesinin ilerleme kuvvetlerine etkisi



Şekil 3. Kesme parametreleri, takım türü ve iş parçası malzemesinin momentlere etkisi

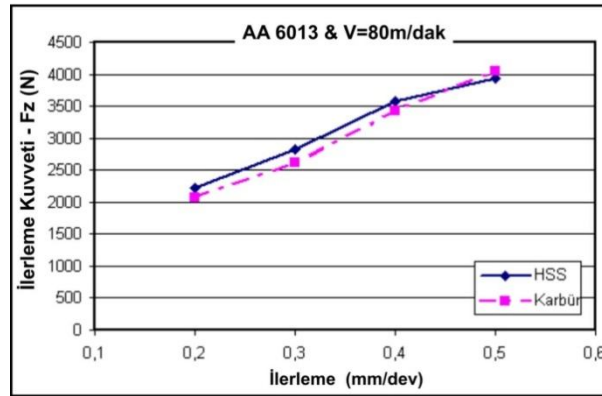
AA 7075 malzemede HSS matkap kullanılarak yapılan deneylerde, grafiklere bakıldığında ilerlemenin takımda oluşan kuvvet ve momentler üzerindeki etkisi AA 6013'e oranla daha yüksek olmakla birlikte genel olarak ilerlemenin artışı kuvvet ve momentlerde artışa sebep olduğu söylenebilir. Kesme hızının kuvvet ve momentler üzerindeki etkisi incelendiğinde ise; özellikle yüksek kesme hızları ve düşük ilerlemelerde takımda daha düşük moment oluşumuna sebep olduğu yorumu yapılabilir. İlerleme kuvvetleri ise özellikle 0.3mm/dev ilerlemede kesme hızının artmasıyla artarken diğer ilerleme oranlarında bu durumun kesme hızı-ilerleme oranına göre farklılıklar gösterdiği görülmektedir.

AA 7075 malzemede bu kez karbür matkap kullanılarak yapılan deneylerde, grafiklere bakıldığında 3.0mm/dak ilerleme ve 35m/dak ile 0.5mm/dev ilerleme ve 80m/dak kesme hızında karbür takımında oluşan kuvvet ve momentlerin çok yüksek değerlere ulaştığı görülmektedir. Bu iki farklı kesme şartında takımın kırıldığı yapılan deneylerde gözlenmiştir. Bunu haricindeki kesme şartlarında ilerleme oranının artışı hem kuvvet hem de momentlerde artışa sebep olduğu yorumu yapılabilir. Kesme hızının kuvvet ve momentler üzerindeki etkisi incelendiğinde ise; özellikle 0.5 ilerlemede kesme hızı arttıkça ilerleme kuvvetlerinin arttığı görülmektedir. Momentlerde ise özellikle düşük ilerlemelerde kesme hızının azalması momentlerin artmasına sebep olduğu söylenebilir.

### 3.2. Takım Türü ve İş Parçası Malzemesinin İlerleme Kuvveti ve Momentler Üzerindeki Etkisi

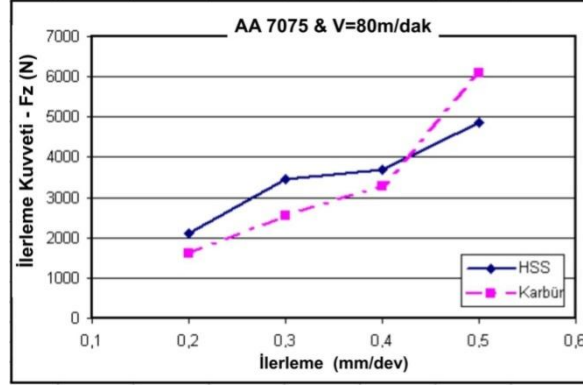
Aynı kesme şartlarında HSS ve karbür matkapların işleme performanslarının daha açık bir şekilde karşılaştırılabilmesi için Şekil 4,5 ve 6. da elde edilen verilen grafik halinde verilmiştir.

Şekil 4..'daki grafiğe bakıldığında AA 6013 malzemenin 80m/dak kesme hızında karbür ve HSS matkaplarla işlenmesi sürecinde, ilerlemenin artışı her iki takım için de kuvvetlerde artışa sebep olmuştur. 0.5 mm/dev ilerlemenin haricinde aynı kesme şartlarında HSS matkaplarda oluşan kuvvetler karbür matkaplara oranla daha yüksek çıktığı görülmektedir.



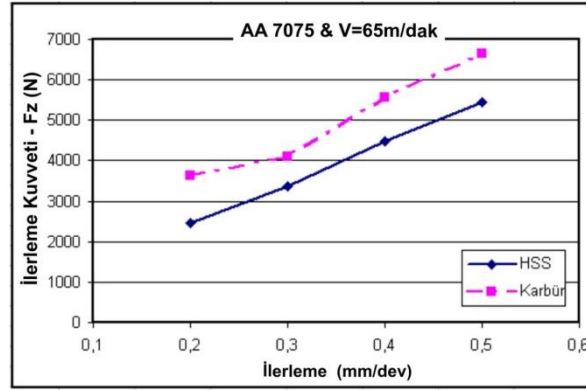
Şekil 4. AA 6013 malzemeye 80m/dak kesme hızında HSS ve Karbür matkaplarla delik delinmesi sürecinde kesici takımlarda oluşan kuvvetlerin karşılaştırılması

Şekil 4. grafiğe bakıldığında Al 7075 malzemenin 80m/dak kesme hızında karbür ve HSS matkaplarla işlenmesi sürecinde, ilerlemenin artışı her iki takım için de kesme kuvvetlerinde artışa sebep olduğu gözlenmektedir. 0.5mm/dev ilerleme karbür takım kırılmıştır. Bu değeri haricinde ilerleme kuvvetleri maksimum HSS matkaplarda karbür matkaplara oranla daha yüksek çıktığı görülmektedir. Şekil 4 ve 5 karşılaştırıldığında sertliği 150 HB olan AA 7075 malzeme delinirken beklendiği üzere sertliği max 130HB olan AA 6013 malzemeye kıyasla ilerleme kuvvetleri her iki takım için de daha yüksek çıkmıştır.



Şekil 5. AA 7075 malzemeye 80m/dak kesme hızında HSS ve Karbür matkaplarla delik delinmesi sürecinde kesici takımlarda oluşan kuvvetlerin karşılaştırılması

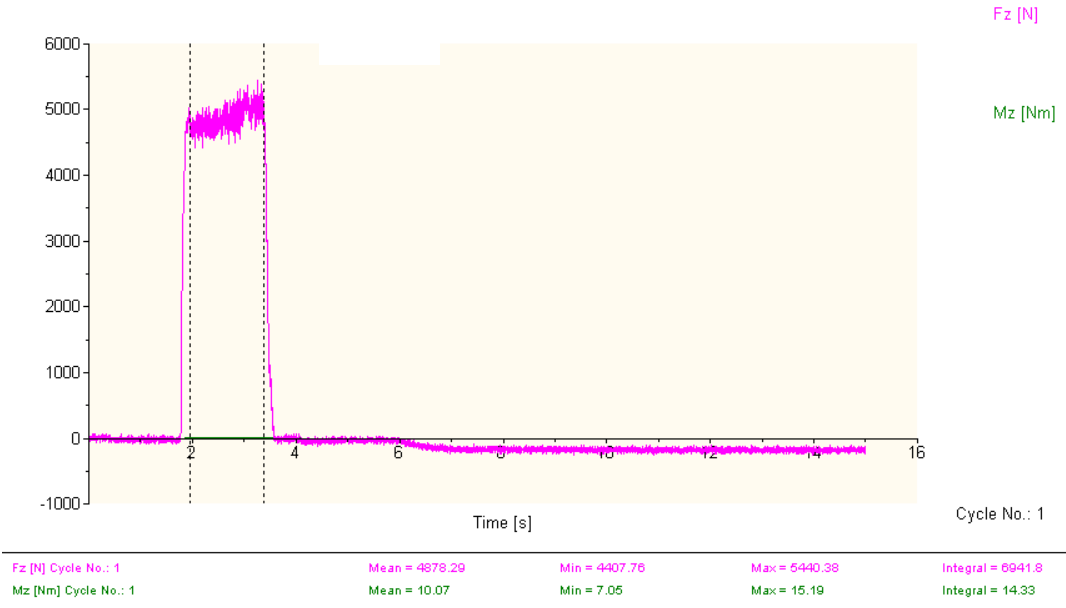
Yine AA 7075 malzemenin bu kez 65m/dak kesme hızı ile delinmesinde iki takım kıyaslanacak olursa, Şekil 6.da da açıkça görüldüğü gibi düşük kesme hızında şekil 5.deki yüksek kesme hızının aksine karbür matkaplardaki kesme hızları HSS matkaba oranla daha yüksek çıkmıştır



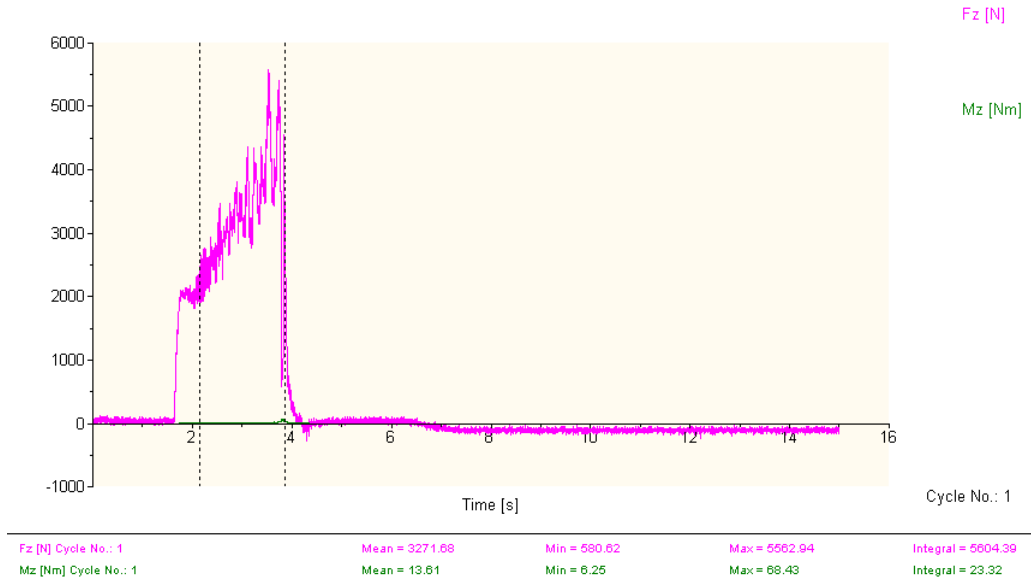
Şekil 6. AA 7075 malzemeye 65m/dak kesme hızında HSS ve Karbür matkaplarla delik delinmesi sürecinde kesici takımlarda oluşan kuvvetlerin karşılaştırılması

Momentler incelendiğinde ise aynı kesme şartlarında karbür takımında oluşan momentlerin HSS takıma oranla daha fazla olduğu, ayrıca karbür takımının maksimum ilerlemede (0.5mm/dev) kırıldığı gözlenmiştir. Bu sonuçlara bakılarak karbür takımlardaki talaş sıkışması HSS takımlara oranla daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durum deney sürecinde takımlar üzerinde de gözlenebilmektedir.

AA 7075 malzemede 65m/dak kesme hızı ve 0.3mm/dev ilerleme oranı kullanılarak delik delme işlemi yapılırken DynoWare programı ile zamana göre kuvvet ve momentler ölçülerek grafikleri çıkartılmıştır. Her iki matkap türü için söz konusu kesme şartlarında yapılan delik delme işlemlerinde ölçülen verilerin grafikleri aşağıdaki gibidir. Grafiklerden de açıkça görüldüğü gibi karbür matkaplarla delik delerken takımında meydana gelen kuvvet ve momentlerdeki değişim oranı HSS matkaplardan daha fazladır. Bu da yukarıda belirtildiği gibi HSS matkaplara oranla Karbür matkaplarda talaş sıkışmasının daha fazla olduğunu göstermektedir.



Şekil 7. AA 7075 malzemeye HSS matkap ile delik delme sürecinde zamana göre kuvvet-moment grafiği



Şekil 8. AA 7075 malzemeye karbür matkap ile delik delme sürecinde zamana göre kuvvet-moment grafiği

#### 4. Deneylelerden Elde Edilen Sonuçların Varyans Analizi

Deneyleler tam faktöriyel tertibinde yapılmış olup varyans analizi ile analiz edilmiştir. Deneysel sonuçlar ile teorik sonuçlar kıyaslanarak yorumlanmıştır. Bu kapsamda AA 6013 ve AA 7075 malzemenin 8 mm çaplı HSS ve karbür matkapla delinmesinde elde edilen Fz kuvvetlerinin yapılan varyans analizinde, kesici, kesme hızı ve ilerlemenin Fz kuvvetlerine etkili olduğu ve malzemenin etkili olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 3).



Çizelge 3. AA 6013 ve AA 7075 malzemenin 8 mm çaplı matkapla delinmesinde oluşan  $F_z$  kuvvetlerinin varyans analizi

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F oranı	P
Model	8	56356987,4	7044623,42	46,90	<0,001
Malzeme	1	32860,28	32860,28	0,218	0,641
Kesici	1	2607199,14	2607199,14	17,358	<0,001
Kesme hızı	3	2761705,24	920568,41	6,128	0,001
İlerleme	3	51178690,40	17059563,5	113,579	<0,001
Hata	53	7960567,42	150199,38		
Toplam	61	64317554,8			

AA 6013 ve AA 7075 malzemenin 8 mm çaplı HSS ve karbür matkapla delinmesinde elde edilen  $M_z$  momentlerinin yapılan varyans analizinde, kesici ve ilerlemenin  $M_z$  momentlerine etkili olduğu ve malzeme ve kesme hızının ise etkili olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. AA 6013 ve AA 7075 malzemenin 8 mm çaplı matkapla delinmesinde oluşan  $M_z$  momentinin varyans analizi

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F oranı	P
Model	8	529,86	66,23	12,314	<0,001
Malzeme	1	0,69	0,69	0,12	0,720
Kesici	1	243,80	243,80	45,32	<0,001
Kesme hızı	3	21,48	7,16	1,33	0,273
İlerleme	3	272,77	90,92	16,90	<0,001
Hata	53	285,06	5,37	<0,001	
Toplam	61	814,92			

## 5. Sonuç

Bu çalışmayla endüstride çok kullanılan Alüminyum alaşımlarının talaşlı imalattaki işlenebilirliği sürecinde matkapla delik delme işlemi incelenmiştir. Yapılan deneylerde farklı iki tür alüminyum alaşımı (Al7075 ve Al6013), 8 mm çapında farklı iki tür matkap (HSS ve Karbür), dört farklı ilerleme (0,2 mm/dev, 0,3 mm/dev, 0,4 mm/dev 0,5 mm/dev) ve dört farklı kesme hızıyla (35 m/dak, 50m/dak, 65 m/dak ve 80 m/dak) yapılan delik delme işlemleri sonucunda elde edilen veriler değerlendirildiğinde ulaşılan sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

Literatürde yer aldığı gibi bu çalışmada yapılan deneyler sonunda kesici takım ve kesme parametrelerinin delik delme performansında birinci derecede etkili olduğu gözlenmiştir.

Çalışmada açıkça görülmüştür ki ilerleme oranlarındaki artış kesme kuvvetleri ve momentlerde artışa sebep olmaktadır.

Kesme hızının artması HSS matkaplarda karbür matkaplara oranla kuvvet ve momentlerde daha fazla artışa sebep olmuştur

Diğer taraftan ilerlemelerdeki artış ise Karbür matkaplarda HSS matkaplara oranla kuvvet ve momentlerde daha fazla artışa sebep olmuştur.

Aynı şartlarda sertlik derecesi daha fazla olan (150 HB) AA 7075 iş parçası malzemesinde oluşan kuvvetler; sertlik derecesi daha düşük olan (max 130 HB) AA 6013 iş parçası malzemesine oranla daha yüksek çıkmıştır.

Karbür matkaplarda delik delirken takımda oluşan kuvvet değişimi frekans aralığı HSS takımlara oranla daha fazla çıkmıştır. Bunun sebebinin takım ucundaki BUE oluşumu ve talaş sıkışması olduğu değerlendirilmiştir.

Kesici takımında oluşan ilerleme kuvvetlerine etki eden faktörle ilgili yapılan varyans analizlerinde ilerleme kuvvetlerin; kesici, kesme hızı ve ilerlemenin etkili olduğu ve malzemenin ise etkili olmadığı belirlenmiştir.

Kesici takımında oluşan momentlere etki eden faktörle ilgili yapılan varyans analizlerinde momentlere; kesici ve ilerlemenin etkili olduğu, malzeme ile kesme hızının ise etkili olmadığı belirlenmiştir.

Her delik delme deneyinde kesici takım değiştirilmiştir. Her bir takımla 7012mm<sup>3</sup> talaş kaldırılmıştır. Alüminyum malzeme yapısı sert olmadığı ve her delik delme deneyinde kesici takım değiştirildiği için uçlarındaki aşınma fazla olmamıştır. Ancak takımlarda aşınma yerine sıvanma (BUE) görülmüştür.

## Kaynaklar

- [1] Şeker, U., "Talaşlı İmalatta Takım Tasarımı", G.Ü. *Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Ders Notları*, 39-45, Ankara (2000).
- [2] Oxford, J.R., Shaw, M.C., "On The Drilling Of Metals II- The Torque and Thrust in Drilling", *The American Society of Mechanical Engineers*, 3:68-127 (1955).
- [3] Radhakrishnan, T., Wu, S.M., "On-Line Hole Quality Evaluation for Drilling Composite Material Using Dynamic Data", *Journal of Engineering For Industry*, 80-WA(16) (1981).
- [4] Stephenson, D.A., Wu, S.M. "Computer models for the mechanics of three-dimensional cutting-part II: Results for oblique end turning and drilling", *Journal of Engineering for Industry*, 110(2): 38-43 (1988).
- [5] Ogawa, M, Inose, M., Arai, M., Saga T., "Micro drilling of 5056 wrought aluminum alloy", *Journal of Japan Institute of Light Metals (Japan)*, 44(9):486-491 (1994).
- [6] Shin, Y.C., Waters, A.J., "A New Procedure to Determine Instantaneous Cutting Force Coefficients for Machining Force Prediction", *Int. J. Tools Manufact.*, (37):1337-1351 (1997).
- [7] Choudhury, S.K., Raju G., "Investigation into crater wear in drilling", *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 40: 887-898 (2000).
- [8] Mellinger J.C., Ozdoganlar O.B., Devor R.E., Kapoor S.G., "Modelling chip-evacuation forces and prediction of chip-clogging in drilling", *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 124 ( 2002).
- [9] Kim, K.W., Ahn, T-K., "Force prediction and stres analysis of a twist drill from tool geometry and cutting conditions", *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 6(1) (2005).
- [10] Sanjay, C., Jyothi, C., "A study of surface roughness in drilling using mathematical analysis and neural networks", *Int. J. Adv. Manufacturing Technology*, 29:846-852 (2006).
- [11] Korucu, S., Günay, M., Kurt A., Şeker U., "Yekpare takma uçlu matkaplarla delme işlemlerinde kesici takım üzerindeki gerilmelerin matematiksel modellenmesi", *5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)*, (2009)