



Matkap Geometrisinin Takım Aşınması ve Talaş Oluşumu Üzerine Etkisinin Araştırılması

Mehtap Yavuz^{a*}, Harun Gökçe^{b*}, Ulvi Şeker^c

^a Çankırı Karatekin Üniversitesi Meslek Yüksekokulu, ÇANKIRI 18000, TÜRKİYE

^b TÜBİTAK Savunma Sanayii Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü, ANKARA 06261, TÜRKİYE

^c Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İmalat Mühendisliği, ANKARA 06500, TÜRKİYE

MAKALE BİLGİSİ

Alınma: 05.02.2017
Kabul: 10.04.2017

Anahtar Kelimeler:

Delik Delme, Helisel Matkap, Matkap Geometrisi, GGG 50, Takım Aşınması, Talaş Oluşum Formları

***Sorumlu Yazar:**

e-posta:
harungokce@yahoo.ca

ÖZET

Bu çalışmada, farklı matkap geometrileri ve kesme parametrelerinin takım aşınması ve talaş oluşum formlarına etkisi değerlendirilmiştir. Farklı geometrilere sahip takımlarla ve farklı kesme şartı kombinasyonlarıyla, 16 farklı kombinasyon için 100 deney tekrarı yapılarak hangi parametrenin takım aşınmasında ve talaş oluşum formuna ne tür bir etki yaptığı gözlemlenmiştir. Deneysel çalışmalarda ticari olarak temin edilebilen yaygın iki takım geometrisi ile geliştirilen özgün iki kanal geometrisine sahip dört farklı geometride, 10 mm çapında, iki ağızlı, helisel, yekpare sementit karbür matkap, iş parçası malzemesi olarak da GGG 50 küresel grafitli dökme demir malzeme kullanılmıştır. Deney deseni için matkabın geometrik formu, kesme hızı ve ilerleme miktarı olmak üzere dörder seviyeli üç farklı kontrol faktörü ile bir Taguchi Deney Tasarımı oluşturulmuştur. Deney sonuçlarının değerlendirilmesinde bütün takımlarda radyal ağız aşınması ve dış köşe aşınması gözlemlenirken, ilerlemenin artmasıyla genellikle radyal ağız aşınmasının da arttığı görülmektedir.

DOI:

Investigation of the Effect of Drill Geometry on Tool Wear and Chip Formation

ARTICLE INFO

Received: 05.02.2017
Accepted: 10.04.2017

Keywords:

Drilling, Helical Drill, Drill Geometry, GGG50, Tool Wear, Chip Formation Forms

***Corresponding**

Authors

e-mail:
harungokce@yahoo.ca

ABSTRACT

In this study, the effects of different drill geometries and cutting parameters on tool wear and chip formation forms are evaluated. It has been observed what parameters affect tool wear and chip formation form by making 100 test revolutions for 16 different combinations with different geometry sets and different cutting condition combinations. Experimental studies have used four different geometries, 10 mm diameter, two-spindle, helical, solid cementite carbide drill with original two-channel geometry developed with the common two-tool geometry commercially available and GGG 50 spherical graphite cast iron material as workpiece material. For experiment design, a Taguchi Test Design was created with three different control factors of four levels, geometric form of cutter, cutting speed and feed amount. When evaluating the test results, radial wear and outer wear are observed in all tools, but radial wear is generally increased with progressive increase.

1. Giriş (Introduction)

Daha uzun takım ömrü ve istenilen kalitede üretimle hammadde israfını önlemek için, kesme performansı ve şartlarını optimize etme ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bunu gerçekleştirebilmek için, kesici takımların ömrüne tesir eden etkenler ile iş parçasının kalitesinin belirlenmesinde etkili olan etkenler bilim adamları tarafından araştırılmaktadır [1].

Talaşlı imalat operasyonları sırasında oluşan yüksek kesme sıcaklıkları ve buna bağlı olarak meydana gelen takım aşınmaları sıklıkla karşılaşılan problemlerdir. Son yıllarda bu problemleri önlemek ve kesici takım performansını arttırmak amacıyla yeni teknolojiler üzerine çalışılmaktadır. Geliştirilen takım teknolojileri daha çok takım geometrisi, takım kaplaması ve takım malzemesi konusundadır. Bu özellikler imalat prosesini oldukça etkilemektedir. Fiyat performans avantajı karbür takımları farklı endüstrilerde en çok tercih edilen takım malzemesi haline getirmiştir. Günümüzde kesici takım endüstrisine hizmet eden firmaları birbirinden ayıran temel faktör ise takım üretimi sırasında kullandıkları farklı üretim ve işlem teknikleridir. Bu sebeple aynı kesme koşullarında kullanılan farklı firmalara ait takımlar farklı performans sergilemektedirler. Bu takım performanslarının karşılaştırıldığı çalışmalarda karşılaştırma takım geometrisi, yüzey pürüzlülüğü, aşınma, sıcaklık ve kesme kuvvetleri farklarına bakılarak yapılmıştır [2].

Yapılan literatür araştırmasında farklı malzemeler üzerinde uygulanan delik delme işlemlerinde tork ve ilerleme kuvveti üzerinde matkap çapı, matkap uç biçimi ve kesme parametrelerinin etkilerinin değerlendirildiği, kolay talaş tahliyesi için birçok araştırma yapıldığı, tork ve ilerleme kuvvetini azaltmak için önemli bulgular veya tahminler elde edildiği görülmüştür. Delik delme işleminde helisel matkap uç geometrilerinin optimizasyonu araştırılmış ve özellikle matkap uç geometrisi, tork ve itme arasındaki ilişkiye bağlı olarak çeşitli matematiksel modeller geliştirilmiştir. Literatürde delme işlemi ve matkabın geometrik özellikleri arasındaki ilişkiyi, matematiksel açıdan tanımlayan ve açıklayan bilgisayar destekli çalışmalar da mevcuttur [3-25].

Bu çalışmada, yaygın kullanım alanına sahip ve pek çok önde gelen takım firmasına ait takımların zorlandığı ve yüksek aşınma/düşük ömür sergilediği GGG 50 malzemesinin delinmesi esnasında oluşabilecek problemlerin önüne geçilmesi ve delme performansının ve delik kalitesinin optimum seviyeye getirilmesi için en uygun kesme şartlarının ve matkap geometrisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal Metod (Material Method)

2.1. Deneyler için kullanılan taguchi L16 deney tasarımı

Deneyel çalışmalar için dört seviyeli üç farklı kontrol faktörü ile bir Taguchi Deney Tasarımı oluşturulmuştur. Deney girdisi olarak dört farklı geometride matkap, dört farklı kesme hızı ve dört farklı ilerleme değeri seçilmiştir. Kullanılan Minitab paket programı vasıtasıyla dört seviyeli Taguchi L16 deney tasarımı oluşturulmuştur. Tablo 1'de söz konusu tasarımın seviyeleri ve kontrol faktörleri verilmiştir.

Tablo 1. Ana deneyler için kontrol faktörleri ve seviyeleri

	Faktörler	Birim	1. Seviye	2. Seviye	3. Seviye	4. Seviye
1	Geometri		TG-1	TG-2	TG-3	TG-4
2	Kesme Hızı (V)	m/dk	90	100	110	120
3	İlerleme (f)	mm/dev	0,15	0,20	0,25	0,30

Tablo 1'deki faktörler göz önünde bulundurularak, deneylerde kullanılan parametrelerin takım aşınması ve talaş oluşum formlarına olan etkilerinin tespiti için Tablo 2'de Minitab istatistik yazılımı yardımı ile belirlenen deney tasarımı verilmiştir. Yapılan deneylerde 16 kesici takım ile 100 delik delme tekrarı yapılarak toplamda 1600 delik delme işlemi yapılmıştır.

Tablo 2. Taguchi L16 orthogonal deney tasarımı

Deney No	Değişken	Geometri (A)	İlerleme (mm/dev) (B)	Kesme Hızı (m/dak) (C)
1	A1B1C1	Geometri 1	0.15	90
2	A1B2C2	Geometri 1	0.2	100
3	A1B3C3	Geometri 1	0.25	110
4	A1B4C4	Geometri 1	0.3	120
5	A2B1C2	Geometri 2	0.15	100
6	A2B2C1	Geometri 2	0.2	90
7	A2B3C4	Geometri 2	0.25	120
8	A2B4C3	Geometri 2	0.3	110
9	A3B1C3	Geometri 3	0.15	110
10	A3B2C4	Geometri 3	0.2	120
11	A3B3C1	Geometri 3	0.25	90
12	A3B4C2	Geometri 3	0.3	100
13	A4B1C4	Geometri 4	0.15	120
14	A4B2C3	Geometri 4	0.2	110
15	A4B3C2	Geometri 4	0.25	100
16	A4B4C1	Geometri 4	0.3	90

2.2. Kullanılan iş parçası malzemesi

Deneylerde iş parçası malzemesi olarak 30mm kalınlığında ve 140x140 ebatlarında küresel grafitli dökme demir (GGG50) kullanılmıştır. Bu malzemenin kimyasal özellikleri Tablo 3’de, mekanik özellikleri Tablo 4’de verilmiştir.

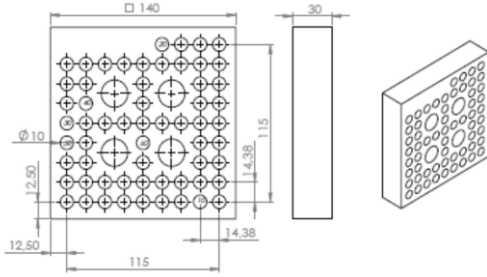
Tablo 3. GGG50 Küresel grafitli dökme demirin bileşimi, %ağ. [26]

C	Si	Mn	P	S
3,60	2,42	0,430	0,010	0,005
Mg	Cr	Ni	Mo	Cu
0,045	0,053	0,048	0,047	0,01

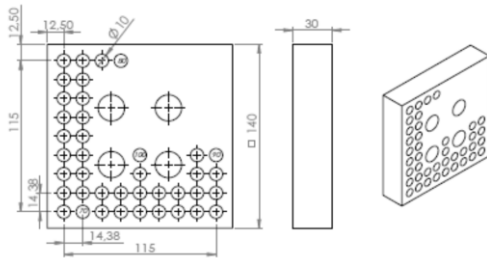
Tablo 4. GGG50 Küresel grafitli dökme demirin mekanik özellikleri [27]

	Mikro yapı	Çekme Dayanım 1 (MPa)	Akma Sınırı (MPa)	Kopma Uzaması (%)	Brinell Sertliği (kgf/mm ²)
GGG50	Ferritik Perlitik	490,3	352,8	7	170-241

Bu malzemeden elde edilen deney numunelerinin şekli ve boyutları çalışma şartlarına bağlı olarak şekillendirilmiştir. 10 mm takım çapı için $3xD \leq L$ olacak şekilde, delinen malzemelerin kalınlığı 30 mm olacak şekilde işlenmiş ve delikler boydan delinmiştir (Şekil 1). 100’er delik tekrarı sağlamak amacıyla her deney için ikişer adet plaka kullanılmıştır.



(a)

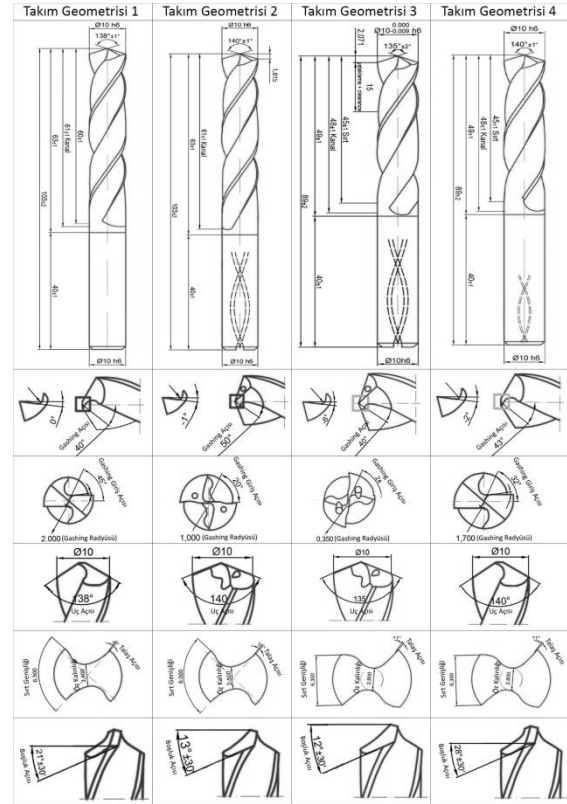


(b)

Şekil 1. İş parçası deney numuneleri delik yerleşimi

2.3. Kullanılan kesici takımlar

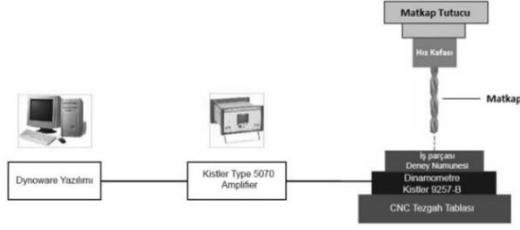
Bu çalışmada iki ağızlı, helisel, 10 mm çaplı, yekpare (solid) karbür, içten soğutma kanallı matkaplar kullanılmıştır. Matkaplardan ikisi ticari olarak temin edilebilen farklı firmalara ait takımlar (Takım Geometrisi 1 ve Takım Geometrisi 2), diğer ikisi ise özgün olarak geliştirilen takımlardır (Takım Geometrisi 3 ve Takım Geometrisi 4). Kullanılan kesici takım geometrilerine ait bilgiler Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Deneylerde kullanılan matkap geometrileri

2.4. Kullanılan takım tezgahları

Deneyler, üç eksenli lineer ve dairesel interpolasyon yapabilen, metrik ve inç birimlerinde ISO formatlı programlanabilir FANUC kontrol ünitesi JOHNFORD VMC-550 CNC Dik İşleme Merkezinde yapılmıştır. Takım içinden soğutma uygulaması Giss SC-16 seramik hız kafası üzerinden gerçekleştirilmiştir.

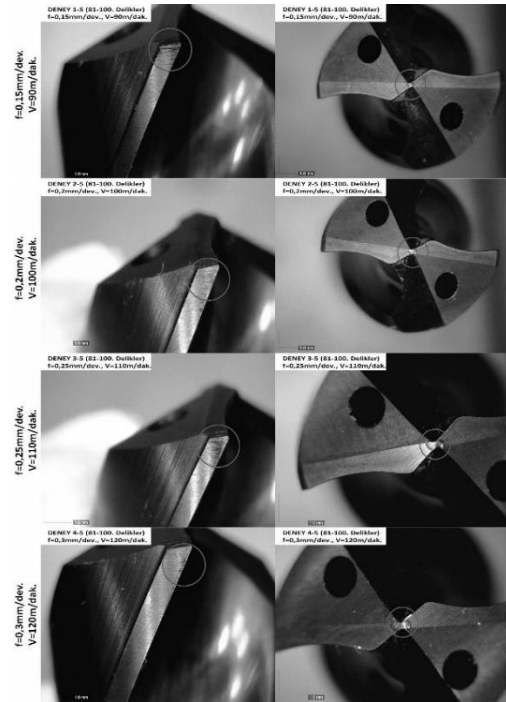


Şekil 3. Deney düzeneği

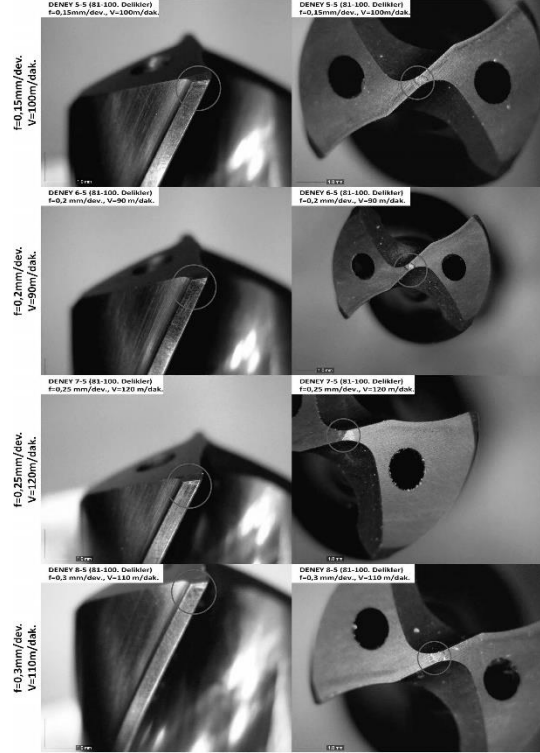
3. Bulgular (Results)

3.1. Kesici takım aşınmalarının değerlendirilmesi

Şekil 4'de 1 numaralı takım geometrisi için, Şekil 5'de 2 numaralı takım geometrisi için, Şekil 6'da 3 numaralı takım geometrisi için, Şekil 7'de 4 numaralı takım geometrisi için en belirgin takım aşınmaları gösterilmiştir. Her 20 delikte bir çekilen fotoğraflarda farklı ilerleme ve kesme hızı kombinasyonunda ilk delikten son deliğe kayda değer bir değişim olmadığından bütün takım geometrileri için son 20 delikteki aşınmalar (81-100 delikler) kesme parametrelerine bağlı olarak karşılaştırılmıştır. Matkaplarda gözlemlenen üç çeşit aşınma türünün (radyal ağız aşınması, dış köşe aşınması ve BUE) etkisi aşağıdaki resimlerde gösterilmiştir.

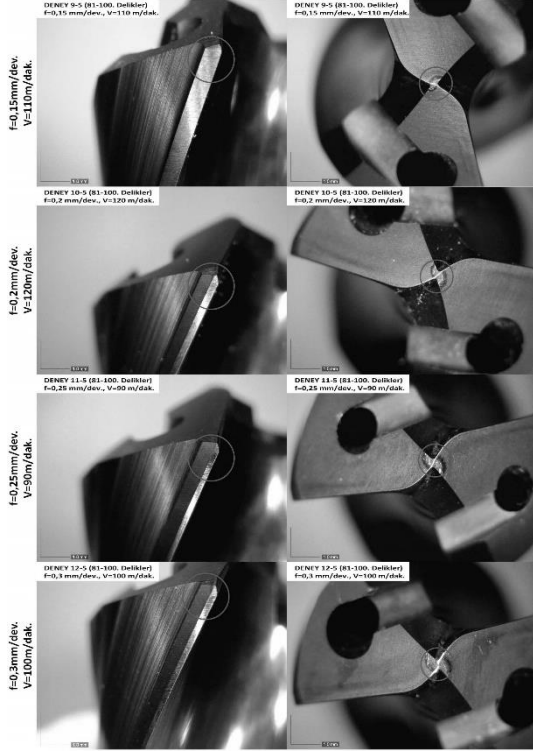


Şekil 4. 1 numaralı takım geometrisine sahip matkap için, kesme parametrelerindeki değişime bağlı olarak takım aşınmaları



Şekil 5. 2 numaralı takım geometrisine sahip matkap için, kesme parametrelerindeki değişime bağlı olarak takım aşınmaları

Şekil 4, 5, 6 ve 7 incelendiğinde; bütün takımlarda radyal ağız aşınması ve dış köşe aşınması gözlemlenirken, ilerlemenin artmasıyla genellikle radyal ağız aşınmasının da arttığı görülmektedir. Resimler değerlendirildiğinde; en büyük dış köşe aşınması ve radyal ağız aşınmasının 4 numaralı takımda meydana geldiği söylenebilir. Bunun yanı sıra, 4 numaralı geometriye sahip takımda, 1, 2 ve 3 numaralı takım geometrisine sahip takımlara oranla daha çok sıvanma gözlemlenmiştir (BUE). Bu sıvanmanın ilerlemenin artışına bağlı olarak arttığı gözlenmiştir. Şekil 7'de farklı ilerlemelerde kullanılmış olan 4 numaralı takımda bu durum açıkça görülmektedir. 4 numaralı takımda daha çok görülen sıvanma eğiliminin bu takımın split uçlu ve negatif talaş açısına sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Literatürde; Split uç matkaplarındaki çentiklerin, yumuşak malzemeler delinirken birikmeye (build up) eğilimli olduğu ve küçük ya da nötr talaş açısının talaş tahliyesine yardımcı olmadığı ve yumuşak malzemelerde kesici kenarlarda malzeme birikmesine (build-up) sebebiyet verebileceği belirtilmiştir [28].



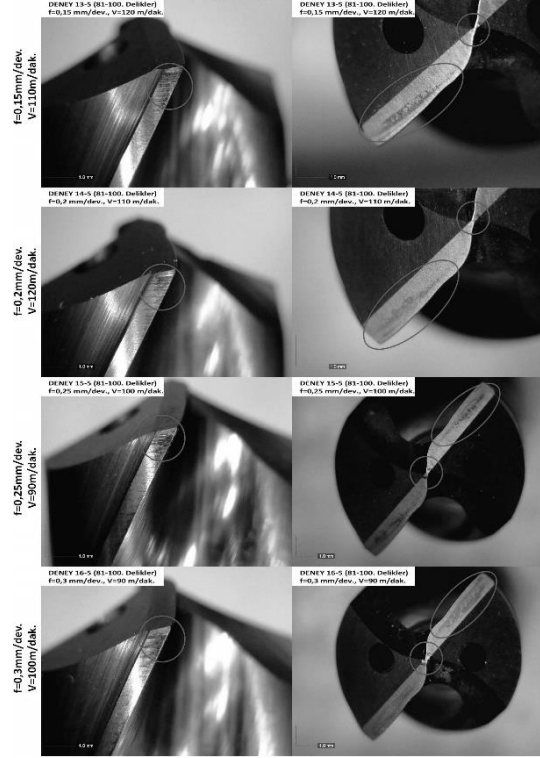
Şekil 6. 3 numaralı takım geometrisine sahip matkap için, kesme parametrelerindeki değişime bağlı olarak takım aşınmaları

3.2. Talaş formlarının değerlendirilmesi

Farklı geometrilere sahip takımlarla ve farklı kesme şartı kombinasyonlarıyla, 16 farklı kombinasyon için 100 deney tekrarı yapılarak elde edilen ve her şart için 1-20., 21-40., 41-60., 61-80., 81-100. delikler arası ilk delikten son deliğe oluşan talaş formları incelenmiştir. Her bir farklı takımın farklı kesme şartları için ilk delikten son deliğe talaş formlarında hemen hemen bir değişim olmamıştır.

GGG 50 malzemesinin delinmesinde, talaş formlarının, takım geometrisi, ilerleme ve kesme hızına göre değişimi Şekil 8'de verilmiştir. Farklı takım geometrileri ile farklı kesme şartlarında oluşan talaş formlarının gösterildiği bu resimlerde her bir kombinasyonda en çok elde edilen talaş formları seçilerek karşılaştırılmıştır.

Talaşlı üretimde kesme hızı (V_c) ve ilerlemenin (f) uyumu önemlidir. Bu çalışmada Taguchi deney tasarımı ile deney sayısı belirlendiği için her şartta deney yapılmamıştır. Buna bağlı olarak talaş formlarında kesme hızı ve ilerleme birbirinden bağımsız incelenememiştir. Talaş formlarındaki değişim bu iki kesme parametresinin bir kombinasyonu olan ilerleme hızına (V_f) göre değerlendirilmiştir.



Şekil 7. 4 numaralı takım geometrisine sahip matkap için, kesme parametrelerindeki değişime bağlı olarak takım aşınmaları

Talaşın şekli ve tipi; yüzey pürüzlülüğü, takım ömrü ve titreşim üzerinde anlamlı bir etkiye sahiptir. Talaşlar dört kategoride sınıflandırılabilir [29]:

- Sürekli talaş,
- Sıvanma (BUE-Built up edge) ile birlikte sürekli talaş,
- Kesikli (segmentli) talaş,
- Süreksiz talaş.

Tablo 5'de talaş formu ve oluşum sebepleri verilmiştir. Bir delik delme süreci içinde de birden çok talaş tipi oluşması söz konusudur. Bunun sebeplerini inceleyecek olursak: Bir matkaptaki talaş açısı, matkap merkezinden kesici kenar köşelerine doğru gidildikçe değiştiği için delik delme sürecinde oluşan talaş şekli tek tip değildir. Bunun diğer bir sebebi talaş akışıyla ilgilidir. Delik delmeye başlandığı sürecin ilk aşamasında talaş düzgün konik helis şeklinde çıkarken matkap delinen malzemede ilerledikçe talaş akışındaki zorlanmayla birlikte kırık talaş şeklini almaktadır [29].

Yapılan deneylerde ilerleme hızı arttıkça kesikli talaş oluşumunun arttığı gözlenmiştir. Düşük ilerleme hızlarında nispeten daha uzun talaşlar elde edilirken, ilerleme hızı arttıkça arttıkça talaş boyunun azaldığı söylenebilir.

Sürekli talaş genelde, sünek iş parçası malzemelerinin yüksek kesme hızlarında ve daha büyük talaş açısına sahip takımlarla işlenmesinde oluşmaktadır. Sürekli talaş oluşumunda çok iyi yüzey kalitesi elde edilmesine rağmen tezgâh, takımlar ve operatör büyük zararlar görmektedir [29].







Şekil 8 incelendiğinde en küçük talaş formlarının 3 ve 4 numaralı takım geometrisinde elde edildiği görülmektedir. Talaşlar daha kırık ve boyutları da diğer takımlarda oluşan talaşlara göre nispeten daha küçüktür.

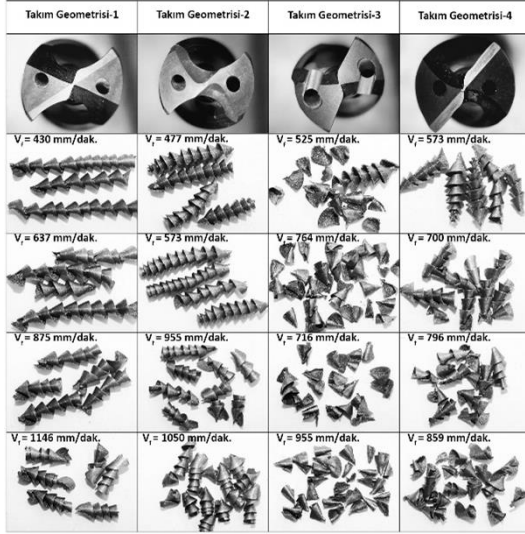
Bunun yanı sıra bütün kesme şartlarında matkabın deliğe ilk girişinde uzun talaşlar elde edildiği ve Şekil 9'da gösterildiği gibi delik çıkışlarında da kesicinin patlatarak dışarı çıktığı gözlemlenmiştir.

Delik delme işleminin sonunda, kesicinin deliği patlatması veya kapak gibi açması söz konusudur. Delik sonunda ilerleme hızına bağlı olarak kesicinin dışarı çıkışında farklı olaylar gerçekleşmektedir.

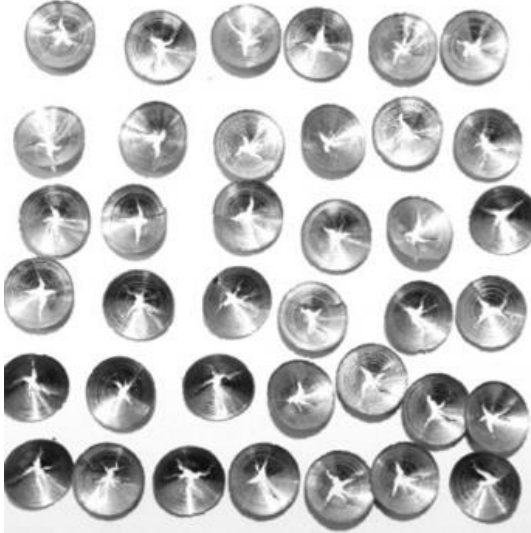
Eğer kesici yüksek ilerleme hızı ile delik deliyorsa delik sonunda basınç birikmesine bağlı olarak kesici deliği patlatır. Kesici düşük ilerlemelerde delik delme işlemini gerçekleştiriyorsa delik sonunda kesicinin dışarı çıkışı daha sakin bir şekilde olacaktır. Dolayısı ile delik çıkışında kesici kapak kaldırır şekilde dışarı çıkar. Kesicinin delik sonunda patlatarak dışarı çıkması; kesici açısından olumsuz bazı etkileri olmaktadır. Kesici, karbür bir kesici ise patlatmaya bağlı olarak oluşan titreşim, kesici kenarlarında çitlamalara hatta kesiciye bağlı olarak kırılmalara sebep olmaktadır [31].

Tablo 5. Talaş Formu ve Karakteristiği [30]

Talaş Çeşidi	Şekli	Karakteristiği ve Oluşumu
Spiral		Bu tip talaşlar genelde sfero döküm malzemede düşük ilerleme hızında oluşur. Kesme ağzında başlayan talaş, boşaltma kanalı etkisi ile kıvrılır. Birkaç kıvrım sonrası talaş kırılıyorsa kabul edilebilir bir formdur.
Yolma Talaş		Uzun talaşlar sarmaya imkan vermeden tahliye edilir. Bu talaş kolay bir şekilde matkaba dolanabilir.
Yarım Kabuk		Boşaltma kanalı ve delik yan duvarları etkisi ile kırılmak suretiyle oluşan bir talaş formudur. Yüksek ilerleme hızlarında oluşur.
Bayrak		Konik sarmal bir şekil alan ve fazla uzamadan delik yan duvarı etkisi ile kırılan bir talaş formudur. Delik yan duvarı talaşa gerekli uzama imkanı sağlamamaktadır. Mükemmel bir talaş şekillendirmesi ve tahliyesi sağlar.
Zik-Zak		Talaş boşaltma kanalı formu ve malzemeye bağlı olarak oluşan bir talaş formudur. Talaş boşaltma kanalında kolayca talaşın sıkışmasına sebep olur.
İğne		Titreşim yada gevrek malzemede küçük radyüs sebebiyle talaş kırılır. Artan performans ile birlikte memnuniyet verici bir talaş formudur. Ancak birbirinin üzerine bindirmek suretiyle talaş yığılmasına sebebiyet verir.



Şekil 8. Takım geometrisi ve ilerlemeye bağlı olarak oluşan talaş formlarındaki değişim



Şekil 9. GGG 50 malzemesinin farklı geometrilerdeki kaplamalı karbür matkaplarla farklı kesme şartlarında bütün deliklerde oluşan delik çıkışı

4. Sonuçlar (Conclusion)

Takım aşınması resimleri incelendiğinde; bütün takımlarda radyal ağız aşınması ve dış köşe aşınması gözlemlenirken, ilerlemenin artmasıyla genellikle radyal ağız aşınmasının da arttığı görülmektedir. Resimler değerlendirildiğinde; en büyük dış köşe aşınması ve radyal ağız aşınmasının 4 numaralı takımda meydana geldiği söylenebilir. Bunun yanı sıra, 4 numaralı geometriye sahip takımında, 1, 2 ve 3 numaralı takım geometrisine sahip takımlara oranla daha çok sıvanma gözlemlenmiştir (BUE). Bu

sıvanmanın ilerlemenin artışına bağlı olarak arttığı gözlenmiştir.

Talaş oluşum formları incelendiğinde en küçük talaş formlarının 3 ve 4 numaralı takım geometrisinde elde edildiği görülmektedir. Talaşlar daha kırık ve boyutları da diğer takımlarda oluşan talaşlara göre nispeten daha küçüktür. Bunun yanı sıra bütün kesme şartlarında matkabın deliğe ilk girişinde uzun talaşlar elde edildiği gözlemlenmiştir.

Teşekkür (Acknowledgments)

Bu çalışmayı “TÜBİTAK 1501- Sanayi Ar-Ge Projeleri Destekleme Programı” kapsamında “3130691” No’lu proje ile destekleyen TÜBİTAK-TEYDEB’e teşekkür ederiz.

Kaynaklar (References)

- [1] Kaynak Y. Matkap ile Delik Delme Esnasında Kesme Parametrelerinin Kesme Kuvveti ve Sıcaklığın Değişimine Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006, İstanbul.
- [2] Baytok E, Tuna B, Toprak A, Özlü E, Budak E. Freze ve Delik Delme İşlemlerinde Kullanılan Karbür Takımların Sistemik Olarak Performans Karşılaştırması. 4. Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu. Kuşadası Türkiye, 2013, 100-120.
- [3] Fujii S., Devries M.F., Wu S.M. An Analysis of Drill Geometry for Optimum Drill Design by Computer. Journal Of Engineering for Industry, 1970, 01: 70-75.
- [4] Fujii S., Devries M.F., Wu S.M. Analysis of the Chisel Edge and the Effect of the d-Theta Relationship on Drill Point Geometry. Journal Of Engineering For Industry, 1971, 93: 1093-1105.
- [5] Tsai W.D., Wu S.M. A Mathematical Model for Drill Point Design and Grinding. Journal of Engineering for Industry, 1979, 101: 333-340.
- [6] Tsai W.D., Wu S.M. Computer Analysis of Drill Point Geometry. International Journal of Machine Tools and Manufacture, 1979, 19: 95-108.
- [7] Chen W.C., Fuh K.H., Wu C.F., Chang B.R. Design optimization of a split-point drill by force

analysis. *Journal of Materials Processing Technology*, 1996, 01: 314-322.

[8] Ren K., Ni J. Analyses of Drill Flute and Cutting Angles. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 1999, 15: 546-553.

[9] Hsieh J.F., Lin P.D. Mathematical model of multiflute drill point. *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 2002, 01: 1181-1193.

[10] Hocheng H., Tsao C.C. Comprehensive analysis of delamination in drilling of composite materials with various drill bits. *Journal of Materials Processing Technology*, 2003, 01: 335-339.

[11] Degenhardt J.A., DeVor R.E., Kapoor S.G. Generalized groove-type chip breaker effects on drilling for different drill diameters and flute shapes. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 2005, 45: 1588-1597.

[12] Hsieh J.F. Mathematical model for helical drill point. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 2005, 45: 967-977.

[13] Jung J., Mayor R., Ni J. Development of freeform grinding methods for complex drill flank surfaces and cutting edge contours. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 2005, 45: 93-103.

[14] Paul A., Kapoor S.G., DeVor R.E. Chisel edge and cutting lip shape optimization for improved twist drill point design. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 2005, 45: 421-431.

[15] Pirtini M., Lazoglu, I. Forces and hole quality in drilling. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 2005, 45:1271-1281.

[16] Hocheng H., Tsao, C.C. Effects of special drill bits on drilling-induced delamination of composite materials. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 2006, 46:1403-1416.

[17] Vijayaraghavan A. Automated Drill Design Software. *Laboratory for Manufacturing and Sustainability*, 2006 01: 01-10.

[18] Vijayaraghavan A., Dornfeld D. Automated Drill Modeling for Drilling Process Simulation. *Laboratory for Manufacturing and Sustainability*, 2006 01: 10-15.

[19] Audy J. A study of computer-assisted analysis of effects of drill geometry and surface coating on forces and power in drilling. *Journal of Materials Processing Technology*, 2008, 204:130-138.

[20] Tsao C.C. Investigation into the effects of drilling parameters on delamination by various step-core drills. *Journal of Materials Processing Technology*, 2008, 206: 405-411.

[21] Wang J., Zhng Q. .A study of high-performance plane rake faced twist drills. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 2008, 48:1276-1285.

[22] Abele E., Fujara M. Simulation-based twist drill design and geometry optimization. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 2010, 59:145-150.

[23] Sambhav K., Dhande S.G., Tandon P. CAD Based Mechanistic Modeling of Forces for Generic Drill Point Geometry. *Computer-Aided Design & Applications*, 2010, 01: 809-819.

[24] Ema S. Effects of Twist Drill Point Geometry on Torque and Thrust. *Faculty of Education, Gifu University*, 2012, Japan.

[25] Turgut Y., Çinici H., Şahin i., Fındık T. Study of cutting force and surface roughness in milling of Al/Sic Metal Matrix Composites. *Scientific Research and Essay*, 2011, 6: 2056-2062.

[26] Güneş E.D., Toprak Ç., Çetin G., Gül F.M. GGG50 Malzemenin Abrasif Aşınma Davranışına Borlamannın Etkisi. 2011, Elazığ.

[27] Kılınç B. GGG50 Sınıfı Dökme Demire Bakır İlavesinin Mekanik Özelliklere Etkisi. *İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 2009, İstanbul.

[28] Lazar M.B. Cutting Force Modelling For Drilling Of Fiber-Reinforced Composites. *Pour L'obtention Du Grade De Docteur Ès Sciences, À La Faculté Des Sciences Et Techniques De L'ingénieur, École Polytechnique Fédérale De Lausanne*, 2012, Swiss.

[29] Çakır A. Al7075 ve Al6013 Alüminyum Malzemelerin Delme Operasyonları Esnasındaki Kesme Parametrelerinin İncelenmesi. *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 2009, Ankara.

[30] Çakır M.C., Oran A., Türker Y.E. Sert Malzemelerin Delinmesi İşleminde Kaplama Tiplerinin ve İşleme Parametrelerinin Delme İşlemine Etkilerinin İncelenmesi. 4. Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu, 2013, Kuşadası.

[31] Usta M. Tornalama Takım Tezgahlarında Delik Delme Operasyonları Sırasında Ortaya Çıkan Kesme Kuvvetleri ve Isı Etkisinin Araştırılması. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2010, Ankara.