



AISI D2 ve AISI D3 Soğuk İş Çeliklerinin Delinmesinde İşleme Parametrelerinin Çapak Oluşumuna Etkilerinin Deneysel Olarak İncelenmesi

Yavuz Kaplan¹, Muammer Nalbant², Hasan Gökkaya^{3*}

¹Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara

²Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü, Ankara

³Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 78100, Karabük

Özet

Bu çalışmada, Bilgisayarlı Sayısal Denetimli (BSD) freze tezgâhında boydan boya delik delme sürecinde değişen işleme parametrelerinin, delik sonu çıkışında çapak oluşumuna etkisi incelenmiştir. Deneysel çalışmalarda; iki farklı sertlikteki soğuk iş takım çeliği (AISI D2, 20 HRC ve AISI D3, 28 HRC), iki farklı çap (Ø 8 mm ve Ø 10 mm) ve dört farklı uzunlukta HSS matkap uçlarıyla delinmiştir. Deneylerde üç farklı kesme hızı (5, 10 ve 15 m/dak) ve üç farklı ilerleme hızı değeri (0.04, 0.05 ve 0.06 mm/dev) değerleri kullanılmıştır. Deney sonuçlarına göre, ilerlemenin artmasına bağlı olarak delik sonu çapak yüksekliğinin azaldığı; delik sayısı, kesme hızı ve malzeme sertliğinin artmasına bağlı olarak da delik sonu çapak yüksekliğinin arttığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İşlenebilirlik, HSS kesici takımlar, Delik delme, Çapak oluşumu

The Experimental Investigation of The Effect of Machining Parameters on Burr Formation in Drilling of AISI D2 and AISI D3 Cold Work Steels

Abstract

In this study, the effect of changing processing parameters on the burr formation at the exit end of hole during the drilling process in milling machines of CNC (Computer Numerical Control) was examined. In experimental studies, cold work tool steels (AISI D2, 20 HRC and AISI D3, 28 HRC) were drilled by HSS cutting tools with four different lengths in two different diameters (Ø 8 mm and Ø 10 mm). Three different cutting speeds (5 m/min, 10 m/min, 15 m/min) and three different feed rates values (0.04 mm/rev, 0.05 mm/rev, 0.06 mm/rev) were used in experiments. According to outcomes of the experiment, it was detected that burr height decreases depending on feed rates increase and burr height increases depending on the number of holes, cutting speed and material hardness.

Keywords: Machinability, HSS cutting tools, Drilling Burr formation

1. Giriş

Günümüzde özellikle yüksek basınçlarda çalışan makineler ve makinelerde kullanılan hareketli parça sayısının artması, kullanılan parçaların yüzey kalitesinin önemini arttırmaktadır. Talaşlı imalat yöntemi ile imal edilen parçalarda, parçanın ölçü ve

geometrik toleransları yanında, tatminkâr yüzey kalitesi de önem kazanmaktadır. Bir makina parçasının gerektiği tarzda çalışması ve mekanik ömrü ile dış etkilere karşı direnci yüzey kalitesine bağlıdır (Tonshoff et al. 1994). Delme işlemi en önemli talaş kaldırma işlemlerinden biridir. Tornalama ve frezeleme işlemleri ile delme işlemleri karşılaştırıldığında, işlemlerin kinematik ve dinamik

*Sorumlu yazarın e-mail adresi: hgokkaya@karabuk.edu.tr

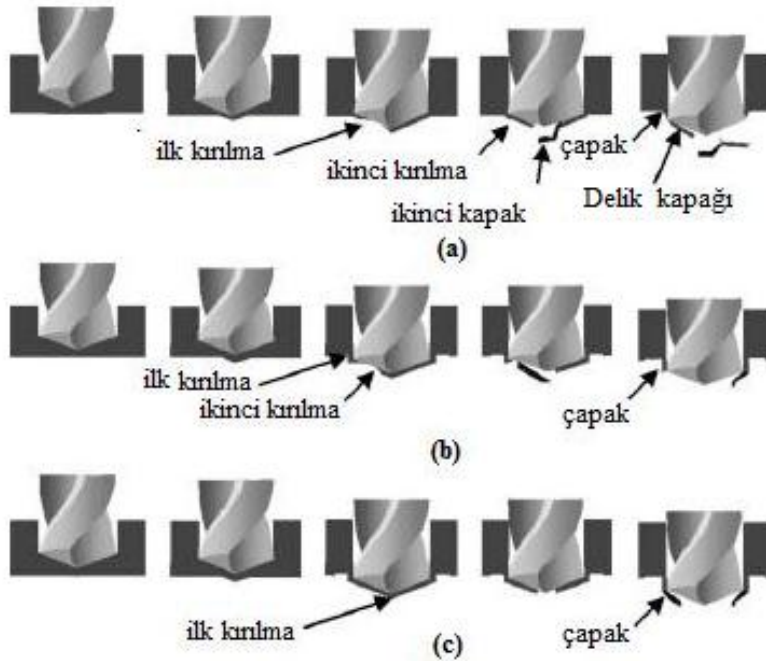
yapısı benzer olup talaş akışı ve kesme sıcaklığı dağılımının aynı şekilde olduğu görülür. Diğer taraftan delme işleminde olumsuz durumlar da oluşmaktadır. Talaş oluşumu kapalı alanda oluşur ve görülemez (Şahin 2003). İmalat sürecinde çapak oluşumu istenmeyen bir durumdur. Çapak alma ve bitirme işlemleri iş parçasını üretmek için gereken toplam maliyetin % 30'una mal olabilir. Çapaklar kaldırılmadıkları takdirde parçalar arasındaki bağlantı hatalı olabilir, uygunsuz yüzeylere ve gevşek montajlara sebep olabilir. Ayrıca parçalar elle tutulduğunda operatörler için kaza risklerine sebep olabilir (Mahfouz 2003, Orhan et al. 2007).

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.

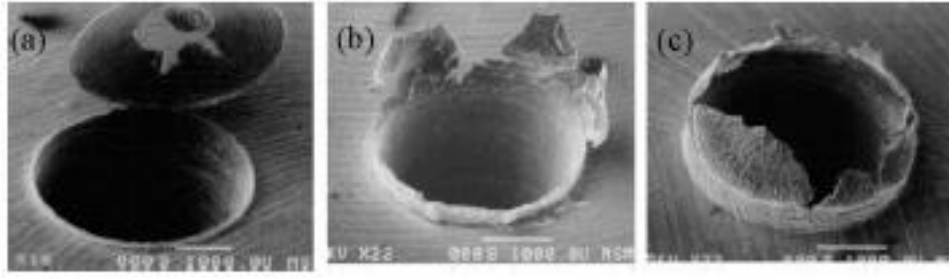
Metal malzemelerin delinmesinde, çapak oluşumu ve deformasyon sıkça görülen bir durumdur. Çapak, delme işlemi esnasında deliğin merkezinde matkapın ilerlemesinden kaynaklı yüksek basınçtan dolayı oluşan plastik şekil değiştirme durumudur.

Delme işleminde oluşan çapak, delme şartlarından (tezgâhın titreşimi, devir sayısı, ilerleme ve kesme sıvısı gibi), iş parçasından (sertliği, sürekliliği, mekanik dayanımı, kalınlığı ve geometrisi gibi) ve kesici takımdan (geometrisi, takım aşınması, çapı ve malzemesi gibi) önemli derecede etkilenmektedir (Chelladurai et al. 2007, Kıvak 2008, Özçatalbaşı 2002). Delik delme sürecinde çapaklar deliklerin giriş ve çıkışlarında oluşur. Delik girişlerindeki çapaklar malzemenin plastik akışıyla, delik çıkışındaki çapaklar ise deliğin merkezindeki yüksek sıkıştırma oranından dolayı malzemenin yapısına bağlıdır (Özçatalbaşı 2002).

Delik delmede çapak oluşum mekanizmasında; delik derinliği arttıkça, deliğin dibindeki çapak şekil bozukluğu da artar. Bu değer malzemenin kopma gerilimine ulaşmaya yeterli olduğu zaman (failure stress), şekil bozukluğunun ucunda kopmalar başlar. Kopmalar da matkap geometrisine bağlıdır, çünkü büyük kesici kenar açılı matkaplar delik merkezinde yüksek eksenel kuvvetlere meyillidir. Delik sonundaki çapak formları; düzenli, taç ve süreksiz çapak olmak üzere üç farklı tipte oluşur. (Şekil 1, Şekil 2) (Mahfouz 2007, Nouari et al. 2005).



Şekil 1. Delik delmede delik sonu çapak tipleri, a) Düzenli çapak, b) Süreksiz çapak, c) Taç çapak. (Mahfouz 2007, Nouari et al. 2005).



Şekil 2. Delik sonu çapak form görüntüleri a) Düzenli b) Süreksiz c) Taç, (Mahfouz 2007, Nouari et al. 2005).

İmalat sanayinde soğuk iş takım çeliği malzemelerinin kullanımı, hızla artmaktadır. AISI D2 (DIN 1.2379) ve AISI D3 (DIN 1.2080) takım çelikleri; süneklik, tokluk ve işlenebilirlik özelliklerine sahiptirler, bu gibi özellikleri nedeniyle oldukça fazla tercih edilmektedir. Bu çelikler genellikle, soğuk ekstrüzyon, delme kalıpları, plastik enjeksiyon kalıpları, kalıp elemanları plakaları, toz metalürjisi takımları, seramik biçimlendirme kalıpları ve soğuk zımbaların üretiminde kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, iki farklı uzunluk ve çaptaki HSS kesici matkaplarla, işleme parametresi olarak üç farklı ilerleme ve kesme hızı değerleri kullanılarak, AISI D2 ve AISI D3 soğuk iş çelikleri delinmiştir.

İşleme parametrelerinin çapak oluşumu üzerindeki etkilerinin tarama elektron mikroskobu (SEM) vasıtasıyla belirlenmesi, iş parçası üzerinde oluşan çapak oluşumu üzerinde etkili olan parametrelerin seviyelerinin tayini için istatistikî olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Deney Numuneleri

Deneyisel çalışmalar için, AISI D2 ve AISI D3 sırasıyla 20 HRC ve 28 HRC sertliğindeki soğuk iş takım çelikleri kullanılmıştır. Deney numunelerinin SEM cihazında yapılmış analiz (EDS) sonuçları Çizelge 1' de, fiziksel özellikleri ise Çizelge 2' de verilmiştir.

Çizelge 1. Deney numunelerinin kimyasal bileşimleri (% Ağırlık).

<i>AISI D2 (DIN 1.2379) deney numunesi kimyasal bileşimi</i>							
Si	V	Cr	Mn	Ni	Nb	Mo	Fe
0.235	0.756	10.492	1.665	0.891	0.884	1.103	83.972
<i>AISI D3 (DIN 1.2080) deney numunesi kimyasal bileşimi</i>							
Si	V	Cr	Mn	Ni	Nb	Mo	Fe
0.704	0.305	11.263	0.591	0.676	0.394	2.283	83.784

Çizelge 2. Deney numunelerinin fiziksel özellikleri.

Deney Numunesi	Fiziksel Özellikler				
	Yoğunluk Kg/dm ³	Sertlik HRC	Akma dayanımı N/mm ²	Çekme dayanımı N/mm ²	Isıl iletkenlik W/m.K
AISI D2 (DIN 1.2379)	7.70	20	820	940	20
AISI D3 (DIN 1.2080)	7.86	28	850	970	20

Deney numunelerinin işlenmemiş ölçüleri 152x52x52 mm boyutundadır. Malzemelerin yüzeyleri, dış yüzey tabaka sertleşmesi ve yüzeylerin eğimli olması ihtimaline karşılık 1 mm kesme derinliğiyle yüzey frezeleme işlemine tabi tutulmuş ve 150x50x50 mm boyutlarında deneyler için hazır hale getirilmiştir.

2.2 İşleme Parametreleri ve Kesici Takımlar

Deneylerde üç farklı kesme hızı (5 m/dak, 10 m/dak, 15 m/dak) ve üç farklı ilerleme (0.04 mm/dev, 0.05 mm/dev, 0.06 mm/dev) değeri kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan işleme parametreleri Çizelge 3' de verilmiştir. Kesici takım olarak Makine Takım ürünü iki farklı çapta (Ø 8 mm ve Ø 10 mm) ve dört farklı uzunlukta DIN 338 ve DIN 340 standartlarındaki HSS matkaplar

kullanılmıştır. Her deney yeni bir matkap ucu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Deneylerde kullanılan matkapların boyutsal ve mekanik özellikleri Çizelge 4' de verilmiştir.

2.3 Tezgâh ve Tarama Elektron Mikroskop (SEM) Cihazı

Talaş kaldırma işlemleri için FANUC kontrol ünitesine sahip "Johnford VMC-550" sanayi tipi BSD freze tezgâhı kullanılmıştır. Kesici takımlar üzerindeki aşınmalar, JEOL JSM 6060 tipi SEM de incelenmiştir. Adobe Photoshop CS4 programı yardımıyla fotoğraflar üzerinden alınan aşınma değerleri ile grafikler çizilmiş ve analizler yapılmıştır.

Çizelge 3. Deneylerde kullanılan işleme parametreleri.

Malzeme	Kesici Takım	İlerleme mm/dev	Kesme hızı, m/dak	Devir sayısı, Ø 8, dev/dak	Devir sayısı, Ø 10, dev/dak
	Ø 8 mm HSS (117 mm)				
AISI D2	Ø 8 mm HSS (165 mm)	0.04	5	200	160
AISI D3	Ø 10 mm HSS (133 mm)	0.05	10	400	320
	Ø 10 mm HSS (184 mm)	0.06	15	600	480

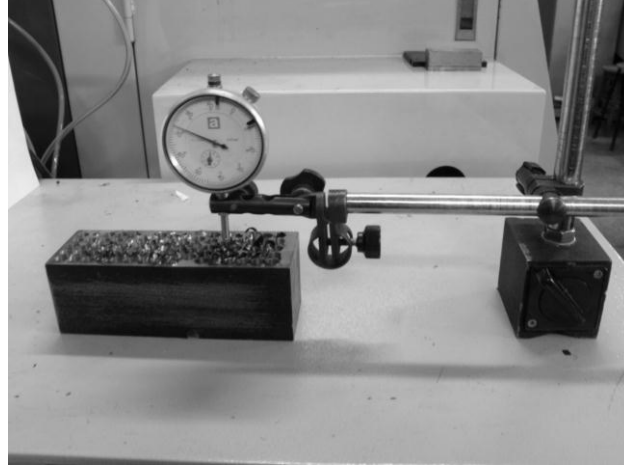
Çizelge 4. Matkapların boyutsal ve mekanik özellikleri.

Matkap standardı	DIN 338	DIN 340	DIN 338	DIN 340
Matkap çapı, mm	8	8	10	10
Matkap malzemesi	HSS	HSS	HSS	HSS
Matkap tipi	İkiz, N	İkiz, N	İkiz, N	İkiz, N
Matkap uzunluğu, mm	117	165	133	184
Kesici kanal uzunluğu, mm	75	109	87	121
Kesici kenar sayısı	2	2	2	2
Kesici kenar uzunluğu, mm	3.25	3.25	4.5	4.5
Öz kalınlığı, mm	1.75	1.75	2	2
Zırh genişliği, mm	1	1	1.25	1.25
Uç açısı	118	118	118	118
Helis (talaş) açısı	30	30	30	30
Boşluk açısı (serbest aç)	8-12	8-12	8-12	8-12
Uç kenar açısı	55	55	55	55
Sap çeşidi	Silindirik	Silindirik	Silindirik	Silindirik
Kaplama	-	-	-	-
Kesme yönü	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ

2.4 Çapak Yükseklik Ölçümü

Çapak yüksekliklerinin ölçümü için Şekil 3'de görüldüğü gibi komperatör kullanılmıştır. Ölçülen değerler ile deney değişkenlerinin çıkış çapağı yüksekliğini nasıl etkilediği, çekilen fotoğraflar ile çıkış çapağı oluşumu incelenmiştir.

değerlendirilmiş ve çapak türleri üzerinde etkili olan parametrelerin etkilerini belirlemek için verilere çoklu varyans analizi uygulanmıştır. Analiz neticesinde aralarında fark bulunan verilere farkın hangi düzeyde önemli olduğunu saptamak için Duncan testi uygulanmıştır.

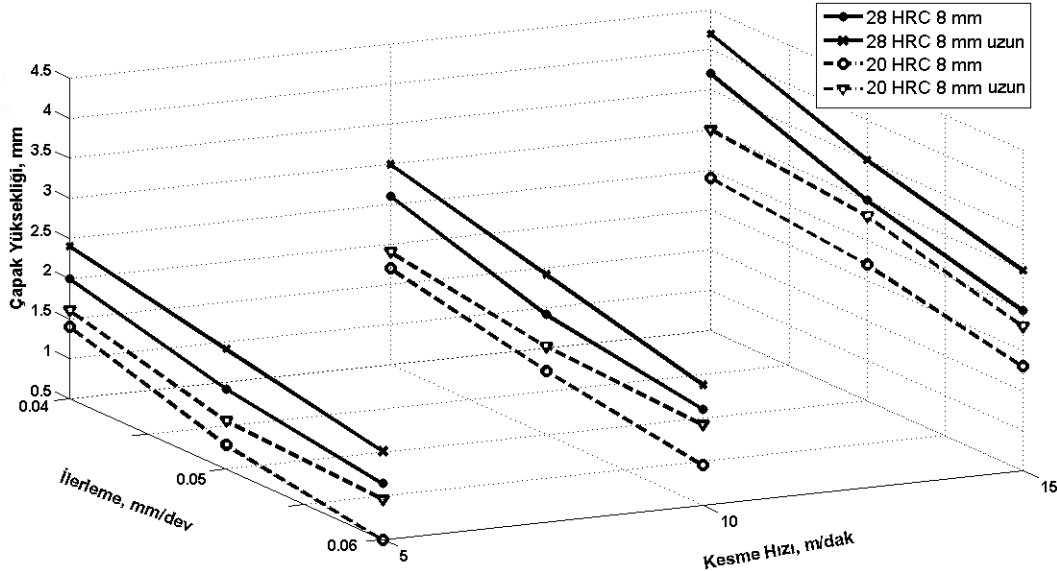


Şekil 3. Çıkış çapağı yüksekliğinin ölçümü.

3. Bulgular ve Tartışma

Delik delmede talaş oluşumu kapalı alanda oluşur ve görülemez. Matkapla delme işleminde matkap ucu iş parçasını delerek terk ettiği bölgede çapak oluşumuna sebep olur. Bu durum, taaki optimum kesme verilerinde kesme yapılanana kadar devam eder. Bu çalışmada, farklı işleme parametrelerinin kullanılması sonrası iş parçası üzerinde matkabın çıkış bölgesinde oluşan çapakların SEM görüntüleri

Çıkış çapaklarının yüksekliği deneyler gerçekleştirildikten sonra bir komperatör saatli düzenek yardımıyla ölçülmüştür. 10 mm çaplı matkaplarla delinen deliklerin çapakları döküldüğünden dolayı ölçümü yapılamamıştır. Dolayısıyla 10 mm çaplı matkaplar haricindeki diğer deney parametreleri olan kesme hızı, ilerleme, matkap boyu ve sertliğe göre çıkış çapaklarının yüksekliğindeki değişim Şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 4. Malzeme sertliği, matkap boyu, kesme hızı ve ilerlemenin çapak yüksekliğine etkisi.

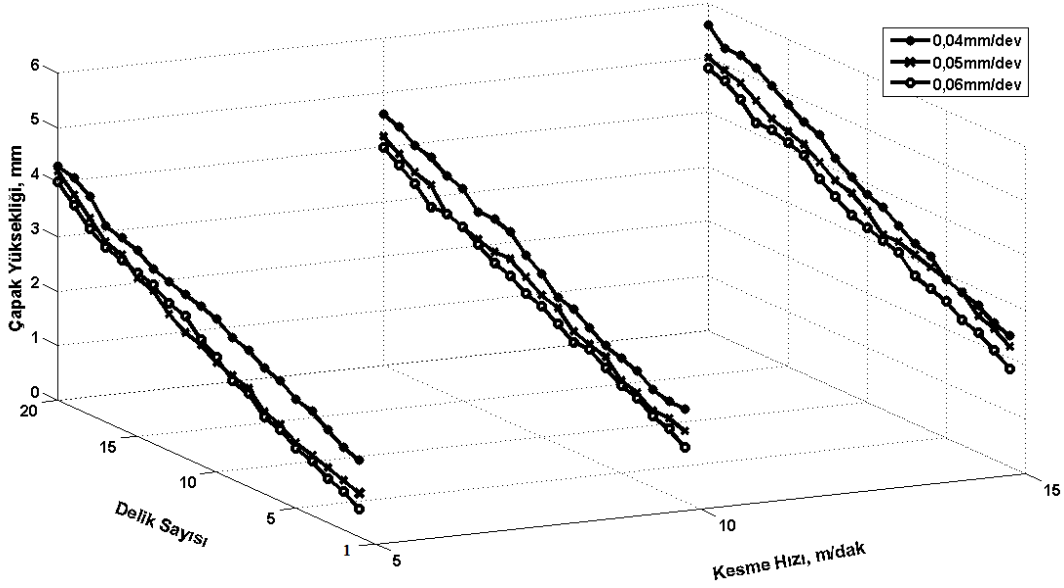
Grafikte ilerleme arttıkça çapak yüksekliklerinin azaldığı, kesme hızının artmasıyla çapak yüksekliklerinin arttığı, uzun matkapların normal matkaplara ve 28 HRC sertlikteki malzemenin 20 HRC sertlikteki malzemeye göre daha yüksek çıkış çapağına neden olduğu görülmektedir. Bu durum; kesme hızının arttırılmasına bağlı olarak, kesme işlemi esnasında plastik deformasyonun uç bölgede erken başlamasına, matkap ucu kesme kenarının zırh ile birleştiği bölgede ise geç başlamasına, ilerlemenin sıcaklık oluşumu (sıcaklığa bağlı olarak deformasyon oluşumu) üzerinde kesme hızına göre az etkili olmasına bağlanabilir (Bahçe et al. 2010).

20 HRC sertliğe sahip AISI D2 malzemenin 8 mm'lik matkapla üç farklı ilerleme, üç farklı kesme hızı ile delinen delik sayısına göre çapak yüksekliğindeki değişim Şekil 5'de verilmiştir.

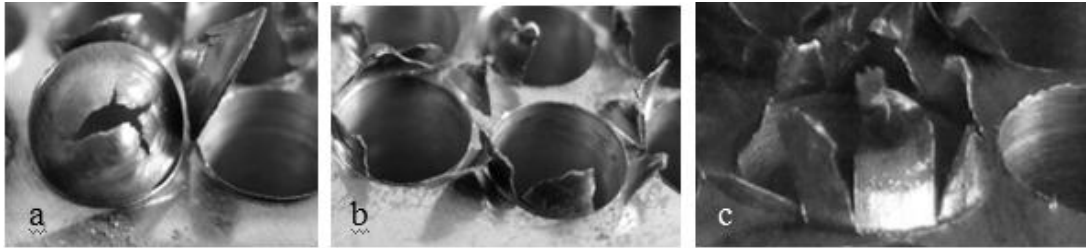
Deneylerde kullanılan ilerleme hızları arasında çapak yüksekliğine etki bakımından fark olduğu ilerlemenin artmasıyla çapak yüksekliğinin azaldığı, ayrıca delik sayısı ve kesme hızının artmasıyla çapak yüksekliğinin arttığı görülmektedir. Bu durum literatür ile örtüşmektedir (Bahçe et al. 2010).

Deneyler tamamlandıktan sonra çekilen çıkış çapaklarının görüntüleri Şekil 6 verilmiştir. Üç farklı biçimde çapak oluştuğu gözlenmiştir. Oluşan çapak tiplerinin literatür ile uyumlu olduğu görülmüştür (Fnides et al. 2008, Ramulu et al. 2001).

Deney parametrelerinin çapak yüksekliğine etkisinin varyans analizi Çizelge 5' de verilmiştir.



Şekil 5. Kesme hızı, ilerleme ve delik sayısının çapak yüksekliğine etkisi.



Şekil 6. Delme deneyleri sonrası çapak formları;

- 15 m/dak kesme hızında oluşan çapak çeşidi (Düzenli)
- 10 m/dak kesme hızında oluşan çapak çeşidi (Süreksiz)
- 5 m/dak kesme hızında oluşan çapak çeşidi (Taç)

Çizelge 5. Çapak yüksekliğine etkili faktörlerin varyans analizi.

Kaynak	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P
Sertlik	1	83.0404	83.0404	1553.87	<.0001
Matkap boyu	1	33.9123	33.9123	634.57	<.0001
Kesme hızı	2	175.6192	87.8096	1643.11	<.0001
İlerleme	2	87.2569	43.6284	816.38	<.0001
Delik sayısı	19	574.6858	30.2466	565.98	<.0001
Hata	637	34.0419	0.0534		
Toplam	662	988.556			

Çizelge 5' deki P değerleri incelendiğinde malzeme sertliği, matkap boyu, kesme hızı, ilerleme ve delik sayısının çapak yüksekliği üzerinde etkili olduğu görülmektedir. İşleme parametrelerinin çapak yüksekliğine etkilerinin kuvvetinin korelasyon katsayıları Çizelge 6'da verilmiştir.

Çapak yüksekliği kesme hızı, delik sayısı, matkap uzunluğu ve malzeme sertliğinin artmasıyla artmış, ilerlemenin artmasıyla azalmıştır. Elde edilen bu sonuçlar literatür ile uyumluluk göstermiştir (Frides et al. 2008, Ramulu et al. 2001, Kim and Dornfeld 2002, Costa et al. 2009, Bahçe et al. 2010).

Çizelge 6. İşleme parametrelerinin çapak yüksekliğine etki kuvvetinin Korelasyon katsayıları.

Deney Değişkenleri	Sertlik	Matkap boyu	Kesme hızı	İlerleme	Delik sayısı
Çapak Yüksekliği	0.2898	0.1787	0.3683	-0.311	0.6984
Korelasyon katsayısının önemi	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001

Korelasyon katsayılarına bakıldığında en büyük etkiye delik sayısının ve kesme hızının; en az etkiye ise ilerleme ile matkap boyunun sahip olduğu görülmüştür. Çapak yüksekliği üzerinde ilerlemenin, kesme hızına göre negatif yönlü olmasının nedeni deformasyon (sıcaklık) oluşumu üzerinde kesme hızına göre az etkili olmasına bağlanabilir. İşleme parametrelerinin seviyeleri arasında fark olup olmadığının tespiti için yapılan Duncan analizi verileri Çizelge 7 verilmiştir.

Çizelge 7'ye bakıldığında deneylerde kullanılan üç farklı ilerlemenin, üç farklı kesme hızının, iki farklı çap ve dört farklı uzunluktaki matkapların, 28 HRC ve 20 HRC sertlikteki malzemelerin ve delik sayısının çapak yüksekliğine etki bakımında farklı olduğu görülmektedir.

Ana etkiler dikkate alınarak yapılan regresyon analizi sonucunda, çapak yüksekliğinin sertlik, matkap ucu boyu, kesme hızı, ilerleme ve delik sayısına bağlı olarak tahmin edilmesine yönelik regresyon denklemi Eşitlik 1'deki gibi hesaplanmıştır.

4. Sonuçlar

AISI D2 ve AISI D3 soğuk iç çelikleri üzerinde farklı işleme parametrelerine bağlı kalınarak 150x50x50 mm ebatlarında kare malzeme üzerinde CNC freze tezgâhında delme yaparak talaş kaldırılmıştır. Denenen sınırlar içerisinde deneme bulgularına göre elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir;

- İlerleme parametresinin artışı çapak yüksekliğinin azalmasına neden olduğu görülmüştür.
- Delik sayısının artması oluşan çapak yüksekliğinin artışına neden olduğu görülmüştür.
- Kesme hızının artması oluşan çapak yüksekliğinin artışına neden olduğu görülmüştür.
- Farklı sertlikteki malzemelerin kesici takım aşınmasına etkisi incelendiğinde, malzeme sertlik değeri artışı çapak oluşumunu arttırdığı görülmüştür.
- 15 m/dak kesme hızında oluşan çapak çeşidi (düzenli tip), 10 m/dak kesme hızında oluşan çapak çeşidi (süreksiz tip), 5 m/dak kesme hızında oluşan çapak çeşidi (taç) tipi olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 7. İşleme parametreleri seviyelerine göre ortalama çapak yükseklikleri.

İlerleme mm/dev	Çapak Yüksekliği, mm*	Kesme hızı, m/dak	Çapak Yüksekliği, mm*	Matkap uzunluğu, mm	Çapak Yüksekliği, mm*
0,06	3,071 c	15	4,202 a	184, 165	3,726 a
0,05	3,400 b	10	3,437 b	133, 117	3,289 b
0,04	4,002 a	5	3,042 c		

Malzeme Sertliği HRC	Çapak Yüksekliği, mm*	Delik sayısı	Çapak Yüksekliği, mm*
20 (AISI D2)	3,172 b	20	4,975 a
28 (AISI D3)	3,882 a	19	4,775 b
		18	4,646 b
		17	4,470 c
		16	4,325 d
		15	4,170 e
		14	4,109 fe
		13	4,016 f
		12	3,868 g
		11	3,729 h
		10	3,550 i
		9	3,358 j
		8	3,188 k
		7	3,011 l
		6	2,925 l
		5	2,791 m
		4	2,605 n
		3	2,400 o
		2	2,233 p
		1	2,069 q

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur.

H (mm) = -1,749 + 0,117 * T + 0,011 * L + 0,146 * V - 41,948 * F + 0,162 * N (R²=0,941).

H: Çapak yüksekliği, T: Sertlik, L: Matkap boyu, V: Kesme hızı, F: İlerleme, N: Delik sayısı

5. Kaynaklar

Bahçe, E., Kılıçkap, E., Özel, C. 2010. Al-5005'in Delinmesinde Delme Parametrelerinin Çapak Oluşumuna Etkisinin Araştırılması. 2. *Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi*, Sayfa. 242-250, 11-12 Kasım, Balıkesir.

Chelladurai, H., Jain, VK., Vyas, NS. 2007. Development of a cutting tool condition monitoring system for high speed turning operation by vibration and strain analysis. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, 37: 471-485.

Costa, ES., Silva, MB., Macdhado, AR. 2009. 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.

Fnides B., Aouici, H., Yallese, MA. 2008. Cutting forces and surface roughness in hard turning of

hot work steel X38CrMoV5-1 using mixed ceramic. *Mechanika*, 2: 73-78.

Kıvık, T. 2008. Inconel 718'in delinebilirliğinin araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Kim, J., Dornfeld, DA. 2002. Development of an Analytical Model for Drilling Burr Formation in Ductile Materials. *Transactions of the ASME*, 124: 192-198.

Mahfouz, IA. 2003. Drilling wear detection and classification using vibration signals and artificial neural network. *Int. J. Mach. Tool. Manu.*, 43: 707-720.

Nouari, M., List, G., Girot, F., Gehin, D. 2005. Effect of machining parameters and coating on wear mechanisms in dry drilling of aluminium alloys. *Int. J. Mach. Tool. Manu.*, 45: 1436-1442.

- Orhan, S., Er, AO., Camuşcu, N., Aslan, E. 2007.** Tool wear evaluation by vibration analysis during end milling of AISI D3 cold work tool steel with 35 HRC hardness, *NDT&E Int.*, 40: 121-126.
- Özçatalbaş, Y. 2002.** Kesici takım aşınması ve iş parçası mekanik özelliklerinin yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerine etkisi. *J. Politec.* 4; 47-52.
- Ramulu, M., Branson, T., Kim, D. 2001.** A Study on the Drilling of Graphite / Bismaleimide Composite and Titanium stacks. *Compos. Struc.*, 54: 67-77.
- Şahin, Y. 2003.** İmal Usulleri, *Gazi Kitapevi*, Ankara, 248-259.
- Tonshoff, HL., Spintig, W., Konig, W., Neises, A. 1994.** Machining of holes developments in drilling technology. *CIRP Ann. Manuf. Techn.*, 43: 551-560.

