

AISI 420 Martenzitik Paslanmaz Çeliğin Delinebilirliğinin Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Analizi

Mehmet Erdi KORKMAZ^a, Tolga MERAL^b, Mustafa GÜNAY^{a,*}

^{a,*} Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, KARABÜK 78050, TÜRKİYE

^b Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Bölümü, KARABÜK 78050, TÜRKİYE

MAKALE BİLGİSİ

Alınma: 21.09.2018
Kabul: 04.12.2018

Anahtar Kelimeler:

Delik delme,
AISI 420, Sonlu
elemanlar yöntemi,
İlerleme kuvveti,
Sıcaklık

*Sorumlu Yazar:

e-posta:
mgunay@karabuk.edu.tr

ÖZET

Talaş kaldırma işlemlerinin önemli bir kısmını delik delme operasyonları oluşturmaktadır. Delme işleminde talaşın kapalı bir alanda oluşması ve talaş akışının sınırlı olmasından dolayı bir takım zorluklar yaşanmaktadır. Bu durum işleme verimini belirleyen, yüzey kalitesi, kesme kuvveti, takım ömrü, enerji tüketimi gibi işleme çıktılarına doğrudan etki etmektedir. Dolayısıyla her bir çıktının kesici takım-ış parçası malzeme çifti teknik özellikleri, kesme parametreleri ve kesme ortamı arasındaki etkileşimlerin detaylı olarak araştırılması gerekmektedir. Ancak, bu uzun zaman ve yüksek maliyet gerektiren bir süreçtir. Bu bağlamda, sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yapılan kesme simülasyonları ile işleme çıktıları tahmin edilebilmekte olup, bu yöntem sürdürülebilirlik açısından geleneksel deney sürecine göre birçok avantajlar sunmaktadır. Bu çalışmada, AISI 420 paslanmaz çeliğin delinebilirliği ThirdWave Advantedge yazılımında yapılan delme simülasyonları ile incelenmiştir. Delme işlemleri, kaplamasız karbür matkap ile üç farklı kesme hızı (40, 60, 80 m/dak) ve ilerleme hızında (0.1, 0.2, 0.3 mm/dev) yapılmıştır. Paslanmaz çeliğin delinmesinde, delme parametrelerinin ilerleme kuvveti, tork ve sıcaklık üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Değerlendirmeler sonucunda, ilerleme miktarı arttıkça ilerleme kuvveti ve moment değerlerinin arttığı, kesme hızının artmasıyla ise bu değerlerin azalma eğilimine girdiği tespit edilmiştir. Delme parametrelerinin optimizasyonu için sonlu elemanlar yönteminin önemli bir araç olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir.

DOI: 10.30855/GJES.2018.04.03.009

Drillability Analysis of AISI 420 Martensitic Stainless Steel by Finite Element Method

ARTICLE INFO

Received: 21.09.2018
Accepted: 04.12.2018

Keywords:

Drilling, AISI 420,
Finite element method,
Thrust force,
Temperature

*Corresponding Authors

e-mail:
mgunay@karabuk.edu.tr

ABSTRACT

Drilling is an indispensable machining method for many industrial products and involves a difficult the cutting mechanism due to the complexity of the chip formation process. For this reason, it is required a long and costly process to examine in detail the interactions between the machining outputs such as surface quality, cutting force, tool life, amount of energy consumed and the cutting tool-material pair technical specification, cutting parameters and cutting environment. In this context, it is possible to estimate machining outputs by making cutting simulations based on the finite element method to contribute to sustainable manufacturing. In this study, the drillability of the AISI 420 stainless steel was investigated by drilling simulations in the ThirdWave Advantages software. Drilling operations were performed with uncoated carbide drill at three different cutting speeds (40, 60, 80 m/min) and feed rate (0.1, 0.2, 0.3 mm/rev). In drilling of the stainless steel, the effects of the drilling parameters on the thrust force, torque and temperature were analyzed. As a result of the evaluations, it was determined that the values of thrust force and torque increases as the cutting and feed speed increases. In the optimization of drilling parameters, it has been shown that the finite element method can be used as an important tool.

DOI: 10.30855/GJES.2018.04.03.009

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Paslanmaz çelikler, yüksek korozyon dayanımı ve uzun ömürlü olması gibi sergilediği üstün özellikler sayesinde endüstriyel sektörde geniş bir kullanım alanı bulmaktadır [1]. Yüksek deformasyon sertleşmesi, süneklik ve mekanik özellikleri paslanmaz çeliklerin işlenebilirliğinde en önemli kriterlerdir [2]. Paslanmaz çelikler farklı mikro yapılarda ve mekanik özelliklerde kendi içerisinde beş ana grup altında toplanmaktadır. Bu grup içerisinde yüksek sertlik ve yüksek dayanım özellikleriyle yer alan ve yapısında %12-18 krom elementini barındıran martenzitik paslanmaz çelikleri bulunmaktadır. Bu grup çeliği bıçaklar, ameliyat aletleri, mil ve pim gibi malzemelerin yapımında kullanılmaktadır. Martenzitik paslanmaz çelikler, genel olarak sahip olduğu yüksek sertlik değeriyle de işlenmesi zor malzemelerdir [3]. Dolayısıyla, talaşlı imalat noktasında araştırılmaya açık bir malzeme çeşidi olarak kendisini göstermektedir.

Delik delme işlemi, talaş kaldırma işlemlerinin yaklaşık %33'ünü oluşturmaktadır [4], talaş oluşum süreci bakımından zor bir kesme mekaniği içermektedir. Talaşların kapalı alanda oluşması ve talaş akışının sınırlı olmasından dolayı delme işleminde meydana gelen olumsuzlukları minimize etmek amacıyla delme parametrelerinin iyi analiz edilmesi gerekmektedir. Delik delme işlemini oluşturan temel parametreler ise kesme hızı ve ilerleme miktarıdır. Bu sebeple, zor bir kesme mekaniğine sahip olan delik delme işlemi üzerinde temel kesme parametrelerinin araştırılması son derece önemlidir. Bu araştırmalar için sonlu elemanlar analizi yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Sonlu elemanlar analizi ile istenilen işleme yönteminin simülasyonları yapılarak kesme parametrelerinin işleme çıktıları (ilerleme kuvveti, moment, sıcaklık vs.) üzerindeki etkileri tespit edilebilmektedir. Böylece, deneysel yöntemle elde edilmesi zor olan verilerin tespit edilmesine ve işleme tekniği üzerinde bir fikir oluşturulmasına olanak sağlanmaktadır [5]. Sonlu elemanlar yöntemi kapsamında delme işlemi ile ilgili yapılan araştırmalarda, istenilen delik kalitesine ulaşmak amacıyla işparçası-kesici takım malzeme çifti için en uygun kesme parametre seviyelerinin belirlenmesi ve dolayısıyla işleme maliyetlerinin azaltılması hedeflenmektedir. Tüm bunlar dikkate alındığında konu ile ilgili yapılan çalışmaların bazıları aşağıda özetlenmiştir.

Ahmed, sonlu elemanlar yöntemi kullanarak delik delme işleminde parametrelerinin değiştirilmesiyle

ilerleme kuvveti ve moment üzerinde oluşan etkileri incelemiştir. İş parçası olarak çelik 2080 malzemesini kullanmıştır. İlerleme ve kesme hızının arttıkça, ilerleme kuvveti ve momentin arttığını tespit etmiştir [6]. Özçelik ve Bağcı, AISI 1040 ve Al7075-T651 malzemelerine delme işlemleri uygulayarak, TiAlN kaplamalı helisel matkap üzerinde oluşan sıcaklıkları deneysel ve nümerik olarak gözlemlemiştir. İlerleme miktarının artması ile sıcaklığın önemli derecede arttığını ve Sonlu elemanlar yöntemine göre yapılan nümerik analizler ile deneysel sonuçlar arasında iyi bir benzerlik olduğu vurgulanmıştır [7]. Han ve Wu, AISI 1045 ve Ti6Al4V malzemelerinin delme işlemi için sonlu elemanlar yöntemi kullanarak sıcaklık, ilerleme kuvveti ve moment değerlerini araştırmışlardır. Hem ilerleme hızının hem de kesme hızının sıcaklık, ilerleme kuvveti ve moment üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Nümerik ve deneysel çalışma arasındaki hata payının %20'nin altında olduğunu belirtmişlerdir [8]. Gao vd., SUS 321 paslanmaz çelik malzemesinin delinmesinde işleme parametrelerinin (kesme hızı, ilerleme miktarı ve matkap çapı) etkilerini sonlu elemanlar yöntemine dayalı olarak incelemiştir. Delme simülasyonu sonuçlarına göre ilerleme miktarı ve matkap çapının kesme hızına oranla ilerleme kuvveti ve moment üzerinde daha etkin parametreler olduğu belirtmişlerdir. Ayrıca, en yüksek delme sıcaklığının takım-talaş arayüzünde oluştuğunu ve takım aşınmasının tahmin edilebileceğini vurgulamışlardır [9]. Gök vd., AISI 1040 malzemesine SEY ve deneysel çalışmalar ile delme işlemi gerçekleştirmişlerdir. Farklı helis açıları, ilerleme miktarları ve kesme hızları kullanılmış, işleme sonucu meydana gelen moment ve ilerleme kuvvetlerini incelemiştir. Her bir helis açısında kesme hızı arttığında ilerleme kuvvetinin azaldığı tespit edilmiştir. Nümerik analiz ile deneysel sonuçlar karşılaştırıldığında, aradaki farkın çok az olduğunu belirtmişlerdir [10].

Literatür araştırması değerlendirildiğinde, AISI 420 paslanmaz çelik malzemesinin delinebilirliği üzerine kapsamlı bir çalışmanın bulunmadığı belirlenmiştir. Bu çalışmada, AISI 420 martenzitik paslanmaz çelik malzemesinin sonlu elemanlar yöntemi ile delinebilirliği analiz edilmiştir. Delme simülasyonlarında kaplamasız karbür matkap ucu ile üç farklı kesme hızı ve ilerleme miktarı kullanılmıştır. Delme işlemi için seçilen girdi parametrelerinin ilerleme kuvveti, moment ve sıcaklık üzerindeki etkileri değerlendirilerek martenzitik paslanmaz çeliğin delinebilirliği araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM (MATERIAL AND METHOD)

Bu çalışmada, AISI 420 martenzitik kalite paslanmaz çeliğin delinebilirliği sonlu elemanlar yöntemine bağlı olarak gerçekleştirilen delme simülasyonlarına göre incelenmiştir. AISI 420 paslanmaz çelik malzemesinin kimyasal bileşimi ile işparçası malzemesi ve kesici takımın bazı mekanik özellikleri sırasıyla Tablo 1 ve Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Paslanmaz çeliğin kimyasal bileşimi (Chemical composition of stainless steel)

C	Mn	P	S	Si	Cr
0.15	1.0	0.04	0.03	1.0	12-18

Tablo 2. Paslanmaz çeliğin mekanik özellikleri (Mechanical properties of stainless steel)

	AISI 420	Matkap
Sertlik (HV)	632	1570
Yoğunluk (g/cm ³)	7.7	14.5
Poisson oranı	0.3	0.24
Young modülü (GPa)	200	496
Isıl iletkenlik katsayısı (W/mxK 100°C)	24.9	38

AISI 420 paslanmaz çeliğin plastik deformasyon davranışının Johnson-Cook (JC) modeli [11] tarafından tanımlandığı göz önüne alınmıştır. Bu malzeme modeli, özellikle metallerin yüksek deformasyon hızının modellenmesi için uygundur. Genellikle adyabatik geçici dinamik analizlerde kullanılır. Johnson-Cook malzeme modelinde akma gerilmesinin (σ_0) aşağıdaki biçimde olduğu varsayılmaktadır:

$$\sigma^0 = (A + B(\epsilon^p)^n) \left(1 + C \ln \left(\frac{\dot{\epsilon}^p}{\dot{\epsilon}_0} \right) \right) (1 - (\hat{T})^m) \quad (1)$$

ve

$$\hat{T} = \begin{cases} 0 & \text{için } T < T_r \\ \frac{T - T_r}{T_m - T_r} & \text{için } T_r \leq T \leq T_m \\ 1 & \text{için } T > T_m \end{cases} \quad (2)$$

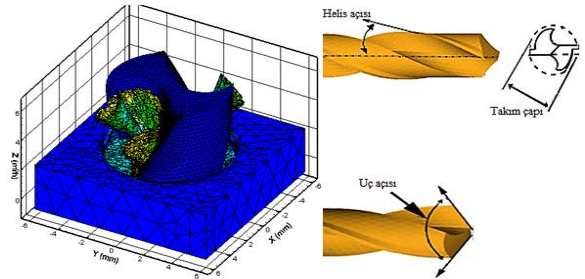
Eşitlik 1'de A, B, C, n ve m olan mekanik testler yardımıyla elde edilen malzeme parametreleri sırasıyla oda sıcaklığında akma gerilmesi, gerinim

sertleşmesi, gerinim hızı sabiti, deformasyon sertleşmesi üssü ve deformasyon hızı duyarlılık üssüdür. Diğer parametreler ϵ^p , $\dot{\epsilon}^p$, $\dot{\epsilon}_0$, T_r , T_m ve T, sırasıyla eşdeğer plastik gerinim, plastik gerinme oranı, referans gerinim oranı, oda sıcaklığı, erime sıcaklığı ve referans sıcaklığıdır. Ayrıca, $\dot{\epsilon}_0$ ve C genellikle referans sıcaklığında ve/veya altında ölçülen değerlerdir. AISI 420 paslanmaz çeliğinin JC model parametreleri Tablo 3'te verilmiştir [11].

Tablo 3. AISI 420 Paslanmaz çeliğin Johnson-Cook parametreleri (Johnson-Cook parameters of AISI 420 stainless steel)

A (MPa)	B (MPa)	C	n	m	Tr (°C)	Tm (°C)	$\dot{\epsilon}_0$
450	738	0.02	0.388	0.8	27	1454	1

Delme simülasyonları için sonlu elemanlar yöntemine göre nümerik analizlerin yapılabildiği Thirddwave Advantedge programı kullanılmıştır. Bu bağlamda, kesme simülasyonlarında uygulanan prosedürler aşağıda detaylı olarak verilmiştir. Delme işleminde kullanılan AISI 420 malzemeden; uzunluğu 12 mm, genişliği 12 mm ve kalınlığı 3 mm olacak şekilde işparçası tanımlanmıştır. Kesici takım olarak kaplamasız iki kesici ağızlı standard karbür matkap ucu Thirddwave Advantedge programı içerisinde seçilmiştir. Buna göre paslanmaz çelik malzemeler için Karcan firması tarafından üretilen 8 mm çapında, helis açısı 30°, uç açısı 140° ve boşluk açısı 9° olan matkap ucu programa tanımlanmıştır. Takım ve iş parçası arasındaki ara yüzey ilişkisi için Coulomb modeli kullanılmış ve sürtünme katsayısı 0.5 seçilmiştir. Simülasyonlarda, analiz süresini kısaltmak amacıyla programın sunduğu delme işlemleri tipinden başlangıç derinliği (starting depth) seçeneği kullanılmıştır. Delme simülasyonlarında tanımlanan sonlu elemanlar modeli ve kesici takım geometrisi Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Sonlu elemanlar modeli ve takım geometrisi (Finite elements model and tool geometry)

İşlem parametreleri olarak kesme hızı ve ilerleme miktarı seçilmiş olup, parametrelerin seviyeleri

literatürdeki paslanmaz çeliklerin diğer kaliteleri üzerine yapılan araştırmalar ve Karcan firması önerileri doğrultusunda belirlenmiştir. Her bir parametre için üç farklı değer kullanılarak toplam dokuz adet delme simülasyonu gerçekleştirilmiştir (Tablo 4). Sonlu elemanlar yöntemine dayalı olarak gerçekleştirilen simülasyonlar sonucunda oluşan çıktı parametrelerine (ilerleme kuvveti, moment ve sıcaklık) göre AISI 420 martenzitik paslanmaz çeliğin delinebilirliği analiz edilmiştir.

Tablo 4. Deney tasarımı (*Design of experiment*)

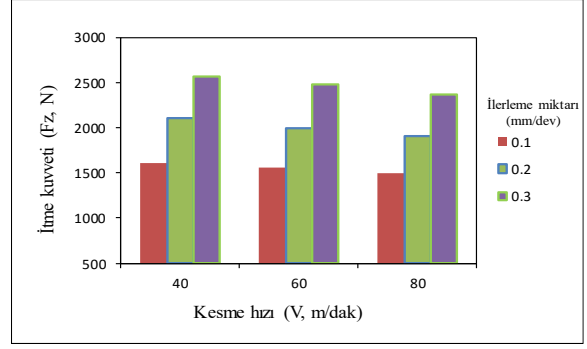
Deney no	Kesme hızı (V, m/dak)	İlerleme miktarı (f, mm/rev)
1	40	0.1
2	40	0.2
3	40	0.3
4	60	0.1
5	60	0.2
6	60	0.3
7	80	0.1
8	80	0.2
9	80	0.3

3. SİMÜLASYON SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ (EVALUATION OF SIMULATION RESULTS)

Bu çalışmada, sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak delme işlemine etki eden temel kesme parametrelerinin (kesme hızı ve ilerleme miktarı) ilerleme kuvveti (Fz), moment (M) ve takım sıcaklığı (T) üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Nümerik analiz sonuçlarına göre elde edilen değerler Şekil 2-Şekil 4'te grafik olarak gösterilmiştir.

3.1. İlerleme Kuvveti (*Thrust Force*)

Delme simülasyonları sonucunda ortaya çıkan ilerleme kuvveti (Fz) değerlerinin kesme hızı ve ilerleme miktarına bağlı olarak değişimi Şekil 2'de gösterilmiştir. Sabit kesme hızında ilerleme miktarının artması ile Fz değerlerinde belirgin bir artışın olduğu tespit edilmiştir. Bu beklenen bir sonuç olup, ilerleme miktarına bağlı oransal olarak artan talaş kesit alanı ve dolaylı olarak birim zamanda kaldırılan talaş miktarı için gerekli gücün artmasına atıf edilebilir [12]. Sabit ilerleme miktarında, kesme hızının artmasıyla ilerleme kuvvetinin azalma eğilimine girdiği saptanmıştır. Bu durum, literatürde belirtildiği gibi [11], yüksek kesme hızlarında artan sıcaklıkla birlikte malzeme dayanımının azalmasına bağlı olarak açıklanabilir.

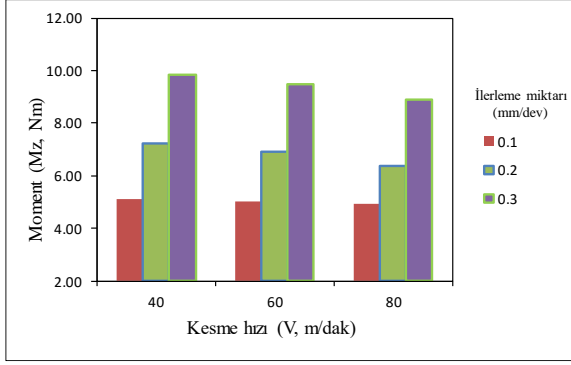


Şekil 2. Kesme parametrelerine bağlı olarak Fz'nin değişimi (*Change of Fz depending on the cutting parameters*)

Sonlu elemanlara dayalı nümerik analiz sonuçlarına göre Fz değerlerinin 1496-2572 N aralığında değiştiği belirlenmiştir. En düşük Fz değeri 0.1 mm/dev ilerleme miktarı ve 80 m/dak kesme hızında 1496 N olarak bulunmuştur. En yüksek Fz ise 0.3 mm/dev ilerleme miktarı ve 40 m/dak kesme hızında 2572 N olarak elde edilmiştir. 40 m/dak kesme hızında ilerleme miktarının 0.1'den 0.2 mm/dev'e ve 0.2'den 0.3 mm/dev'e çıkarılmasıyla Fz değerlerindeki artış oranları sırasıyla %23.41 ve %18.27 olarak hesaplanmıştır. Bu oranlama değerleri, 60 m/dak kesme hızı için %21.6 ve %19.76 ve 80 m/dak için ise %21.39 ve %19.74 olarak elde edilmiştir. Bu sayısal analizlere göre ilerleme kuvveti açısından ilerleme miktarının daha önemli parametre olduğu açıkça görülmektedir.

3.2. Moment (*Torque*)

Martenzitik paslanmaz çeliğin delinmesi sırasında elde edilen moment değerlerinin (Mz) kesme parametrelerine bağlı olarak değişimleri Şekil 3'te verilmiştir. Şekil 3 incelendiğinde, genel olarak moment değerlerindeki değişimlerin ilerleme kuvvetine paralel olduğu görülmekte olup, tüm izotropik malzemelerin delinmesinde ilerleme kuvveti ve moment değerlerinin benzer eğilimde olduğu bilinmektedir. İlerleme miktarının artmasıyla moment değerlerinde oransal olarak bir artışın olduğu açıkça görülmektedir. Bu sonuç, literatürde bahsedildiği gibi [13], ilerleme miktarına bağlı olarak talaş kesit alanının artması ve dolayısıyla talaş kaldırmak için gerekli gücün artması ile açıklanabilir. Diğer yandan, kesme hızının artmasıyla Mz değerlerinin az da olsa bir azalma eğilimine girdiği belirlenmiştir. İlerleme miktarı ve kesme hızının moment üzerindeki etkisi ilerleme kuvvetine paralel bir şekilde benzerliğini korumuştur [14].



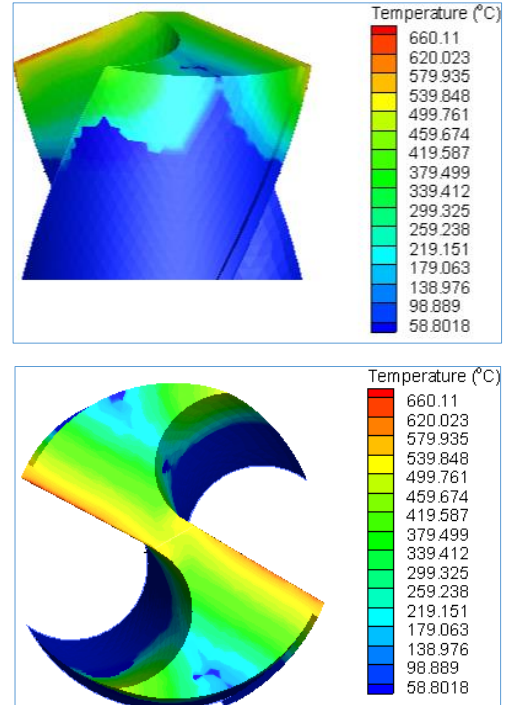
Şekil 3. Kesme parametrelerine bağlı olarak M_z 'nin değişimi (*Change of M_z depending on the cutting parameters*)

Delme simülasyonları sonucunda M_z değerlerinin 4.95-9.83 Nm arasında değiştiği tespit edilmiştir. En düşük M_z değeri 80 m/dak kesme hızı ve 0.1 mm/dev ilerleme miktarında 4.95 Nm olarak elde edilmiştir. En yüksek M_z değeri ise 40 m/dak kesme hızı ve 0.3 mm/dev ilerleme miktarında 9.83 Nm olarak ortaya çıkmıştır. 40 m/dak kesme hızında; ilerleme miktarının 0.1'den 0.2 mm/dev'e ve 0.2'den 0.3 mm/dev'e çıkarılmasıyla M_z değerlerindeki artış oranları sırasıyla %41.85 ve %36.15 olarak hesaplanmıştır. Moment değerleri için bu oranlama, 60 m/dak kesme hızı için %37.26 ve %37.60, 80 m/dak kesme hızı için ise %28.89 ve %39.66 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar ışığında, delme sırasında oluşan kesme momentini ilerleme miktarına oranla kesme hızının çok az etkilediği bilgisi [14], sonlu elemanlara dayalı delme simülasyonları neticesinde kanıtlanmıştır.

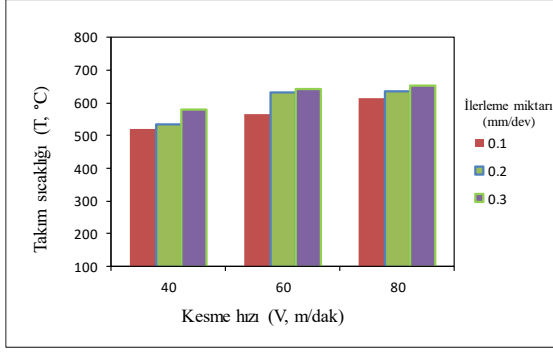
3.3. Takım Sıcaklığı (*Cutting Tool Temperature*)

Talaş kaldırma işlemleri sırasında kesme bölgesinde oluşan sıcaklık; kesme parametreleri, takım geometrisi, takım ve işparçası malzemesi özellikleri ve işleme yöntemine göre kesici takım, işparçası ve talaş arasında dağılmaktadır. Diğer yandan, kesici takımlarda oluşan sıcaklık dağılımı takım aşınmasının belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda, delme simülasyonları sırasında matkap ucunda oluşan sıcaklık dağılımı değerlendirilmiştir. Şekil 4'te, AISI 420 paslanmaz çelik malzemenin sonlu elemanlar yöntemine dayalı olarak delinmesi sırasında matkap ucunda oluşan sıcaklık dağılımı gösterilmiştir. Değerlendirmeler maksimum sıcaklık değerine göre yapılmış olup, delme simülasyonlarında elde edilen takım sıcaklıklarının değişimleri Şekil 5'de verilmiştir. Grafikten anlaşılacağı gibi hem ilerleme miktarının hem de kesme hızının yükselmesiyle takım

sıcaklıklarında artış olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç, ilerlemedeki artışların birim zamanda kaldırılan talaş hacmini artırmasına bağlı olarak artan plastik deformasyon ve dolayısıyla takım-talaş aray yüzeyde sürtünmenin artmasıyla kesme bölgesinde oluşan ısının artmasıyla açıklanabilir [15]. Diğer yandan, genellikle kesme gölgesinde oluşan ısının %80'i talaş, geriye kalanı işparçası ve takım üzerinden uzaklaştırılmaktadır [16]. Ancak, özellikle kesilen malzemenin ısı iletim katsayısı, süneklik vb. teknik özellikler ile kesici takımın kaplamalı veya kaplamasız olmasına göre kesme gölgesinde oluşan ısının dağılım oranları değişebilmektedir. Bu çalışmada işparçası olarak kullanılan malzemenin kesici takım malzemesine oranla ısı iletim katsayısının düşük ve matkapın kaplamasız olması nedeniyle oluşan ısının takım-talaş arayüzeyi ve takım üzerinden atılma oranları artacak ve bu durum takımda oluşan ısıl gerilmelerin artmasına sebep olacaktır. Şekil 5'ten görülebileceği gibi, özellikle paslanmaz çelikler gibi işlenebilirliği zor olan malzemelerin kaplamasız kesici takım ile işlenmesinde, hızlı aşınmaya neden olan sıcaklık artışlarının çoğunlukla artan kesme hızından kaynaklandığı söylenebilir. Bu bağlamda, delik delme işlemi sırasında deneysel olarak ölçülen sıcaklık değerlerinin sonlu elemanlar yöntemine göre yapılan delme simülasyonları ile bulunabileceğini söylemek mümkündür.



Şekil 4. Matkap ucunda oluşan sıcaklık dağılımı (*Temperature distribution that occurred in the drill bit*)



Şekil 5. Kesme parametrelerine bağlı olarak T'nin değişimleri (Change of T depending on the cutting parameters)

En düşük takım sıcaklığı 0.1 mm/dev ilerleme miktarı ve 40 m/dak kesme hızında 520.92 °C olarak bulunmuştur. En yüksek takım sıcaklığı ise 0.3 mm/dev ilerleme miktarı ve 80 m/dak kesme hızında 660.11 °C olarak elde edilmiştir. 40 m/dak kesme hızında ilerleme miktarının 0.1'den 0.2 mm/dev'e ve 0.2'den 0.3 mm/dev'e çıkarılmasıyla takım sıcaklığı değerlerindeki artış oranları sırasıyla %2.40 ve %8.48 olarak hesaplanmıştır. Bu durum, 60 m/dak kesme hızı için %11.75 ve %2.11, 80 m/dak için ise %3.48 ve %3.90 olarak bulunmuştur. İşleme parametreleri için yapılan bu oranlama, matkap ucu sıcaklığı üzerinde kesme hızının ilerleme miktarına göre daha etkili olduğunu göstermektedir.

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada, Thirdwave Advantedge programı kullanılarak sonlu elemanlar yöntemi ile AISI 420 martenzitik paslanmaz çelik malzemenin delinebilirliği ilerleme kuvveti, moment ve takım sıcaklığı açısından araştırılmıştır. Sonlu elemanlar analizi neticesinde elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- İlerleme miktarının artmasıyla birlikte ilerleme kuvveti (Fz), moment (Mz) ve takım sıcaklıklarının (T) arttığı belirlenmiştir.
- Kesme hızının artmasıyla ilerleme kuvveti ve moment değerleri kayda değer bir azalma eğilimi içerisine girerken, takım sıcaklık değerleri ise artmıştır.
- İlerleme kuvveti ve momentin en düşük değerleri 80 m/dak kesme hızında ve 0.1 mm/dev'de oluşurken, takım sıcaklığı ise en düşük 40 m/dak kesme hızında ve 0.1 mm/dev ilerleme miktarında ortaya çıkmıştır. Bu sonuç, özellikle sünek malzemelerin delinmesinde kesici takım ömrü açısından

kesme hızının daha etkin bir parametre olduğunu göstermektedir.

- Sonlu elemanlar yöntemine göre yapılan kesme simülasyonları ile delik delme işlemlerinde oluşan kesme kuvveti, moment ve sıcaklık gibi işlenebilirlik çıktılarının tahmin edilebileceği belirlenmiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Aran A., Temel M.A. *Paslanmaz çelik yassı mamuller üretimi kullanımı standartları*, Acar Matbaacılık A.Ş., İstanbul, 2004.
- [2] Günay M. "AISI 316L çeliğinin işlenmesinde takım radyüsü ve kesme parametrelerinin Taguchi yöntemiyle optimizasyonu" *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, cilt 28(3), s. 437-444, 2013.
- [3] Özer A., Bahçeci E. "AISI 410 Martenzitik paslanmaz çeliklerin kesici takım ve kaplamasına bağlı işlenebilirliği", *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, cilt 24(4), s. 693-698, 2009.
- [4] Meral G., Sarıkaya M., Dilipak H., Şeker, U. "Multi-response optimization of cutting parameters for hole quality in drilling of AISI 1050 steel", *Arabian Journal for Science and Engineering*, vol 40 (12), pp. 3709-3722, 2015.
- [5] Su Y., Chen D.D., Gong L. 3D "Finite element analysis of drilling of Ti-6Al-4V alloy" *International Conference on Computer Information Systems and Industrial Applications*, pp. 908-911, 2015.
- [6] Ahmed N. "Effect of changing drilling parameters on thrust force and torque", *Middle-East Journal of Scientific Research*, vol 21(2), pp. 347-352, 2014.
- [7] Ozcelik B., Bağcı E. "Experimental and numerical studies on the determination of twist drill temperature in dry drilling: A new approach", *Materials and Design*, vol 27, pp. 920-927, 2006.
- [8] Han R., Wu J. "Finite element simulation of drilling based on Thirdwave systems AdvantEdge", *Key Engineering Materials*, vols 431-432, pp. 229-232, 2010.
- [9] Gao X., Li H., Liu Q., Zou P., Liu F. "Simulation of stainless steel drilling mechanism based on

Deform-3D”, *Advanced Materials Research*, vols 160-162, pp. 1685-1690, 2011.

[10] Gök K., Türkes E., Neseli S., Sağlam H., Gök. A. “The validation as experimental and numerical of the values of thrust force and torque in drilling process”, *Journal of Engineering Science and Technology Review*, vol 6(3), pp. 93-99, 2013.

[11] Korkmaz M.E., Günay M. “Finite element modelling of cutting forces and power consumption in turning of AISI 420 martensitic stainless steel”, *Arabian Journal for Science and Engineering*, vol 43(9), pp. 4863-4870, 2018.

[12] Küçüktürk G. “Modeling and analyzing the effects of experimentally determined torque and thrust force on cutting tool according to drilling parameters”, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, vol 227(1), pp. 84-95, 2013.

[13] Gökçe H., Yavuz M., Gökçe H., Şeker U. “Orjinal matkap geometrisinde delme performansının sonlu elemanlar yöntemi ile doğrulanması”, *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, cilt 3(1), s. 27-34 2017.

[14] Iliescu M., Vlase A. “New mathematical models of axial cutting force and torque in drilling 20MoCr130 stainless steel”, *Proceedings of the 10th WSEAS International Conference on Mathematical and Computational Methods in Science and Engineering*, pp. 210-215, 2008.

[15] Vas J.S., Fernandes A., D’Souza A., Rai A., Quadros J.D. “Analysis of temperature changes during dry drilling of austenitic stainless steels on twist drills having different point angles”, *Journal of Mechanical Engineering and Automation*, vol 6(5A), pp. 121-125, 2016.

[16] Yağmur S., Acır A., Şeker U., Günay M. “An experimental investigation of effect of cutting parameters on cutting zone temperature in drilling”, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, vol 28(1), pp. 1-6, 2013.

Mehmet Erdi KORKMAZ

Mehmet Erdi KORKMAZ, 1988 yılında Karabük’te doğdu. 2012 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü’nden mezun oldu. Aynı yıl Karabük Üniversitesi Makine Mühendisliği

Bölümü’ne Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı ve halen görevine devam etmektedir. 2015 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’ndan mezun olmuş ve aynı yıl başladığı doktora eğitimine devam etmektedir. Talaşlı imalat, malzeme mekaniği, sonlu elemanlar yöntemi, CAD/CAM/CAE, alanlarında çalışmaktadır.

Tolga MERAL

Tolga MERAL, 1992 yılında Artvin’de doğmuştur. 2015 yılında Karabük Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü’nden mezun olmuştur. 2018 yılında KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimini tamamlamış ve şuan doktora programına devam etmektedir. Sonlu elemanlar yöntemi, talaşlı imalat ve CAD/CAM/CAE alanlarında çalışmaktadır.

Mustafa GÜNAY

Mustafa GÜNAY, 1978 yılında Bursa’da doğmuştur. 2000 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü’nden mezun olmuştur. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Bölümü’nde yüksek lisans ve doktora eğitimlerini, sırasıyla 2003 ve 2009 yıllarında tamamlamıştır. 2001 yılında Gazi Üniversitesi’nde araştırma görevlisi olarak başlamış olduğu akademik kariyerini, 2009-2013 yılları arasında Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü’nde Dr. Öğr. Üyesi olarak devam ettirmiştir. 2013 yılından itibaren Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü’nde Doç. Dr. olarak akademik kariyerini sürdürmektedir. Geleneksel ve geleneksel olmayan imalat yöntemleri, takım tezgahları, kompozit malzemeler, kesici takım teknolojileri, toz metalurjisi, CAD/CAM/CAE, deney tasarımı ve optimizasyon alanlarında çalışmaktadır.