

## AISI 316L MALZEMESİNİN DELİNMESİNDE KESME PARAMETRELERİNİN KESME BÖLGESİ SICAKLIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Kemal Nazım ŞEKERCİ<sup>a</sup>, Abdullah DURAN<sup>b</sup>, Ulvi ŞEKER<sup>b</sup>, Selçuk YAĞMUR<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İmalat Mühendisliği Ankara /TÜRKİYE  
Tel: 0544 332 11 89 e-posta: [k.nzm.sekerci@gmail.com](mailto:k.nzm.sekerci@gmail.com)

<sup>b</sup> Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İmalat Mühendisliği Ankara /TÜRKİYE  
Tel: 0312 202 86 75 e-posta: [aduran@gazi.edu.tr](mailto:aduran@gazi.edu.tr)

<sup>b</sup> Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İmalat Mühendisliği Ankara /TÜRKİYE  
Tel: 0312 202 86 70 e-posta: [useker@gazi.edu.tr](mailto:useker@gazi.edu.tr)

<sup>b</sup> Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İmalat Mühendisliği Ankara /TÜRKİYE  
Tel: 0312 202 86 87 e-posta: [syagmur@gazi.edu.tr](mailto:syagmur@gazi.edu.tr)

### Özet

İş parçasının işlenmesi esnasında oluşan sıcaklık ve kesme kuvvetleri, talaşlı imalatta oldukça etkili bir konuma sahiptir. Delme işlemi esnasında meydana gelen sıcaklığın kontrol edilememesinin; hem kesici takımında, hem de iş parçasında olumsuz yönde etkilere sebep olduğu bilinmektedir.

Bu çalışmada; AISI 316L tipi östenitik paslanmaz çelik malzemesi iki farklı tipte (kaplamasız ve TiN/TiAlN/TiCN çok katmanlı kaplamalı) HSS kesici takımlarla delinmiştir. Deneylerde dört farklı kesme hızı (15 m/dak, 20 m/dak, 25 m/dak ve 30 m/dak) ve dört farklı ilerleme miktarı (0,15 mm/dev, 0,20 mm/dev, 0,25 mm/dev ve 0,30 mm/dev) değeri kullanılmıştır. Sabit matkap/dönen iş parçası yöntemi ile her bir deney için yeni bir kesici takım kullanılarak yapılmıştır. Delme işlemi esnasında oluşan kesme sıcaklıkları takımların soğutma kanalları içerisine yerleştirilmiş ısı çiftleri yardımıyla ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde; kesme bölgesindeki sıcaklığın artan ilerleme miktarı ile azaldığı gözlenmiştir. Kesici takıma kaplama uygulaması neticesinde, kesme bölgesindeki sıcaklıklar önemli ölçüde düşmüştür. Takıma kaplama yapılması değerlendirilen bütün parametreler açısından önemli avantajlar sağlamıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Delme, solid karbür matkap, kesme parametreleri, kesme kuvvetleri, kesme bölgesi sıcaklığı.

### 1. Giriş

Demir esaslı malzemeler arasında yer alan paslanmaz çelikler, son yıllarda kullanımı hızla yaygınlaşan önemli bir malzeme grubudur. Paslanmaz çeliklerin mükemmel korozyon dayanımları, düşük ve yüksek sıcaklıklarda kullanılabilir olmaları, kolay şekillendirilebilmeleri ve estetik görünümleri, bu malzeme grubuna geniş bir kullanım alanı açmaktadır. Bu nedenle paslanmaz çelik malzemeler birçok çalışmaya konu olmuştur. Paslanmaz çelik malzemeler arasında, çalışmalara en çok konu olanları ise AISI 304 ve 316'dır [1].

AISI 316L çeliği, kombi ve şofben gibi Doğalgaz-LPG ile çalışan cihazların atık gaz bacalarında, şömine havalandırmalarında, baca bağlantılarında, baca kılıfı olarak bina içinde ve dışında kullanılabilir. Bunun yanında tuzlu suya dayanıklı olduğundan gemi sanayisinde de geniş

kullanıma sahip olduğu bilinmektedir [2]. Bu malzemeye ait kimyasal yapı değerleri Çizelge 1.1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan 316L çeliğinin kimyasal kompozisyonu [2].

C	Cr	Mo	Ni	Si	Mn	P	S
0,03	16,82	2,44	11,5	1,00	2,00	0,045	0,03

Kesici takımın daha uzun süre kullanılabilmesi ve iş parçasının istenilen kalitede üretilerek hammadde israfının önlenmesi için, kesme parametrelerinin ve şartlarının optimize edilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu amaca ulaşmak için, kesici takımların ömrüne etki eden faktörler ile iş parçasının kalitesinin belirlenmesinde etkili olan faktörler halen bilim adamları tarafından araştırılmaktadır [3].

Delik delme işlemi, en önemli talaş kaldırma işlemlerinden biridir ve genellikle talaş kaldırma işlemlerinde son işlem olarak kullanılır. İmalat endüstrisinde modern talaşlı imalat yöntemleri geliştirilmesine rağmen; geleneksel delik delme yöntemi, ekonomikliği ve basit uygulanabilirliği gibi sebeplerden dolayı hala en yaygın kullanılan işleme yöntemlerinden biridir [4]. Talaş kaldırma işlemlerinin yaklaşık üçte birini delik delme işlemleri oluşturmaktadır. Delik delme işlemi bazı yönleri ile tormalama ve frezeleme işlemleri ile karşılaştırılabilir de delik delmede talaş kırma ve talaşın boşaltılması kritik öneme sahiptir. Delik derinliği ne kadar uzunsa işlemi kontrol etmek ve talaş kaldırmak o kadar zor olur. Delme işlemi sırasında meydana gelen talaş oluşumu kesme kuvvetlerini, kesme sıcaklığını ve dolaylı olarak deliğin yüzey kalitesini ve ölçü tamliğini etkilemektedir. Ayrıca, delme işlemleri sırasında talaşın atılabilirliği de delik kalitesini doğrudan etkilemekte olup kesme parametrelerine (kesme hızı, ilerleme) göre değişmektedir. Kesme hızı ve ilerleme delik delmedeki en önemli parametrelerdir. Bunlar kesme işlemi sırasında meydana gelen sıcaklık ve kesme kuvvetlerini doğrudan etkilemekte olup kesici takımın (matkap) performansını belirleyen unsurlardır [5, 6].

Her kesici takımında olduğu gibi matkabın da bir ömrü vardır ve ömrünü tamamlayan bir matkapla yapılan bir delme işlemi, delik kalitesini ve ölçü tamliğini da etkileyecektir. Kesici takım teknolojisinin gelişmesiyle kullanımı yaygın hale gelen kaplamalı matkaplar sayesinde, delme esnasında oluşabilecek sorunlar en aza indirgenmekte ve daha uzun bir takım ömrü sağlanmaktadır. Fakat kaplamalı matkapların fiyatlarının kaplamasızlara göre daha yüksek olması, takım maliyetlerini arttırmaktadır. Bu nedenle, delik delme işlemi sırasında karşılaşılabilecek sıcaklık ve kesme kuvveti değerlerinin önceden biliniyor olması, bize daha uzun bir takım ömrü sağlayacağı gibi, buna bağlı olarak daha iyi delik kaliteleri elde etmemiz de mümkün olacaktır. Ayrıca önceden tahmin edilecek olan kesici takım ömrü, ürün kalitesini artıracak gibi üretim maliyetlerinin de düşürebilecektir.

Literatürdeki çalışmalar ışığında, sıcaklık ve kesme kuvvetlerinin, talaşlı imalatta en önemli kriterler oldukları görülmektedir. Sıcaklık kesici takımında değişik aşınma türlerine yol açarak, takımın ömrünü beklenilenden daha kısa zamanda tamamlamasına neden olmaktadır. İş parçasında ise, yüzey kalitesinin olumsuz yönde etkilemekte ve iş parçası malzemesinin kimyasal yapısında istenmeyen değişikliklere yol açmaktadır. Bu sebeplerden dolayı delik delme işlemlerinde sıcaklık ölçümü birçok çalışmada araştırma konusu olmuştur [3, 6-17]. Bu çalışmalarda iş parçası ve takım arasında oluşan sıcaklığı ölçmek için hem ısı çifti hem de kızılötesi kamera kullanılarak deneysel çalışmalar yapılmıştır [7]. Yine kesme bölgesi sıcaklıklarının ölçülebilmesi için iş parçası malzemelerine gömülmüş ısı çiftleri kullanılmıştır [8-10]. Ayrıca ısı çiftleri kesici takım soğutma kanallarına yerleştirilerek de kesme bölgesi sıcaklıkları ölçülmüştür [6, 10-13]. Bununla birlikte sıcaklık ölçümlerinin analizi için SEM (Sonlu Elemanlar Metodu) sıkça başvurulan yöntemler arasında yerini almıştır [14]. Yapılan çalışmalarda kesme sıcaklıkları ölçümü için birçok farklı yöntem denenmiştir. Problemleri aşabilmek için değişik alternatifler araştırılmış ve özellikle günümüzde kullanımı yaygın

olan malzemelerin işlenmelerinde oluşan sıcaklık değerleri belirlenerek bu malzemeler için optimum kesme şartları belirlenmiştir.

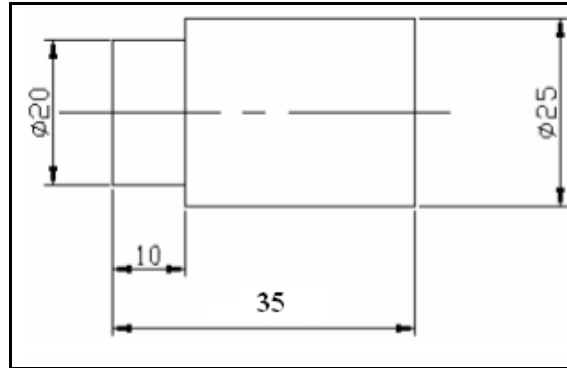
Gerçekleştirilen literatür araştırmaları ışığında, AISI 316L östenitik paslanmaz çelik malzemesinin dik işleme merkezinde sabit matkap-dönen iş parçası yöntemiyle kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla, delinmesi esnasında oluşan kesme bölgesi sıcaklıkları her bir deney için farklı kesici takım kullanılarak incelenmiştir. Sıcaklık ölçümü için ısı çift yöntemi ile ölçülmüştür.

## 2. Materyal Ve Metot

### 2.1. Deney Numuneleri

Bu çalışmada paslanmaz çelikler arasında önemli bir yere sahip olan AISI 316L kullanılmıştır. Deneyler sabit takım-dönen iş parçası yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Sıcaklık ölçmek için kullanılan ısı çiftlerinin, matkap soğutma kanallarına yerleştirilmesi sebebiyle bu yöntem tercih edilmiştir.

Matkabın dinamometreye bağlanabilmesi için bir bağlama kalıbı tasarlanmış ve imal edilmiştir. Numunelerin dış çapları 25 mm olacak şekilde tornalanmıştır. Boyları ise 3D standartlarında delik delbilmek için 42 mm olacak şekilde ayarlanmıştır. Fakat mevcut kaplamasız takımlarla 42 mm boyunda delikler delinemediği için bütün numunelerin boyu 35 mm'ye düşürülmüştür. Daha güvenli bir bağlama için, bağlama aparatına tutturulacak kısım 20 mm çapında 10 mm boyunda tornalanarak kademeli bir kısım oluşturulmuştur (Şekil 1.). Delik delinecek yüzeyler, tornalama sonrası kalabilecek memeleri ortadan kaldırarak, matkabın delme esnasında olası merkezden kaçma eğilimi ve ani kuvvet yüklenmeleri sonucu kırılması gibi durumlar engellenmiştir.



Şekil 1. Deneylerde kullanılan numunelere ait teknik resim.

### 2.2. Deneylerde Kullanılan Takım Tezgâhı

Deneyler Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Talaşlı Üretim Anabilim Dalında bulunan Johnford VMC-550 marka CNC dik işleme merkezinde yapılmıştır. Bu tezgahın özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 2. Deneylerde kullanılan tezgâhın teknik özellikleri.

Tezgâhın Gücü	5 KW
En Yüksek Devir Sayısı	8000 rpm/min
Sırayla x, y, z eksenleri	600, 500, 600 mm
Ölçü Hassasiyeti	0,001 mm
İşletim Sistemi	Fanuc

## 2.2. Deneylerde Kullanılan Takım Tezgâhı

Deneyler Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Talaşlı Üretim Anabilim Dalında bulunan Johnford VMC-550 marka CNC dik işleme merkezinde yapılmıştır. Bu tezgahın özellikleri Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Deneylerde kullanılan tezgâhın teknik özellikleri.

Tezgâhın Gücü	5 KW
En Yüksek Devir Sayısı	8000 rpm/min
Sırayla x, y, z eksenleri	600, 500, 600 mm
Ölçü Hassasiyeti	0,001 mm
İşletim Sistemi	Fanuc

## 2.3. Kesici Takım

Bu araştırmada kaplamasız ve TiN/TiAlN/TiCN çok katmanlı (Firex coated) yekpare (solid) helisel karbür matkaplar kullanılmıştır. Matkapların çapı 14 mm olarak seçilmiştir. Karar verilen Ø14 mm matkap, kesici ucundaki sıcaklığın ısı çifti ile ölçülebilmesi için ısı çiftinin soğutma kanallarından geçebilecek minimum şartları sağlamaktadır. Kullanılan matkaplar DIN 6537 K standardına uygun 3D boyda delik delebilecek kapasitededir. Kullanılan kesicilerin uç açısı, yekpare karbür matkaplar için önerilen 140° olarak seçilmiştir. Deneylerde kullanılan matkapların mekanik ve termal özellikleri Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 4. Deneylerde kullanılan matkapların mekanik ve termal özellikleri [18].

Mekanik ve Termal Özellikler	Kaplamasız	TiN/TiAlN/TiCN Kaplamalı
Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	14,6	12,6
Basma Dayanımı (MPa)	5000	4600
Young Modülü (GPa)	590	550
Poisson Oranı	0,22	0,22
Termal İletkenlik (W/mK)	70	45
Termal genleşme katsayısı (10 <sup>6</sup> /K)	5,6	6,7

## 2.4. Kesme Parametreleri

Çalışma için kesme parametreleri olarak dört farklı kesme hızı (60, 75, 90 ve 108 m/dak) ve dört farklı ilerleme miktarı (0,15; 0,20; 0,25 ve 0,30 mm/dev) seçilmiştir (Çizelge 5.). Delme işlemlerinde birim zamanda kaldırılan malzeme miktarı (talaş debisi) sabit olduğundan kesme derinliği (a<sub>p</sub>, mm) otomatik olarak sabit seçilmiş olacaktır.

Çizelge 5. Deneylerde kullanılan kesme parametreleri.

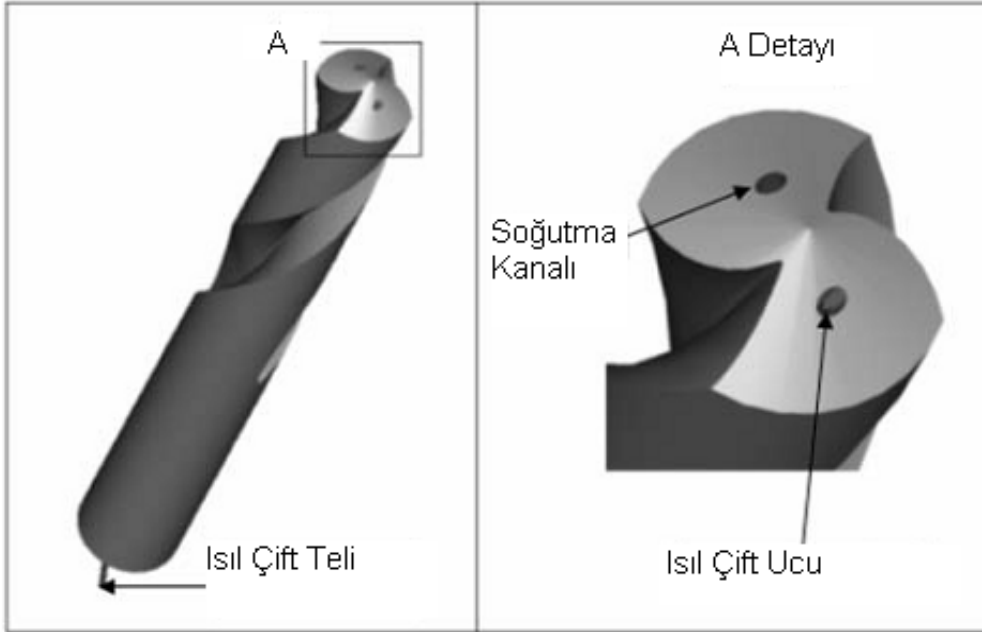
Kesme Hızı (V-m/dak)	İlerleme (f -mm/dev )
60, 75, 90, 108	0.15,0.20, 0.25, 0.30

## 2.5. Veri Kaydedici

Kesme bölgesinde meydana gelen sıcaklıkların ölçümü için Pico marka 8 kanallı data logger kullanılmıştır. Cihaz USB veri kablosu ile bir diz üstü bilgisayara bağlanarak verilerin bilgisayar ortamında PicoLog Recorder yazılımı ile değerlendirilmesi ve grafiklere dönüştürülmesi mümkün olmuştur.

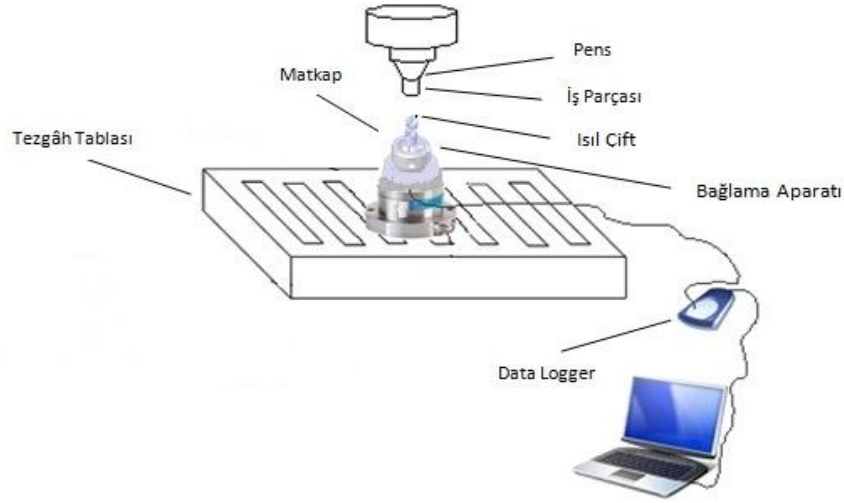
## 2.6. Isıl Çift

Deneylerde matkap soğutma kanallarına yerleştirilen ısıl çiftler yüksek sıcaklığa dayanabilmesi için inconel kılıflı ve 1 mm çapında olan K tipi ısıl çift kullanılmıştır. Bu ısıl çiftler -200 °C ile 1200 °C aralığındaki sıcaklıkları ölçebilmektedirler. Çaplarının küçük olması ve bükülebilir olmaları bu ürüne özellikle portatif uygulamalarda geniş kullanım imkanı sağlamaktadır. Bu tip ısıl çiftler; tavlama fırınlarında, Teflon fırınlarında, pişirme fırınlarında, tünel fırınlarında, ark ocaklarında ve laboratuvar test ekipmanlarında yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Bu ısıl çiftin asıl kullanım amacı 1 mm çapında ve bükülebilir olmasıdır. Bu özellikleriyle ısıl çift, matkabın soğutma kanallarının içinden rahatlıkla takılmasına olanak sağlamıştır. Yerleştirilen ısıl çift delme işlemi süresince oluşan sıcaklıkları ölçmüştür (Şekil 2.).



Şekil 2. Soğutma delikleri boyunca ısıl çift yerleştirilmiş matkap [12].

Delme işlemi süresince oluşan kesme bölgesi sıcaklığının eş zamanlı ölçülebilmesi için oluşturulan deney düzeneğinin şematik gösterimi Şekil 3.'de verilmiştir.



Şekil 3. Deney düzeneğinin şematik olarak gösterimi.

### 3. Deneysel Sonuçlarının Değerlendirilmesi ve Tartışma

Kaplamasız matkaplar ile yapılan deneylerden elde edilen çıktılar, Çizelge 6.a'da (Deney No: 1-16), kaplamalı matkaplar ile yapılan deneylerden elde edilen çıktılar ise Çizelge 6.b'de verilmiştir (Deney No: 17-32).

Çizelge 6. Deneysel çalışmadaki girdilere bağlı olarak elde edilen çıktılar

a) Kaplamasız Takım

b) Kaplamalı Takım

Deney No	Kesme Hızı (V) (m/dk)	İlerleme (f) (mm/dev)	Sıcaklık (T) (°C)
1	60	0,15	526
2		0,20	491
3		0,25	488
4		0,30	463
5	75	0,15	513
6		0,20	478
7		0,25	457
8		0,30	449
9	90	0,15	505
10		0,20	470
11		0,25	436
12		0,30	422
13	108	0,15	451
14		0,20	436
15		0,25	412
16		0,30	401

a)

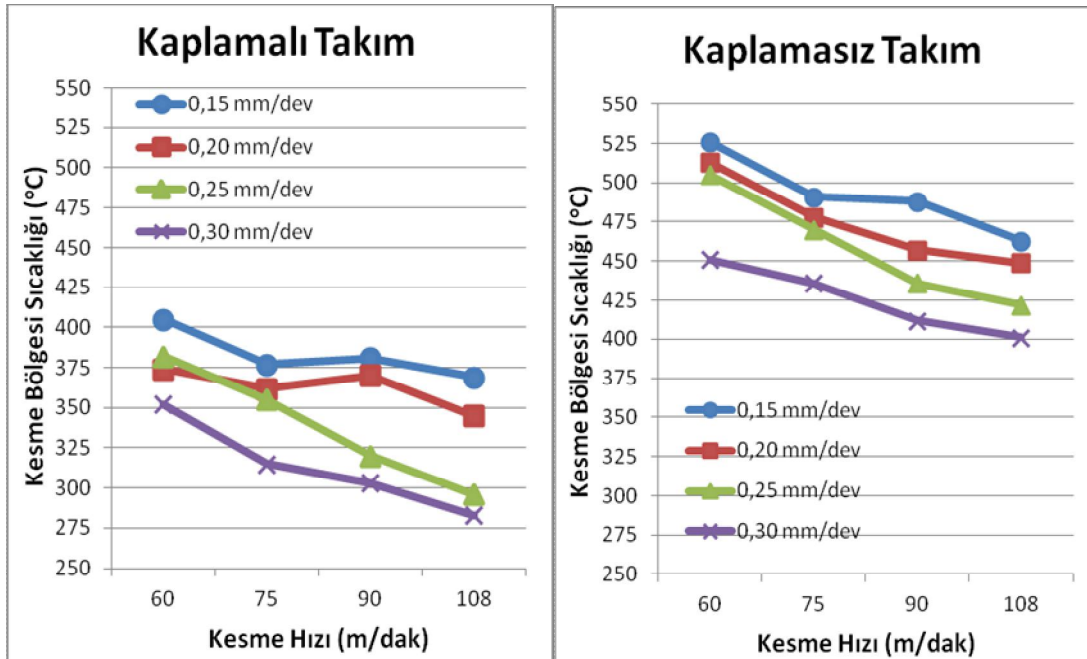
Deney No	Kesme Hızı (V) (m/dk)	İlerleme (f) (mm/dev)	Sıcaklık (T) (°C)
17	60	0,15	405
18		0,20	377
19		0,25	381
20		0,30	369
21	75	0,15	374
22		0,20	362
23		0,25	370
24		0,30	345
25	90	0,15	382
26		0,20	355
27		0,25	320
28		0,30	296
29	108	0,15	352
30		0,20	315
31		0,25	303
32		0,30	283

b)

Çizelge 6.'de de görüldüğü gibi ilerleme miktarı arttıkça, kesme bölgesinde meydana gelen sıcaklık değerleri azalmaktadır (Şekil 4.). Meydana gelen bu düşüş talaş akışı ve talaş tahliyesinin daha kolay olmasına bağlanabilir [11, 12, 19]. Kesme esnasında oluşan sıcaklığın %80'inin talaşla atıldığı göz önünde bulundurulduğunda talaş tahliyesinin kolaylaşması ve dolayısıyla kesme bölgesinde meydana gelen sıcaklıkta bir düşüş olması beklenen bir durumdur [5].

Düşük ilerleme miktarlarında talaş tahliyesinin zorlaşmasıyla birlikte, bazı deneyler esnasında talaş sıkışması problemleri de yaşanmıştır. Bu durum; talaş ile birlikte uzaklaştırılabilecek ısının kesme bölgesinde kalmasına sebep olmakta ve kesme bölgesinde ki sıcaklığın artmasına yol açmıştır.

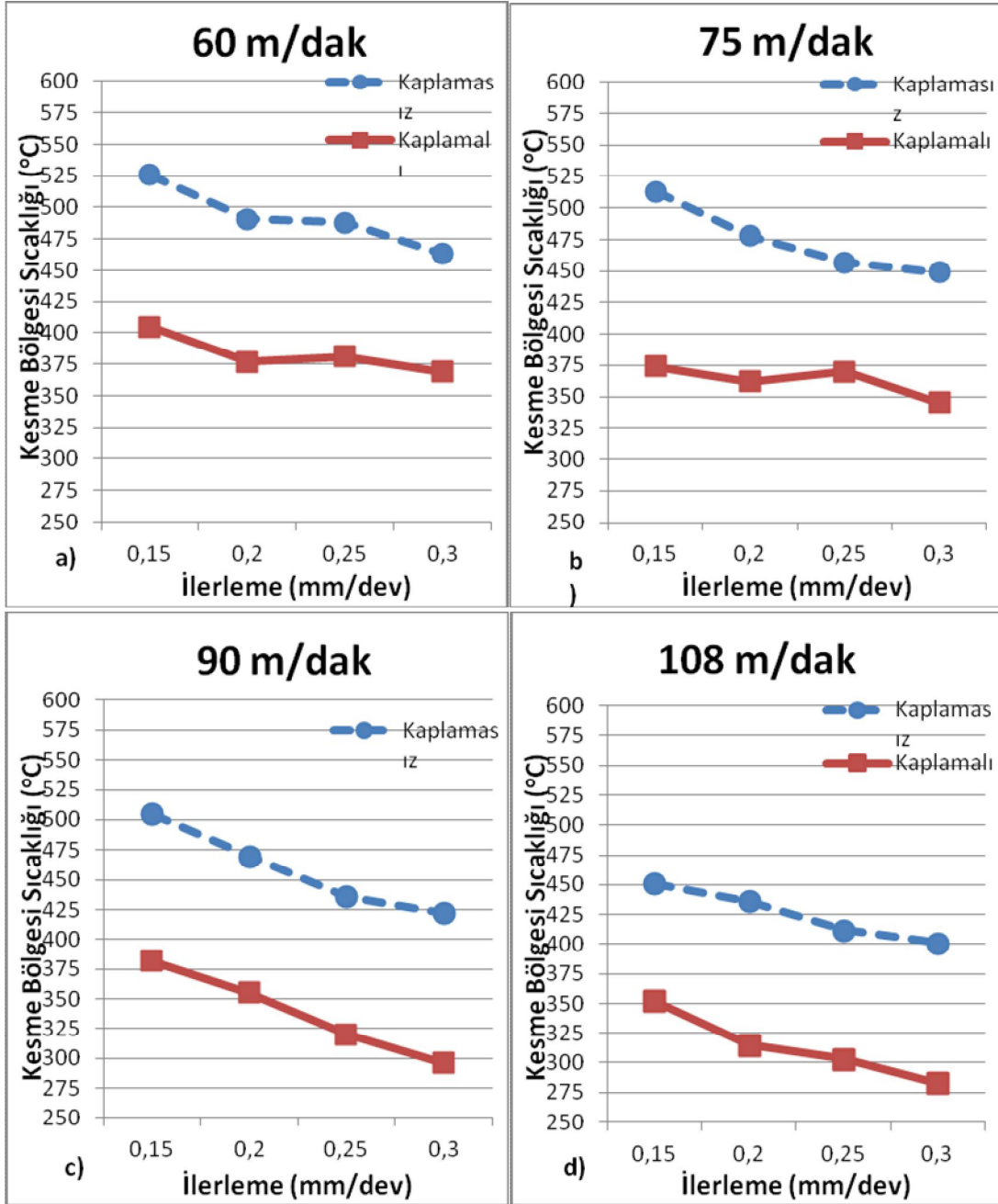
Delik delme işlemi dışındaki diğer imalat işlemleri ele alındığında (daha çok tornalama ve frezeleme işlemleri); kesme hızının artması ile takım talaş ara yüzeyindeki sıcaklığın arttığı bilinmektedir [20, 21]. Bu durum ise; kesme işlemi süresince harcanan enerjinin neredeyse tamamına yakın bir kısmının ısı enerjisine dönüşmesine atfedilebilmektedir [20, 22]. Fakat deneyler sonucu elde edilen sıcaklık değerleri incelendiğinde bu durumun tam tersi bir şekilde; kesme hızı değerlerinin yükselmesi, kesme bölgesi sıcaklıklarının düşmesine sebep olmuştur. Bu farklılık tamamen çıkan talaşın tahliyesinin zorlaşmasından kaynaklanmaktadır [12]. Tornalama ve frezeleme işlemlerinde genellikle serbest formdaki talaş havayla temas etmekte ve buna bağlı olarak talaşla tahliye edilen %80'lik ısı miktarı kesme bölgesinden rahatlıkla uzaklaştırılabilmektedir. Delme işlemlerinde ise; talaş havayla temas etmeden önce delik içerisinde iş parçasıyla ve kesici takımla uzun süre temasta kaldığı için hem kesici takıma, hem de iş parçasına daha fazla ısı transferine sebep olabilmektedir. Talaş tahliyesinin kolaylaşması ısı transferini de kolaylaştırdığından, ilerlemede olduğu gibi artan kesme hızları da talaş tahliyesini hızlandırabilmektedir. Dolayısıyla kesme bölgesinde sıcaklık artsa bile, uzaklaştırılan talaş ile kesme bölgesindeki ısının uzaklaştırılması da hızlanacağı için artan kesme hızlarıyla sıcaklıkların düştüğü görülmüştür. Bu çalışma da ilerleme miktarının ve kesme hızının artması sonucu sıcaklığın düşmesinin talaş tahliyesinin kolaylaşmasına atfedilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Kesme bölgesinde meydana gelen sıcaklıkların kaplamalı ve kaplamasız takımlarda, kesme hızı ve ilerleme miktarına bağlı olarak değişimi.

Şekil 4.'deki grafiklerde de görüldüğü gibi tüm deneylerde kaplamalı takımlarla elde edilen kesme bölgesi sıcaklıkları, kaplamasız takımlara göre daha düşük çıkmıştır. Kaplamalı takım kullanımının kesme bölgesi sıcaklıklarını ~%25 oranında düşüştüğü muhtemeldir. Bu durum kaplamalı takımların,

kaplama malzemeleri sayesinde sürtünme katsayılarının düşmesine ve bunun sonucunda kesme bölgesi sıcaklıklarının da düşmesine atfedilebilir [12].



Şekil 5. Her bir kesme hızı için kaplamasız ve kaplamalı takımlarda ilerlemeye bağlı olarak kesme bölgesi sıcaklıklarının değişimi

a) V= 60 m/dak, b) V= 75 m/dak, c) V= 90 m/dak, d) V= 108 m/dak.

Kesme hızının artması, kesme bölgesinde meydana gelen sıcaklıklarda ~%10'lara varan bir düşüşe sebep olmuştur. 75 m/dak kesme hızında kaplamasız takımlarla elde edilen deney sonuçları incelendiğinde 0,25 mm/dev ilerleme miktarında kesme bölgesi sıcaklığı 457 °C iken, ilerleme miktarının 0,30 mm/dev'e çıkarılması sonucunda oluşan sıcaklık 449 °C'ye düşmüştür. Aynı deneyler kaplamalı takımlarla yapıldığında ise ilk durumda 370 °C iken, ikinci durumda ~%7'lik bir düşüşle 345 °C'ye inmiştir (Şekil 5.b).



İlerleme miktarının artması, kesme bölgesinde meydana gelen sıcaklıklarda ~%8'e varan bir düşüşe sebep olmuştur. 90 m/dak kesme hızında kaplamasız takımlarla elde edilen deney sonuçları incelendiğinde; 0,20 mm/dev ilerleme miktarında kesme bölgesi sıcaklığı 470 °C iken, ilerleme miktarının 0,25 mm/dev'e yükseltilmesi sonucu 436 °C'ye kadar düşmüştür. Bu da ~%8'lik bir orana karşılık gelmektedir. Aynı deneyler kaplamalı takımlarla yapıldığında ise ilk durumda 355 °C iken, ikinci durumda da ~%10'luk bir düşüşle 320 °C olarak ölçülmüştür (Şekil 5.c).

Delme işlemlerinde; talaş havayla temas etmeden önce delik içerisinde iş parçasıyla ve kesici takımla uzun süre temasta kaldığı için hem kesici takıma, hem de iş parçasına daha fazla ısı transferine sebep olabilmektedir. Talaş tahliyesinin kolaylaşması ısı transferini de kolaylaştırdığından, ilerlemede olduğu gibi artan kesme hızları da talaş tahliyesini hızlandırabilmektedir. Dolayısıyla kesme bölgesinde sıcaklık artsa bile, uzaklaştırılan talaş ile kesme bölgesindeki ısının uzaklaştırılması da hızlanacağı için artan kesme hızlarıyla sıcaklıkların düştüğü görülmüştür. Bu çalışma da ilerleme miktarının ve kesme hızının artması sonucu sıcaklığın düşmesinin talaş tahliyesinin kolaylaşmasına atfedilebilir.

Tüm deneylerde kaplamalı takımlarla elde edilen kesme bölgesi sıcaklıkları, kaplamasız takımlara göre daha düşük çıkmıştır. Kaplamalı takım kullanımının kesme bölgesi sıcaklıklarını ~%25 oranında düşürdüğü görülmüştür. Bu durum kaplamalı takımların, kaplama malzemeleri sayesinde sürtünme katsayılarının düşmesine ve bunun sonucunda kesme bölgesi sıcaklıklarının da düşmesine atfedilebilir [12].

#### 4. Sonuçlar

AISI 316L paslanmaz çelik malzeme üzerinde yapılan delme deneyleri ile kesici takım tipi, kesme hızı ve ilerleme miktarının kesme bölgesinde oluşan sıcaklık üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bu çalışmayla elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

Kesme bölgesinde oluşan sıcaklık değerleri ilerleme miktarı arttıkça azalma göstermektedir. İlerleme miktarının artması sonucunda; talaş tahliye hızının arttığı ve matkabın malzeme ile temasta olacağı sürenin azalması ile de sürtünmeden doğacak sıcaklığın azaldığı düşünülmektedir.

Kaplamalı kesici takımlarla yapılan hemen hemen bütün deneylerde, kesme bölgesi sıcaklıklarında kayda değer bir düşüş görülmüştür. Bu duruma kaplama malzemesinin düşük sürtünme ve ısı iletim katsayısına sahip olmasının sebep olduğu düşünülmektedir.

Kaplamalı takımlarda yüksek ilerleme miktarlarında, kesme hızlarının artması kesme bölgesi sıcaklıklarının azalmasına sebep olmuştur. Bu durum, kesici takım üreticilerinin de önerdiği gibi kaplamalı takımların kaplamasızlara göre daha yüksek hızlarda kullanıldığında daha verimli olduklarını göstermiştir.

Her iki kesici takımında da en düşük kesme bölgesi sıcaklıkları en yüksek kesme hızı ve en yüksek ilerleme miktarı parametreleri olan 108 m/dak, 0,3 mm/dev değerlerinin kullanıldığı deneyler sonucu elde edilmiştir.

#### Teşekkür

Yazarlar, bu çalışmanın gerçekleşmesinde finansman desteği sağlayan Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (Proje Kodu: 07/2011-19) teşekkür eder.

## Kaynaklar

- [1] Kara, F., Aslantaş, K., Çiçek, A.; "Ortogonal kesme işleminde kaplama malzemesinin talaş morfolojisi üzerinde etkisinin araştırılması", 2. *Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi*, Balıkesir, 1-2 (2010).
- [2] Töre C., "Mekanik Tasarımda Çelik ve Özellikleri", *Makine Mühendisleri Odası*, Ankara, (2007).
- [3] Kaynak, Y., "Matkap ile delik delme esnasında kesme parametrelerinin kesme kuvveti ve sıcaklığın değişimine etkisinin deneysel olarak incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 60-66, (2006).
- [4] Tonshoff, H.L., Spintig, W., König, W., Neises, A., "Machining of Holes Developments in Drilling Technology", *Annals of the CIRP*, 551-560, (1994).
- [5] Sandvik Coromant, "Modern Metal Cutting", *Sandvikens Tryckeri*, Sweden, 2-61 (1994).
- [6] Kalidas, S., DeVor, R.E., Kapoor, S.G.; "Experimental investigation of the effect of drill coating on hole quality under dry and wet drilling conditions" *Surface and Coatings Technology*, 117-128 (2001).
- [7] Ay, H., Yang, W.J., "Heat transfer and life of metal cutting tools in turning", *International Journal Heat Mass Transfer*, 613-623 (1999).
- [8] Wan, Y., Tang, Z. T., Liu, Z.Q., Ai, X.; "The Assessment of cutting temperature measurements in high speed machining", *Materials Science Forum*, 162-166 (2004).
- [9] Q'Sullivan, D., Cotterell, M.; "Temperature measurement in single point turning", *Journal of materials Processing Technology*, 118: 301-308, (2001).
- [10] Kelly, J.F., Cotterell, M.G.; "Minimal lubrication machining of aluminium alloys" *Journal of Materials Processing Technology*, 327-334 (2002).
- [11] Bağcı, E., Özçelik, B.; "Finite element and experimental investigation of temperature changes on a twist drill in sequential dry drilling" *International Journal Manufacturing Technology*, 680-685, (2006).
- [12] Yağmur, S., "Delik delme işlemlerinde kesme parametrelerine bağlı olarak oluşan sıcaklığın deneysel olarak incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, iv-v, 41-53 (2011).
- [13] Usta, M., "Tornalama takım tezgahlarında delik delme operasyonları sırasında ortaya çıkan kesme kuvvetleri ve ısı etkisinin araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 100-145 (2010).
- [14] Kaplan, Y., "Delik delmede farklı parametrelerin kesme kuvveti, moment, titreşim, yüzey pürüzlülüğü, aşınma ve çapak oluşumuna etkileri", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 38-51 (2010).
- [15] Zeilmann, R.P.; Weingaertner, W.L.; "Analysis of temperature during drilling of Ti6Al4V with minimal quantity of lubricant", *Journal of Materials Processing Technology*, 18-23, (2006).
- [16] Li, R., S., "Spiral point temperature and stress in high-throughput drilling of titanium", *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, Article in pres, (2007).
- [17] Bono, M., Ni, J., "The effects of thermal distortions on the diameter and cylindricity of dry drilled holes", *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 2261-2270, (2001).
- [18] Wikgren, T., "Analysis of contact between insert and tip seat", Yüksek Lisans Tezi, *Luleå University of Technology Institutionen för Maskinteknik Avdelningen för Datorstödd Maskinkonstruktion*, Sweden, 72-84, (2001).

- [19] Ertunc, H.M., Loparo, K.A., "A decision fusion algorithm for tool wear condition monitoring in drilling", *Internatioanl Journal of Machine Tools & Manufacture*, 41: 1347-1362 (2001).
- [20] Boy, M., "Kesme parametrelerine bağlı olarak talaş arka yüzey sıcaklığının deneysel olarak incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 67-76, (2004).
- [21] Yalçın, Ü., "Talaş kaldırma sırasında oluşan sıcaklık ve termal yorulma faktörlerinin takım aşınması davranışlarına etkisi", Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 45-61 (2008).
- [22] Özçatalbaş Y., "Talaş Kaldırmanın Esasları Ders Notları", *Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi*, Ankara, 22-34 (2006).