

AISI H13 VE AISI D2 ÇELİKLERİNİN DELİNMESİ ESNASINDA KESME BÖLGESİNDE OLUŞAN SICAKLIĞA KESİCİ TAKIM KAPLAMASININ VE İŞLEME PARAMETRELERİNİN ETKİSİ

İsmail TEKAÜT¹, Halil DEMİR²

¹Gazi Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Ankara / Türkiye

²Karabük Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Karabük / Türkiye

ismailt@gazi.edu.tr , hdemir@karabuk.edu.tr

(Geliş/Received: 13.06.2014; Kabul/Accepted: 01.12.2014)

ÖZET

Delik delme işleminde, takım ve işlem performansı için sıcaklık önemli bir faktördür. Bu nedenle kesme bölgesinde oluşan sıcaklığın analiz edilmesi işlem performansının tahmin edilebilmesi açısından önemlidir. Bu amaçla, sanayide sıkça kullanılan AISI H13 ve AISI D2 malzemeleri 14 mm çapında kaplamasız ve (AlCrN monolayer) kaplamalı karbür matkaplarla dik işleme merkezinde delinmiştir. Kesme bölgesinde oluşan sıcaklıklar matkapların soğutma kanallarına yerleştirilen ısı çiftleri yardımıyla ölçülmüştür. Deneysel sonuçlar dört farklı kesme hızı (60, 75, 90 ve 108 m/dak) ve üç farklı ilerleme miktarı (0.15, 0.20 ve 0.25 mm/dev) kullanılmıştır. Deneysel çalışma sonucu, ilerleme miktarı ve kesme hızı artışı sıcaklığın azalmasına yol açmıştır. Kaplamalı matkapların kaplama özelliğinden dolayı ısı iletim katsayısının düşük olması, kaplamalı matkaplarla yapılan işlemlerde sıcaklığın daha fazla olmasına neden olmuştur. Bütün deneylerde, AISI H13 malzemesinin işlenmesi esnasında oluşan sıcaklık değerleri AISI D2 malzemesinin işlenmesi esnasında oluşan sıcaklık değerlerinden daha fazla çıkmıştır. Bu duruma malzemelerin yapısal ve kimyasal farklılıklarının neden olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Delik delme, AISI H13 çeliği, AISI D2 çeliği, takım kaplaması, sıcaklık ölçümü

THE EFFECTS OF CUTTING TOOL COATING AND MACHINING PARAMETERS IN DRILLING OF STEEL AISI H13 AND AISI D2

ABSTRACT

In drilling, temperature is an important factor for the tool and the machining performance. For this reason, analysis of the temperature in the cutting zone is essential for predicting the machining performance. In this study, commonly used AISI H13 and AISI D2 steels were drilled using uncoated and (AlCrN monolayer) coated carbide drills of 14 mm diameter on a vertical machining centre. The cutting zone temperatures were determined using the thermocouples inserted into the coolant holes of the drills. The tests were carried out at four different cutting speeds (60, 75, 90 and 108 m/min) and three different feed rates (0.15, 0.20 and 0.25 mm/rev). The experimental results showed that increasing feed rate and cutting speed led to decrease in the temperature. The lower heat conduction of the coated drills resulted in the higher temperature. In all the tests, drilling of AISI H13 caused higher temperature than that of AISI D2. It is considered that this was caused by the structural and chemical differences of the materials.

Keywords: Drilling, AISI H13, AISI D2, tool coating, temperature measurement

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Talaş kaldırma işlemi esnasında kesici takım ve iş parçası ara yüzeyinde, sürtünmeden dolayı yüksek

sıcaklıklar oluşmaktadır. Bu sıcaklıklar; kesici takım ömrünü ve çalışma performansını etkilemektedir. Bu nedenle talaş kaldırma işlemlerinde kesici takım ve iş parçası ara yüzeyindeki sıcaklık, işlemin verimliliği

için önemlidir. Dolayısıyla talaş kaldırma işlemlerinde kesme bölgesinde oluşan sıcaklığın araştırılması ve bu araştırmalar neticesinde iş parçası-talaş-takım arasında oluşacak sıcaklığın tahmin edilmesi hem iş parçası-kesici takım malzemesi çifti seçiminde yol göstererek daha verimli talaş kaldırmasına katkı sağlayacaktır. Delik delme işlemi diğer talaş kaldırma işlemlerinde olduğu gibi aynı talaş kaldırma kinematiğine sahiptir. Fakat tornalama ve frezeleme işlemlerinin aksine delik delme işleminin kapalı alanda gerçekleşmesi işlemin gözlenebilirliğini sınırlandırmaktadır. Ayrıca delik delme işlemlerinde talaşın işlenen delik cidarları ve matkap gövdesine uzun süre temas ederek tahliye edilmesi sebebiyle, diğer kesme işlemlerinden farklı olarak, talaşla atılan ısının tekrar iş parçası ve matkaba geri transfer olmasına sebep olmaktadır. Bu durum kesme bölgesinde oluşan sıcaklığın, diğer işleme yöntemlerinden daha yüksek çıkmasına sebep olurken talaşla tahliye edilen ısı miktarının azalması, iş parçası ve takıma transfer olan ısının artmasıyla sonuçlanmaktadır [1]. Bu nedenle delik kalitesinin daha iyi olması için işlem esnasında oluşan sıcaklığın belirlenmesi ve olumsuz etkilerinin bertaraf edilmesi için araştırmalar kaçınılmaz olmuştur. Şahin ve Acır, talaş kaldırma esnasında ortaya çıkan ısının % 10-20'lik kısmının takıma aktığını ve bu ısının kesici takımda mekanik gerilmelerin yanı sıra şiddetli ısıl gerilmelere yol açarak kesici takım yorgunluğu, ısıl kırılma, aşınma ve bunun gibi istenmeyen durumlara sebep verdiğini belirtmişlerdir [2]. Ueda ve arkadaşları delik delme, tornalama ve frezeleme işlemlerinde kuru şartlarda ve kesme sıvısı kullanarak sıcaklık ölçümü yapmışlardır. Yaptıkları çalışmada talaş kaldırma işlemlerinde en yüksek sıcaklığın delik delme işlemlerinde, ikinci sırada tornalama işlemlerinde ve en düşük sıcaklığın ise frezeleme işlemlerinde oluştuğunu belirlemişlerdir [3]. Ghani ve arkadaşları, AISI H13 çeliğinin frezelenmesinde, kesme hızının artmasıyla birlikte sıcaklığın artarak yüksek mekanik zorlanmaya sebebiyet verdiğini ve takım kenarlarında erken çatlak ve aşınmalar oluştuğunu belirtmişlerdir [4]. Umbrello ve arkadaşları, farklı sertliklerde ki AISI H13 çeliğinin işlenmesinde oluşan talaş şeklinin iş parçasının sertliğine göre değiştiğini ve sertlik artışıyla talaş kırılmalarının artarak kırılma boyunun kısalacağını ifade etmişlerdir [5]. Moon ve arkadaşları, kimyasal kompozisyonları farklı, tavllanmış ve suda sertleştirilmiş takım çeliklerinin tornalanmasında ve delinmesinde TiC kaplamalı sementit karbür takımlar kullanmışlardır. Tavlama çeliklerin işlenmesinde en yüksek kesme kuvvetinin AISI H13 çeliğinde oluştuğunu ve AISI L6 (ESC) çeliğinde diğer tüm çelik türlerinden daha kolay işlenebilirliğe sahip olduğunu vurgulamışlardır [6]. Davim ve arkadaşları, seramik takımlarla AISI D2 çeliğinin sert tornalanmasında, kesme hızının yükselmesiyle birlikte aşırı derecede yanak aşınmasının oluştuğunu tespit [7]. Poulachon ve arkadaşları, aynı sertlikte ki AISI

D2, AISI H11, 35NiCrMo16 ve AISI 52100 çeliklerini CBN kesici takımlarla işlemişler ve takım aşınmasına en etkili faktörün iş parçalarının mikro yapılarında bulunan karbür oluşumlarının olduğunu tespit etmişlerdir. Kesme hızının artışıyla takım aşınmasının arttığını ve iş parçasının mikro yapısında bulunan karbürlerin kesme sıcaklığından etkilenmediğini belirtmişlerdir [8]. Silva ve arkadaşları, AISI 1040 çeliğinin tornalanması esnasında, kesme hızının, ilerleme miktarının, kesme derinliğinin ve talaş-kesici takım temas süresinin artışıyla sıcaklık değerlerinin artış gösterdiğini gözlemlemişlerdir [9]. Haan ve arkadaşları, CNC dik işlemede SAE 308 ve 390 malzemelerini 25 mm delik boyunda 4.5 mm çapında matkaplarla delmişlerdir. İlerleme miktarının artmasıyla talaşın kalınlaştığını, soğutma sıvısı kullanıldığında talaşın daha kıvrımlı olduğunu, ilerleme kuvvetinin ilerleme miktarının artışıyla arttığını tespit ederek, ilerleme kuvveti ve momentin matkap malzemesi ve uç açısıyla değiştiğini belirtmişlerdir. Kesme hızı, ilerleme miktarı ve iş parçası malzemesinin sıcaklığın artışıyla önemli etken olduğunu gözlemlemişlerdir [10]. Bağcı ve arkadaşları, delik delme işlemi sabit matkap-dönen iş parçası tertibi ile gerçekleştirerek, sıcaklığı matkapların soğutma kanallarına yerleştirdikleri ısı çiftler vasıtasıyla ölçmüşlerdir. Aynı matkapla delik delme sayısı ve ilerleme miktarı arttıkça kesme kuvvetlerinin de arttığını belirlemişlerdir [11]. Brandao ve arkadaşları, AISI H13 çeliğinde, aşınmış matkaplara göre yeni matkaplarla yapılan delik delme işleminde, ölçülen sıcaklığın, ilerleme kuvvetinin, moment değerlerinin düşük çıktığını ve soğutma sıvısı kullanım miktarı ile sıcaklığın azalmasının orantılı olduğunu tespit etmişlerdir [12]. Coz ve arkadaşları, havacılık alaşımlarını frezeleme ve delik delme işlemlerinde kesici takımlarda oluşan sıcaklığın matkap uç geometrisinin önemli faktör olduğunu ve kaplamalı matkaplarda sıcaklık değerlerinin daha düşük olduğunu belirlemişlerdir [13]. Yağmur ve arkadaşları, AISI 1050 malzemesini 14 mm çapında kaplamasız ve kaplamalı karbür matkaplarla işleyerek sıcaklık, kesme kuvvetleri, moment ve delik kalitesini araştırmışlardır. Matkapların soğutma kanallarına konumlandırılmış ısı çiftler aracılığıyla sıcaklığı ölçerek, sıcaklığın ilerleme miktarının artmasıyla birlikte azaldığını belirlemişlerdir. İlerleme miktarı artışına karşın sıcaklığın azalmasını daha hızlı talaş tahliyesi ve matkap - talaş temas süresinin daha kısa olmasına yorumlamışlardır [14]. Kaynak, kaplamalı ve kaplamasız farklı uç açılı helisel matkaplarla, Al 2024-T4 iş parçasına kuru kesme şartlarında delmiş ve en yüksek sıcaklık değerini 118° uç açılı kaplamasız matkapla, en az sıcaklık değerini ise 130° uç açılı kaplamalı matkapla yapılan işlemlerde elde etmiştir [15]. Sousa ve arkadaşları, 10 mm çapında kaplamalı takımlar ile yüksek dirençli, düşük alaşımlı (HSLA) çeliğin delinmesi sırasında oluşan sıcaklıkları K tipi ısı çiftler kullanılarak ölçmüşlerdir. Sıcaklığın, matkabın iş parçası içerisinde ilerlerken ilk 10 sn' de

matkap ucu ve çevresine, 170 sn sonra ise iş parçasının tümüne iş parçasının ısı iletkenliği bağlı olarak yayıldığını tespit etmişlerdir [16]. Li, yüksek hızda Ti-6Al-4V titanyum alaşımının, sabit matkap-dönen iş parçası tertibatında delinmesi esnasında sıcaklık ve gerilim dağılımını incelemiştir. Sıcaklık ölçümleri için ısı çiftleri matkap kesici kenarına yakın yerlere konumlandırılarak, delme işlemi esnasında matkabın delmeye başladığı yerden 10.2 mm'ye kadar ki derinliğe kadar sıcaklığın artarak yükseldiğini, bu derinliğe ulaştıktan sonra ise sıcaklığın paralel seyir izlediğini gözlemlemiştir [17]. Kayır ve Usta, GGG40 malzemede, kuru şartlarda delik delmeye oluşan sıcaklığı ölçmüşlerdir. Talaş sıkışmalarının, talaş sürtünmesinin sıcaklığı artırdığını ve bunun talaşın deformasyonunda etkili olduğunu vurgulamışlardır [18]. Aydın ve arkadaşları, talaş kaldırma esnasında kesme kuvveti, talaş kaldırılan bölgenin ve talaşın ayrılma anındaki sıcaklığını ölçerek, talaşın ayrılma anındaki formunu görüntülemişler ve kesici takımında oluşan aşınma miktarını incelemiştir. Sonuçta, talaş kaldırma esnasında oluşan sıcaklığın talaş (% 70), iş parçası (% 13) ve kesici takım (% 17) arasında paylaşıldığını ve kesme hızının artmasıyla birlikte kesme bölgesi sıcaklığının da arttığını ifade etmişlerdir. Artan sıcaklığın kesici takımında aşınmaya neden olduğunu ve uzun/kısa talaş formlarının işlenebilirlik açısından uygun olduğunu, şerit, dolaşık, karmaşık talaş formlarının ise uygun olmadığını belirtmişlerdir [19].

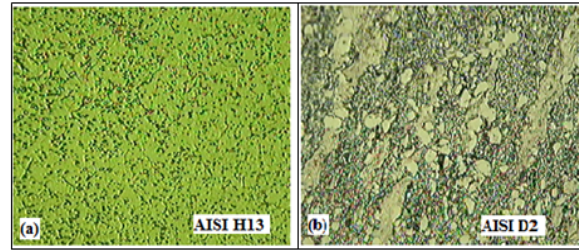
Literatürde ayrıca bu çeliklerin metalürjik ve mikro yapı özelliklerinin incelendiği çalışmalara da rastlanmaktadır. Bu çalışmalarda; nitrüleme, borlama ve kroyejenik işlemler gibi uygulamaların çeliğin mikro yapıları üzerindeki etkileri değerlendirilirken niyobyum ilavesi ile özelliklerin iyileştirilmesi konusu da araştırılmıştır [20-24].

Literatürdeki çalışmalarda talaş kaldırma esnasında oluşan sıcaklığın kesici takım aşınmasında en önemli etken olduğu vurgulanmıştır. Dolayısıyla farklı mikro yapıya sahip olan AISI H13 ve AISI D2 malzemelerinin delinmesi esnasında kesme bölgesinde oluşan sıcaklık değerlerinin bilinmesi hem işlenebilirlik açısından hem de iş parçası-kesici takım çiftinin uyumlu seçimi açısından önemlidir. Bu nedenle yapılan çalışmadan elde edilen veriler daha

önce yapılan çalışmaları destekler nitelikte olup sanayi uygulamalarında pratik bilgi olarak kullanılabilir özelliktedir. Çalışmada, AISI H13 ve AISI D2 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde, kesme bölgesinde oluşan sıcaklıklar ölçülmüş ve her iki malzemenin işlenmesi esnasında oluşan sıcaklıklar işleme parametrelerine göre değerlendirilip, veriler karşılaştırmalı olarak yorumlanmıştır.

2. MALZEME VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

Deneylerde kullanılan AISI H13 ile AISI D2 çelik malzemelerin mikro yapı fotoğrafları Şekil 1'de ve bu malzemelerin kimyasal kompozisyonları Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Malzemelere ait mikro yapı fotoğrafları (Microstructures of the materials).

Malzemelerin sertlik ölçümleri her bir malzeme cinsi için, 10'ar adet deney numunesinin sertlik ölçümleri yapılarak aritmetik ortalaması alınmıştır. Yapılan sertlik ölçümü neticesinde, AISI H13 malzemesinin sertlik değeri 90 HRB (184 HB), AISI D2 çeliğinin ise 96 HRB (225 HB) tespit edilmiştir. Bu çalışmada, matkabın soğutma kanallarından ısı çifti geçirme yöntemiyle sıcaklık ölçümü hedeflendiğinden uygulama tipi olarak, sabit kesici takım/dönen iş parçası uygulaması seçilmiştir. Deneylerde, AISI H13 çeliği ve AISI D2 çeliği malzemelerin delinmesinde kaplamasız ve kaplamalı (AICrN monolayer) çok katmanlı yekpare (solid) helisel karbür matkaplar kullanılmıştır. Matkabın ucundaki sıcaklığın ısı çifti ile ölçülebilmesi için ısı çiftinin soğutma kanallarından geçebilecek minimum şartları sağlayan DIN 6537 K standardında 14 mm çapında matkap uçları kullanılmıştır. Soğutma kanallarının ısı çifti

Tablo 1. Malzemelerin kimyasal kompozisyonu (ağırlık %) (Chemical composition of the materials, weight %).

% AISI H13	<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Cr</i>	<i>Mo</i>	<i>Ni</i>
		0,418	1,08	0,348	0,017	0,001	5,12	1,36
<i>Al</i>	<i>Co</i>	<i>Cu</i>	<i>Nb</i>	<i>Ti</i>	<i>V</i>	<i>W</i>	<i>Sn</i>	<i>Fe</i>
	0,037	≤ 0,01	0,018	0,006	0,009	1,09	<0,01	<0,001
% AISI D2	<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Cr</i>	<i>Mo</i>	<i>Ni</i>
		1,58	0,435	0,459	0,028	0,011	11,467	0,88
<i>Al</i>	<i>Co</i>	<i>Cu</i>	<i>Nb</i>	<i>Ti</i>	<i>V</i>	<i>W</i>	<i>Sn</i>	<i>Fe</i>
	0,001	0,011	0,037	0,008	0,003	0,84	0,058	0,03

yerleştirilmesi için kullanılmış olması ve kesme sırasında oluşan sıcaklık değerlerinin daha net ölçülebilmesi için deneyler “kuru” şartlarda gerçekleştirilmiştir. Matkabın delme derinliği 3D olup, matkabın mekanik ve termal özellikleri Tablo 2’de verilmiştir.

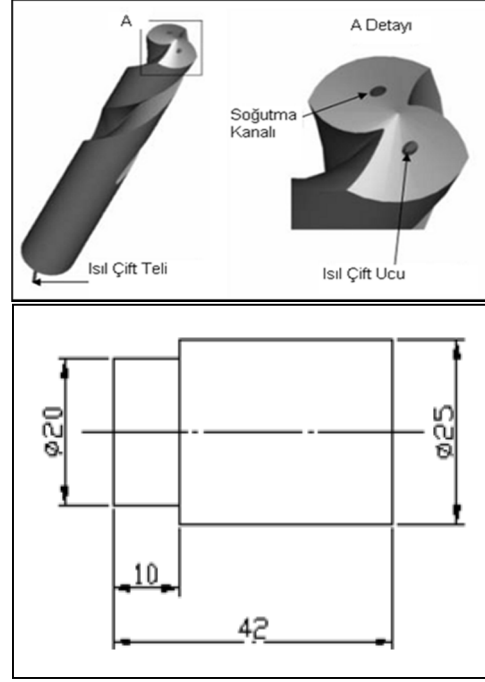
Tablo 2. Deneylerde kullanılan matkabın mekanik ve termal özellikleri (Mechanical and thermal properties of drills used in the experiments).

Mekanik Özellikler	K25 grade (Kaplamasız)	P25 grade (Kaplmalı)
Yoğunluk (gr/cm ³)	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 ⁶ /K)	5,6	6,7

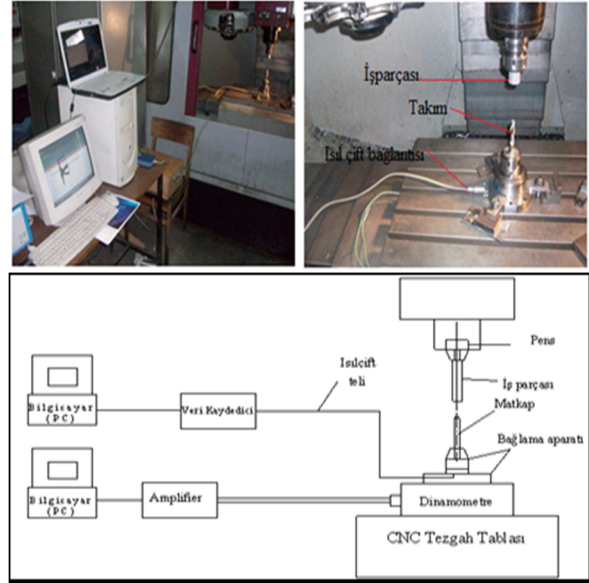
Deneylerde kesme parametreleri, üretici firma kataloğunda (KARCAN) seçilen matkaplar için tavsiye edilen kesme parametreleri aralığında bir başlangıç değeri seçilerek belirlenmiştir.

Ömür deneyleri standartlarında belirtilen her bir kesme şartı için en az dört farklı kesme hızı seçilmelidir şartından yola çıkarak, 60 m/dak olan başlangıç değeri, Standart Sayıların Geometrik Dizileri (R10, R20 ve R40) hakkındaki ISO standardına uygun olarak çoğaltılmıştır. Bu şartlar ışığında seçilen dört farklı kesme hızı (60, 75, 90, 108 m/dak) ve üç farklı ilerleme değeri (0.15, 0.20 ve 0.25 mm/dev) kullanılarak deneyler gerçekleştirilmiştir. Her bir deney numunesinin dış çapı 25 mm ve delik boyu 35 mm olacak şekilde olacak şekilde hazırlanmıştır. Deneyler Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü Talaşlı Üretim Anabilim Dalı’nda bulunan Johnford VMC-550 marka CNC dik işleme merkezinde gerçekleştirilmiştir.

Deneylerde, inconel kılıflı NiCr-Ni ve 1 mm çapında olan ısı çiftleri, literatürdeki bazı uygulamalar baz alınarak (11,14) matkabın soğutma kanallarına yerleştirilmiş ve böylece ısı çiftlerinin doğrudan kesme bölgesine ulaşması hedeflenmiştir. Kanal çıkışları matkabın kesme kenarının hemen arkasında, kesme genişliğinin tam ortasında yer aldığından, takım talaş ara yüz sıcaklığının en üst düzeyde ölçülebilmesi amaçlanmıştır (Şekil 2). Elde edilen veriler, Pico marka 8 kanallı data logger yardımı ile Pico Log Recorder yazılımı eşliğinde grafiklere dönüştürülmüştür. Deneysel çalışmaya ait test düzeneği fotoğrafı ve matkap-iş parçası konum fotoğrafı Şekil 3’te verilmiştir.



Şekil 2. Deneylerde kullanılan numune ölçüleri ve takımda konumlandırılmış ısı çiftleri (Dimensions of the samples and thermocouples placed in drill used in the experiments).

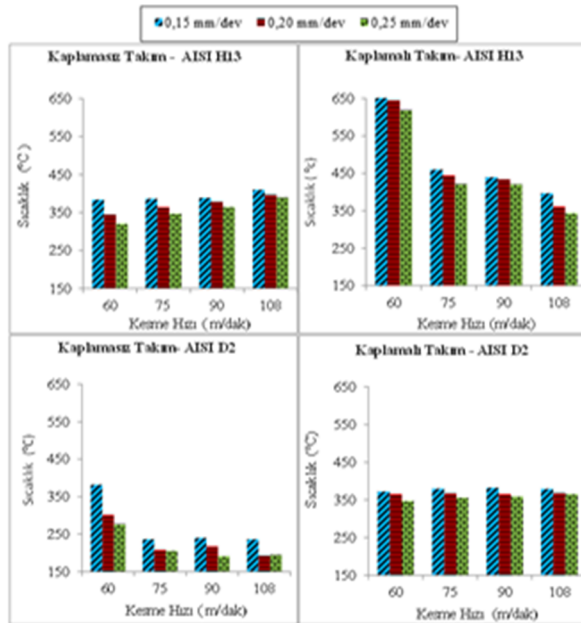


Şekil 3. Deneysel çalışmaya ait test düzeneğinin şematik gösterimi ve fotoğrafı (The photo of the test apparatus and schematic representation belonging to the experimental work)

3. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

AISI H13 ve AISI D2 malzemelerinin kaplamasız ve kaplamalı karbür matkaplarla delinmesi esnasında kesme hızı ve ilerleme miktarı parametrelerine bağlı olarak, kesme bölgesinde oluşan sıcaklık değişimleri Şekil 4’deki grafiklerde, AISI H13 ve AISI D2 malzemelerinin delinmesi sonrası kullanılan matkabın ve işlem esnasında oluşan talaş şeklinin fotoğrafları Şekil 5 - Şekil 8’de gösterilmiştir.

Şekil 4'deki grafikler incelendiğinde, bütün deney sonuçlarında AISI H13 ve AISI D2 malzemelerinin kaplamasız ve kaplamalı matkaplarla delinmesi esnasında oluşan sıcaklık değerleri, ilerleme miktarının artışına karşın azalma göstermiştir. Bu durumu; ilerleme miktarı artışının matkap kesici kenarlarının daha az sürtünmeye yol açmasına atfedebiliriz. Çünkü düşük ilerleme miktarında matkap kesici kenarının kaldırdığı toplam talaş uzunluğu ile ilerleme miktarının artması sonucu kaldırılan toplam talaş uzunluğu farklıdır. İlerleme miktarının artması neticesinde matkap kesici kenarı, düşük ilerleme miktarında kaldırılan toplam talaş uzunluğundan daha kısa uzunlukta talaş kaldırır. Matkap kesici kenarı ile talaş arasındaki sürtünmeden dolayı sıcaklığın ortaya çıktığını düşünürsek, ilerleme miktarının artışı sonucu talaş- matkap kesici kenar temasının kısa olması ortaya çıkan sıcaklığın daha az olmasını sağlamıştır. Sonuç olarak ilerleme miktarının artmasına karşın sıcaklık değerlerinde düşüş olması normal bir sonuçtur. Ayrıca kesme bölgesinde oluşan sıcaklığın yaklaşık olarak % 80'nin talaşla atıldığını [2,19] kabul edecek olursak, ilerleme miktarının artmasıyla birlikte matkabın delik içerisinde hızlı ilerlemesi ve buna bağlı olarak da helis kanallarından talaşın daha hızlı tahliyesi sıcaklığın azalmasına ilave bir katkı sağlamıştır.

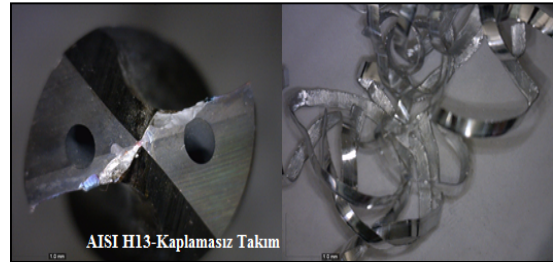


Şekil 4. Kesme bölgesinde meydana gelen sıcaklıkların karşılaştırılması (Comparison of the cutting zone temperatures)

AISI H13 malzemesinin kaplamasız matkaplarla işlenmesi esnasında oluşan sıcaklık, kesme hızının artışıyla birlikte artış göstermiştir. Şekil 5'deki AISI H13-Kaplamasız matkap ve oluşturduğu talaş şekli incelendiğinde, AISI H13 malzemesinin 600 °C'ye kadar sertliğini kaybetmemesi [25] ve kesme hızının artışıyla birlikte matkap ucunda başlayan aşınmanın kesici kenarlara kadar uzanması sıcaklığın artmasını

sağlamıştır. Çünkü matkap uç kısmı daha çok ezerek talaş kaldırmaya çalışır ve bu matkabın uç bölgesi yüksek gerilmelere maruz kalır.

Yüksek gerilmeler neticesinde aşınan matkabın uç kısmı delik delme işlemi için daha fazla enerji harcar. Talaş kaldırma işleminde harcanan enerjinin hemen çoğunun ısıya dönüştüğü düşünüldüğünde, kesme hızının artmasıyla birlikte hem matkap ucunda oluşan aşınma hem de kesici kenarlarda oluşan aşınmaların talaş kaldırmak için daha fazla enerji tüketmesi sıcaklığın artmasını sağlamıştır. Ayrıca oluşan talaşın yapışmalı sürekli talaş [26] oluşu sıcak artışına katkı sağlamıştır. Örneğin ilerleme miktarının % 33'lük artışına karşılık sıcaklık değerleri yaklaşık % 10'luk, ilerleme miktarının % 66 artışına karşılık sıcaklık değerlerinde yaklaşık % 17'lik bir azalma söz konusudur. Fakat kesme hızının % 25 artmasıyla sıcaklık yaklaşık % 0,5, kesme hızının % 50'lik artmasıyla sıcaklık yaklaşık % 1,5, kesme hızının % 63'lük artmasıyla sıcaklık % 9 artış göstermiştir.



Şekil 5. AISI H13- Kaplamasız takım ve oluşan talaş (Uncoating tool and chip)

AISI H13 malzemesinin kaplamalı matkaplarla delinmesinde ise kesme hızının artmasına karşın sıcaklık değerlerinde azalma gözlemlenmiştir. Bu durum artan kesme hızıyla birlikte kayma düzlem açısının artması sonucu ikinci deformasyon bölgesinde yapışan malzemenin akma dayanımının ve ikinci deformasyon bölgesinde yapışma bölgesinin azalmasıyla açıklanabilir [27].

Şekil 6'daki AISI H13-Kaplamalı matkap ve oluşan talaş şekli incelendiğinde, matkapta aşınma oluşmadığı ve oluşan talaş şeklinin kabul edilebilir şekilde [26] olduğu görülmektedir. Kaplamalı matkapların kaplama özelliğinden dolayı aşınma dirençlerinin yüksek ve sürtünme katsayılarının düşük olduğundan hem matkap performansında düşme olmamış hem de talaş matkaba yapışmadan uzaklaştırılmıştır. Talaşlı imalatta oluşan ısının yaklaşık % 80'nin talaşla atıldığını [2,14,18,19] düşünürsek, kesme hızının artmasıyla birlikte talaş tahliyesinde hızlanma ve daha az sürtünme sıcaklığın azalmasını sağlamıştır. Örneğin ilerleme miktarının % 33'lük artışına karşılık sıcaklık değerleri yaklaşık % 9'luk, ilerleme miktarının % 66 artışına karşılık sıcaklık değerlerinde yaklaşık % 15'lik bir azalma söz konusudur. Fakat kesme hızının % 25 artmasıyla sıcaklık yaklaşık % 32, kesme hızının % 50'lik

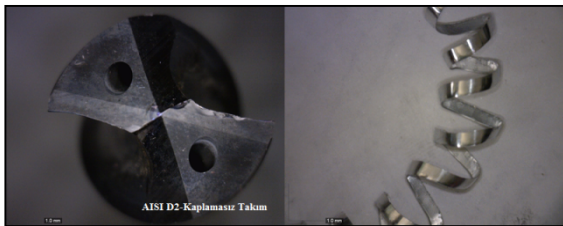
artmasıyla sıcaklık yaklaşık % 35, kesme hızının % 80'lik artmasıyla sıcaklık % 44 azalış göstermiştir. AISI D2 çeliğinin kaplamasız matkaplarla delinmesi esnasında oluşan sıcaklık kesme hızının artmasıyla birlikte azalma göstermiştir.

Bu durumu kesme hızının artmasıyla birlikte talaş tahliyesinin hızlanmasına atfedebiliriz.



Şekil 6. AISI H13- Kaplamalı takım ve oluşan talaş şekli (Coating tool and chip form).

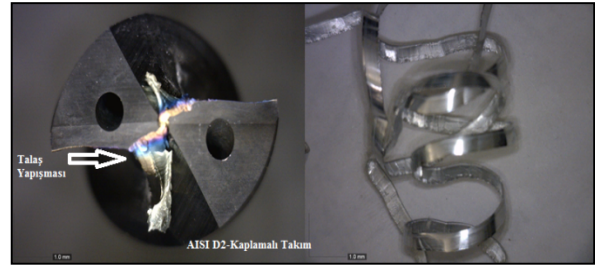
Şekil 7'deki fotoğraf incelendiğinde, matkapta aşınmanın olduğu görülmektedir. Fakat kesme bölgesinde oluşan sıcaklığın matkap-talaş-iş parçası arasında dağılımı [19] ve malzemenin özelliğinden [25] dolayı oluşan talaşın kabul edilebilir şekilde olduğu görülmektedir [26]. AISI D2 malzemesi kaplamasız matkaplarla delinmesi esnasında oluşan talaş şeklinin sürekli talaş [26] olması, kesme hızının artmasıyla talaş tahliyesi hızlanmış ve kesme hızı artışı sıcaklığın azalmasını sağlamıştır. Örneğin ilerleme miktarının % 33'lük artışına karşılık sıcaklık değerleri yaklaşık % 20'lik, ilerleme miktarının % 66 artışına karşılık sıcaklık değerlerinde yaklaşık % 28'lik bir azalma olmuştur. Kesme hızında ise % 25'lik artış sıcaklığı yaklaşık % 10, kesme hızında % 50'lik artış sıcaklığı yaklaşık % 10, kesme hızında % 80'li artış sıcaklığı % 10 azaltmıştır.



Şekil 7. AISI D2- Kaplamasız takım ve oluşan talaş (Uncoating tool and chip)

Fakat AISI D2 malzemesinin kaplamalı takımlarla delinmesi esnasında aynı durum gözlenmemiştir. Kesme hızının artması, sıcaklığın azalmasında etkili olmamıştır. Tam aksine önemsenmeyecek derecede artış tespit edilmiştir. Bu durum kesme bölgesinde oluşan sıcaklığın kaplamalı matkabın ısıl iletkenlik katsayısının düşüklüğünden dolayı sıcaklığın talaş ve iş parçası arasında paylaşılması sonucu oluşan talaşın, sıcaklık artışıyla beraber yapışmalı sürekli talaş şekline dönüşmesidir. Şekil 8'deki AISI D2-Kaplamalı matkap ve oluşan talaş şekli incelendiğinde matkap ucunda talaş yapışmaları görülmektedir. Bu

yapışma kesme hızının artması sonucu artan sürtünmenin sıcaklığı artırması ve buna bağlı olarak ta AISI D2 malzemesinin 200 °C'nin üzerinde sertliğini kaybetmesi [25] oluşan talaşın yapışmalı sürekli talaş olmasını sağlamıştır. Yapışmalı sürekli talaş oluşumunun tahliyesinde yaşanan güçlükler sıcaklık değerlerinin az da olsa yükselmesine yol açmıştır. Örneğin 0,25 mm/dev ilerleme miktarı ve 60 m/dak kesme parametrelerinde sıcaklık 347 °C iken, aynı ilerleme miktarı ve 108 m/dak kesme hızı için sıcaklık 365 °C olarak ölçülmüştür. Kesme hızının % 80 artmasına karşılık sıcaklık yaklaşık % 5 oranında artmıştır.



Şekil 8. AISI D2- Kaplamalı takım ve oluşan talaş (Coating tool and chip).

AISI H13 ve AISI D2 malzemelerinin kaplamalı matkaplarla delinmesi esnasında oluşan sıcaklık, kaplamasız matkaplarla yapılan işlemler esnasında oluşan sıcaklıktan daha fazla çıkmıştır (Şekil 5). Bu durum kesme bölgesinde oluşan sıcaklığın matkap-iş parçası-talaş arasında dağılımıyla açıklanabilir. Kesme bölgesinde oluşan bu sıcaklığın % 70-80'ni talaşla tahliye olurken, % 5-10'unu iş parçasına ve geri kalan % 10-20'si ise matkaba transfer olduğunu düşünülmektedir [2,19]. Buna bağlı olarak kaplamalı matkabın ısı iletim katsayısının (Tablo 2) kaplamasız matkaplara göre % 40 daha az olması, kaplamalı matkabın transfer etmesi gereken ısının kapalı ortam olan delik içerisine yayılarak sıcaklık artışına neden olduğu düşünülmektedir.

Şekil 5'deki grafikler iş parçaları malzemeleri açısından incelendiğinde, AISI H13 malzemesinin kaplamasız ve kaplamalı matkaplarla yapılan delik delme işlemi esnasında oluşan sıcaklık AISI D2 malzemesinin işlenmesi esnasında oluşan sıcaklıktan daha yüksek çıkmıştır. Bu durum; malzemelerin yapısal özelliğinden kaynaklanmaktadır. Farklı mikro yapıya ve farklı kimyasal bileşim oranlarına sahip bu malzemelerin içerisinde bulunan alaşım elementleri oranları ve bu elementlerin oluşturduğu özelliklerde farklıdır [25]. AISI H13 malzemesinin AISI D2 malzemesine göre mikro yapısının küçük boyutlu tanelerden oluşması ve homojen dağılımlı yapıda olması malzemenin deformasyon kabiliyetini azaltmaktadır. Ayrıca malzemenin yapısına bulunan kalıntılar (oksit, sülfür veya nitrür) işlenebilirliği belirleyen unsurlardır. Örneğin, talaş oluşumu esnasında plastik deformasyona uğrayan MnS

(mangan sülfat) kalıntıları düşük mukavemetli düzlemler oluşturdukları için daha az enerji harcanarak deforme edilirler. Bu durum birincil kayma bölgesinde deformasyonu kolaylaştırdığı için daha az sürtünme gerçekleşecek ve buna bağlı olarak da daha az sıcaklık oluşacaktır [27,28]. Tüm bu bilgiler ışığında, Tablo 1’de AISI H13 çeliğinin kimyasal kompozisyonunda bulunan kükürt ve mangan oranı, AISI D2 çeliğinin kimyasal kompozisyon oranından daha azdır. Bu nedenle AISI H13 malzemesinin delinmesi esnasında oluşan talaş, AISI D2 malzemesinden elde edilen talaşa göre daha sünek olmuştur. Yapışmalı sürekli talaş matkap ucuna ve helis kanallarına yapışarak sıcaklığı artırmıştır. Bunun yanında talaş tahliyesin de yaşanan güçlükler ve talaş kaldırmak için daha fazla enerji ve bu enerjinin ısıya dönüşmesi, AISI H13’ün delinmesinde oluşan sıcaklığın AISI D2’nin delinmesi esnasında oluşan sıcaklıktan daha fazla olmasına yol açmıştır.

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

AISI H13 ve AISI D2 malzemelerinin kaplamasız ve kaplamalı matkaplarla delinmesi esnasında oluşan sıcaklık kesme parametrelerine, takım kaplama tipi ve malzeme cinsine göre karşılaştırılmıştır. Bu çalışma ile aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

- Delik delme işleminde sıcaklığın azalmasında ilerleme miktarı önemli bir faktördür. İlerleme miktarının artması sıcaklığın azalmasını sağlamaktadır.
- Matkapta ciddi aşınma olmaması durumunda kesme hızı artışı sıcaklığın azalmasına yol açmaktadır. Aksi halde kesme hızının artmasıyla birlikte matkapta oluşan aşınmalar sıcaklığın artmasına neden olmaktadır.
- Kaplamalı matkaplarla yapılan delik delme işlemleri esnasında oluşan sıcaklıklar kaplamasız matkaplarla yapılan işlemlerde elde edilen sıcaklıklardan daha fazla çıkmıştır. Bunun nedeni olarak da kaplamalı matkabın düşük ısı iletim katsayısı nedeniyle kesme bölgesinde oluşan sıcaklığın matkaba transfer olamaması ve delik içerisine yayılmasıdır.
- AISI H13 malzemesinin kaplamasız ve kaplamalı matkaplarla işlenmesi esnasında oluşan sıcaklıklar AISI D2 malzemesinin işlenmesi esnasında oluşan sıcaklıklardan daha fazla çıkmıştır. Bu durumun nedeni malzemelerin yapısal ve kimyasal farklılıklarından kaynaklanmıştır.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışmayı, KBÜ-BAP-13/1-DR-002 kodlu proje ile destekleyen Karabük Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Proje Koordinatörlüğü’ne teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Sandvik Coromant Technical Editorial Department, Modern Metal Cutting-A Practical Handbook, **Tofters Tryckeri AB**, İsveç, XI-8, 1-33, 1994
2. Şahin, H.M., Acır, A., “Talaş Kaldırma İşlemlerinde Kesici Takım ve Talaş Arasında Oluşan Sıcaklık Dağılımının Sonlu Farklar Metodu ile Analizi”, **Politeknik Dergisi Journal of Polytechnic**, Cilt 6, No 3, 541-549, 2003
3. Ueda, T., Nozaki, R., Hosokawa, A., “Temperature Measurement of Cutting Edge in Drilling – Effect of OilMist”-, **CIRP Annals – Manufacturing Technology**, Cilt 56, No 1, 93, 2007.
4. Ghani, J.A, Choudhury, I.A, Masjuki, H.H., “Performance of P10 TiN Coated Carbide Tools When End Milling AISI H13 Tool Steel at High Cutting Speed”, **Journal of Materials Processing Technology**, 153-154, 2004.
5. Umbrello, D., Rizzuti, S., Outeiro, J.C., Shivpuri, R., M’Saoubi, R., “Hardness-Based Flow Stress for Numerical Simulation of Hard Machining AISI H13 Tool Steel”, **Journal of Materials Processing Technology**, Cilt 199, 64-73, 2008.
6. Moon, Y. H, Kim, J. W., Lee, D. W., “Machining Characteristics of Electroslag Cast Steel for Hot-Working Tools”, **Journal of Materials Processing Technology**, 153-154 - 654-659, 2004.
7. Davim, J. P., Figueira, L., “Machinability Evaluation in Hard Turning of Cold Work Tools Teel (D2) With Ceramic Tools Using Statistical Techniques”, **Materials and Design**, Cilt 28, 1186-1191, 2007.
8. Poulachon, G., Bandyopadhyay, B.P., Jawahir, I.S., Pheulpin, S., Seguin, E., “Wear Behavior of CBN Tools While Turning Various Hardened Steels”, **Wear**, Cilt 256, 302-310, 2004.
9. Silva, M. B., Wallbank, J., “Cutting Temperature: Prediction and Measurement Methods-a Review” **Journal of Materials Processing Technology**, Cilt 88, 195-202, 1999.
10. Haan, D. M., Batzer, S. A., Olson, W. W., Sutherland, J. W., “An Experimental Study of Cutting Fluid Effects in Drilling” **Journal of Materials Processing Technology**, Cilt 71, 305-313, 1997.
11. Bağcı, E., Özcelik, B., “Finite element and experimental investigation of temperature changes on a twistdrill in sequential dry drilling” **Int J. Adv. Manufacturing Technology**, Cilt 28, 680-687, 2006.
12. Brandao, L. C., Coelho, R T., Lauro, C. H., “Contribution to Dynamic Characteristics of the Cutting Temperature in the Drilling Process Considering One Dimension Heat Flow”, **Applied Thermal Engineering**, Cilt 31, 3806-3813, 2011.

13. Coz, G. L., Marinescu, A. D., Dudzinski, D., Velnom, L., "Measuring Temperature of Rotating Cutting Tools: Application to MQL Drilling and Dry Milling of Aerospace Alloys", **Applied Thermal Engineering**, Cilt 36, 434-441, 2012.
14. Yağmur, S., Acır, A., Şeker, U., Günay, M., "Delik Delme İşlemlerinde Kesme Parametrelerinin Kesme Bölgesindeki Sıcaklığa Etkisinin Deneysel İncelenmesi" **Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University**, Cilt 28, No 1, 1-6, 2013.
15. 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, 58-69, 2006.
16. Sousa, P. F.B., Borges, V. L., Pereira, I. C., Silva, M.B., Guimarães, G., "Estimation of Heatflux and Temperature Field During Drilling Process using Dynamic Observers Based on Green's function", **Applied Thermal Engineering**, Cilt 48, 144-154, 2012.
17. Li, R., Shin, A. J., "Spiral Point Temperature and Stress in High-Throughput Drilling of Titanium", **International Journal of Machine Tools & Manufacture**, Cilt 47, 2005-2017, 2007.
18. Kayır, Y., Usta, M., "Torna Tezgahlarında Matkapla Delik Delme İşlemlerinde Kesme Kuvvetleri ve Sıcaklığın Ölçülmesi", **International Iron & Steel Symposium, Karabük**, 1284-1295, 2012.
19. Aydın, M., Uçar, M., Cengiz, A., "AISI 304 Östenitik Paslanmaz Çeliğin Kuru Tornalanabilmesine Kesme Parametrelerinin Etkisi", **II. Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi**, Balıkesir, 85-94, 2010.
20. Basso, R. L. O., Pastore, H. O., Schmidt, V., Baumvol, I. J.R., Abarca S. A.C., "Microstructure and Corrosion Behaviour of Pulsed Plasma-Nitrided AISI H13 Tool Steel", **Corrosion Science**, Cilt 52, 3133-3139, 2010.
21. Genel, K., "Boriding Kinetics of H13 Steel", **Vacuum**, Cilt 80, 451-457, 2006.
22. Oliveira, C.K.N., Riofanob, R.M. M., Castelettib, L.C., "Formation of Carbide Layers on AISI H13 and D2 Steels by Treatment in Molten Borax Containing Dissolved Both Fe-Nb and Fe-Ti Powders", **Materials Letters**, Cilt 59, 1719-1722, 2005.
23. Kheirandish, S., Noorian, A., "Effect of Niobium on Microstructure of Cast AISI H13 Hot Work Tool Steel", **Journal of Iron and Steel Research, International**, Cilt 15, No 4, 61-66, 2008.
24. Koneshlou, M., Meshinchi, A. K., Khomamizadeh, F., "Effect of cryogenic treatment on microstructure, mechanical and wear behaviors of AISI H13 hot work tool steel", **Cryogenics**, Cilt 51, 55-61, 2011.
25. İnternet: Türkiye Osamanlı Alaşımli Çelikler San. ve Tic. Ltd., "Takım Çeliklerinde Elementlerin Etkisi", http://www.osmanli-bohler.com/upload/pdf/tenikbilgiler/Takim-Takim_Celikleri.pdf, 2013.
26. İnternet: Türkiye, "Talaşlı İmalat, Talaş Kaldırma ve Talaş Çeşitleri", http://muhserv.atauni.edu.tr/makine/akgun/Docs/alisilmamis/04_Tala%C5%9F1%C4%B1%20%C4%B0malat.pdf, 2013.
27. Trent EM., **Metal Cutting**, Butterworths Pres, London, 1989.
28. Çakır, M.C., **Modern Talaşlı İmalatın Esasları**, Vipaş A.Ş., Bursa, 1999.