



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

Kaplamalı Tungsten Karbür Takımlar Üzerine Uygulanan Kriyojenik İşlemin AISI H11 Çeliğinin İşlenebilirliği Üzerine Etkilerinin Araştırılması

 Nursel ALTAN ÖZBEK^{a,*}

^a Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Dr. Engin PAK Cumayeri MYO, Düzce Üniversitesi, Düzce, TÜRKİYE

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: nurselaltan@duzce.edu.tr

DOI : 10.29130/dubited.679129

ÖZET

Bu çalışmada, AISI H11 sıcak iş takım çeliğinin tormalanmasında kriyojenik işlemin kesici takım performansı üzerine etkileri araştırılmıştır. Deneylerde TiAlN+TiN kaplı tungsten karbür takımlar kullanılmıştır. Kesici takımlar üzerine 6 saat süre ile -80 °C'de sığ kriyojenik işlem (SCT6), 6 saat süre ile -196 °C'de derin kriyojenik işlem (DCT6) ve 24 saat süre ile -196 °C'de derin kriyojenik işlem (DCT24) uygulanmıştır. Tormalama deneyleri 0,6 mm kesme derinliği, 0,18 mm/dev ilerleme hızı ve 320, 360, 400 ve 440 m/dak olmak üzere dört farklı kesme hızında gerçekleştirilmiştir. Deneysel sonuçlar kriyojenik işlemin kesici takımın aşınma direncini artırdığını göstermiştir. En düşük kesici takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü değerleri DCT24 takımla elde edilmiştir. Yanak aşınmasında %13-28 oranlarda, yüzey pürüzlülüğünde ise %7-14 oranlarda iyileşmeler gözlenmiştir. Diğer yandan kriyojenik işlemin kesici takımların sertliğinde %4,4-8,7 oranlarda artış sağladığı tespit edilmiştir. En yüksek sertlik artışı da DCT24 takımında meydana gelmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sığ/Derin kriyojenik işlem, AISI H11, mikrosertlik, takım aşınması, yüzey pürüzlülüğü

Investigation of the Effects of Cryogenic Treatment Applied on Coated Tungsten Carbide Tools on Machinability of AISI H11 Steel

ABSTRACT

In this study, the effects of cryogenic treatment on cutting tool performance in turning of AISI H11 hot work tool steel were investigated. In experiments, TiAlN+TiN coated tungsten carbide tools were used. Shallow cryogenic treatment for 6 hours at -80 °C (SCT6), deep cryogenic process at -196 °C for 6 hours (DCT6) and deep cryogenic treatment at -196 °C for 24 hours (DCT24) was applied. Turning experiments were carried out with constant cutting depth (0.6 mm) and feed rate (0.18 mm/rev) and four different cutting speeds (320, 360, 400 and 440 m/min). Experimental results showed that the cryogenic treatment increases the abrasion resistance of the cutting tool. The lowest cutting tool wear and surface roughness values were obtained with DCT24 tool. Improvements in flank wear were observed at 13-28%, and surface roughness at 7-14%. On the other hand, it was determined that the cryogenic process provides an increase of 4.4-8.7% in the hardness of the cutting tools. The highest hardness increase has also occurred in the DCT24 tool.

Keywords: Shallow/Deep cryogenic treatment, AISI H11, microhardness, tool wear, surface roughness

I. GİRİŞ

İmalatta etkili maliyet için araştırmalar devam etmektedir ve özellikle işleme operasyonlarının bütçe gereksinimlerini karşılamak için sürekli olarak takım maliyetlerini azaltmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Maliyeti azaltmak için geleneksel yaklaşımlar, takım maliyetlerini azaltmak ve daha dayanıklı takım malzemeleri geliştiren verimliliği artırmayı kapsar. Kesici takım ömrünü artırma yöntemleri, kesme sıvısı, optimal kesme hızları ve ilerleme hızlarının seçimi ve kesici takım kaplamaları uygulamalarını kapsamaktadır. Son yıllarda kesici takım ömrünü artırmak için kullanılan yöntemlerden bir başkası da soğubilim (cryogenics-kriyojeni) teknolojisidir.

Soğubilim, işleme operasyonlarında kullanılan farklı kesici takımların yararlı ömrünü uzatmanın etkin bir metodu olmuştur. Soğu bilim anlamına gelen kriyojeni kelimesi soğuk anlamında olan yunanca “kryos” ’dan gelmektedir. Soğu bilim, düşük sıcaklıklarda malzemelerin özelliklerinde önemli bir değişim yapan basit bir malzeme bilimidir. Soğuk işlemlerin 1937’ler kadar öncesinde takım performansları üzerine yararlı etkilere sahip olduğu rapor edilmiştir [1, 2]. Kriyojenik işlem son yıllarda metallerin özelliklerini iyileştirmek için kullanılan konvansiyonel ısıl işlemi tamamlayıcı bir işlemdir. Takım eliklerinde klasik ısıl işlemden sonra ürünün ömrünü olumsuz etkileyen kalıntı östenit adı verilen yumuşak bir faz oluşur. Kalıntı östenit fazını gidermenin etkili bir yolu kriyojenik işlem uygulanmasıdır. Kriyojenik işlemde malzeme belirlenen bir bekletme süresince belirlenen sıcaklıkta tutulur ve sonra da kademeli olarak oda sıcaklığına kadar ısıtılır. Böylece kalıntı östenitin martenzite dönüşmesi ve çekirdeklenme bölgelerinde ikincil karbür çökeltilerinin oluşumu sağlanarak malzemede yüksek aşınma direnci elde edilmektedir [3-6]. Genellikle -50 °C ve -100 °C aralığında sığ kriyojenik işlem ve -125 °C ve -196 °C aralığında derin kriyojenik işlem olmak üzere iki türü kullanılmaktadır [7]. Kriyojenik işlem metaller, alaşımlar, polimerler, karbürler, seramikler ve kompozitler gibi malzemelerin geniş bir çeşitliliğinde yetenekli bir işlemdir [1].

Literatürde kesici takımlar üzerine kriyojenik işlem bekletme süreleri ve kriyojenik işlem bekletme sıcaklığının etkilerini araştıran çalışma çok sınırlıdır. Altan Özbek ve diğerleri [3] 5 farklı bekletme süresinde (12, 24, 36, 48 and 60 h) derin kriyojenik işlem uygulanmış (-145 °C) karbür takımlarla AISI 316 östenitik paslanmaz çeliğin tormalanmasında optimum bekletme süresini belirlemek için çalışma yapmışlardır. Bu kapsamda sertlik, eta karbür alanı ve aşınma performansı ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda en yüksek sertlik, eta karbür alanı ve en iyi aşınma performansı 24 saat kriyojenik işlem uygulanmış takımla elde edilmiş ve 12 saat kriyojenik işlem uygulanmış takımın bu takıma yakın performans sergilediği tespit edilmiştir. Yong and Ding [8] kriyojenik işlem bekletme sürelerinin %8 oranda Co içeren tungsten karbür takımların mekanik ve manyetik özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Bu amaçla, kesici takımlar -196 °C sıcaklıkta 2, 4, 8, 24 ve 72 saat sürelerde bekletilerek derin kriyojenik işleme tabi tutulmuşlardır. Çalışma sonucunda, kriyojenik işlemden sonra, numunelerin sertlik, basma dayanımı, aşınma direnci ve yorulma direncinin arttığı, eğilme dayanımı ve tokluğunun ise belirgin bir şekilde değişmediği gözlenmiştir. En yüksek sertlik ve aşınma direnci, 2 saat süreyle kriyojenik işlem uygulanmış numunelerde elde edilmiştir. Gill ve diğerleri [9], C65 eliğinin tormalanmasında kriyojenik işlemin TiAlN kaplı tungsten karbür takımların performansı üzerine etkilerini araştırmışlardır. Kesici takımlar, -110 °C ‘ de 18 saat ve -196 °C’de 38 saat bekletilerek sığ ve derin kriyojenik işleme tabi tutulmuşlardır. Tormalama deneyleri sonucunda sığ kriyojenik işlem uygulanmış kesici takımların derin kriyojenik işlem uygulanmış ve işlemsiz takımlara kıyasla daha iyi aşınma performansı takım ömrü sergilediği tespit edilmiştir. Bu durumun aksine Akıncioğlu ve diğerleri [10] Hastelloy C22 eliğinin işlemsiz, sığ kriyojenik işlem uygulanmış (-80 °C) ve derin kriyojenik işlem uygulanmış (-145 °C) kaplamasız tungsten karbür takımlarla tormalanması üzerine yaptıkları çalışmada, derin kriyojenik işlem uygulanmış takımların hem yüzey pürüzlülüğü hem de takım aşınması açısından daha iyi sonuç verdiğini rapor etmişlerdir. Benzer şekilde Altan Özbek ve Özbek [11] AISI H11 sıcak iş takım çeliğinin tormalanmasında kriyojenik işlemin CVD yöntemiyle TiCN+Al₂O₃+TiN kaplanmış tungsten karbür takımların aşınma performansı üzerine etkilerini araştırmışlardır. Bu amaçla kesici takımlar üzerine 6 saat süre ile -80 °C’de sığ kriyojenik işlem (SCT6) ve -196 °C’de derin kriyojenik işlem (DCT6) uygulanmıştır. Deneysel sonuçlar kriyojenik işlemin kesici takımın aşınma direncini artırdığını göstermiştir. Bununla birlikte sığ kriyojenik işleme kıyasla derin kriyojenik işlem

daha iyi aşınma direnci sağlamıştır. Diğer yandan literatürde 24 saat süre ile uygulanan derin kriyojenik işlemin işlemsiz takımlara kıyasla kesici takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü açısından ciddi iyileşmeler sağladığını bildiren çalışmalar mevcuttur [5, 12-23].

Sunulan bu çalışmada AISI H11 sıcak iş takım çeliğinin tornalanmasında kriyojenik işlemin kaplamalı tungsten karbür kesici takım performansına etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla, PVD yöntemiyle TiAlN+TiN kaplanmış kesici takımlar üzerine 6 saat süre ile -80 °C’de sıg kriyojenik işlem (SCT6), 6 saat süre ile -196 °C’de derin kriyojenik işlem (DCT6) ve 24 saat süre ile -196 °C’de derin kriyojenik işlem (DCT24) uygulanmıştır. Kesici takım sertlik değişimi, mikroyapısal değişim, kesici takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü değişimi incelenerek kriyojenik işlemin kesici takımlar üzerine etkileri tespit edilmiştir.

II. MATERYAL VE METOD

A. DENEY NUMUNESİ

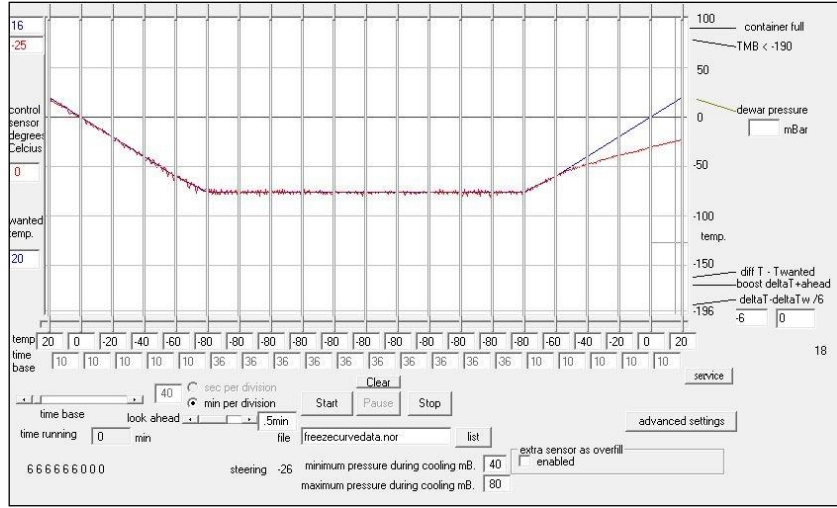
Deneylerde kullanılan AISI H11 sıcak iş takım çeliğinin kimyasal bileşimi Tablo 1’de verilmiştir. İşlenebilirlik deneyleri için AISI H11 çeliği ø100x250 boyutlarında temin edilmiştir. Ham sertliği 219 HB olan AISI H11 çeliği 1050 °C’de 60 dakika süre ile sertleştirme işlemine tabi tutulmuştur. Bu işlemin ardından ilk önce 560 °C’de 4 saat, sonrasında 570 °C’de 4 saat ve 640°C’de 3 saat olmak üzere üçlü temperleme işlemi uygulanmıştır. Bu işlemlerin sonunda AISI H11 çeliğinin sertliği 35 HRC’ye ulaşmıştır.

Tablo 1. AISI H11 çeliğinin kimyasal bileşenleri

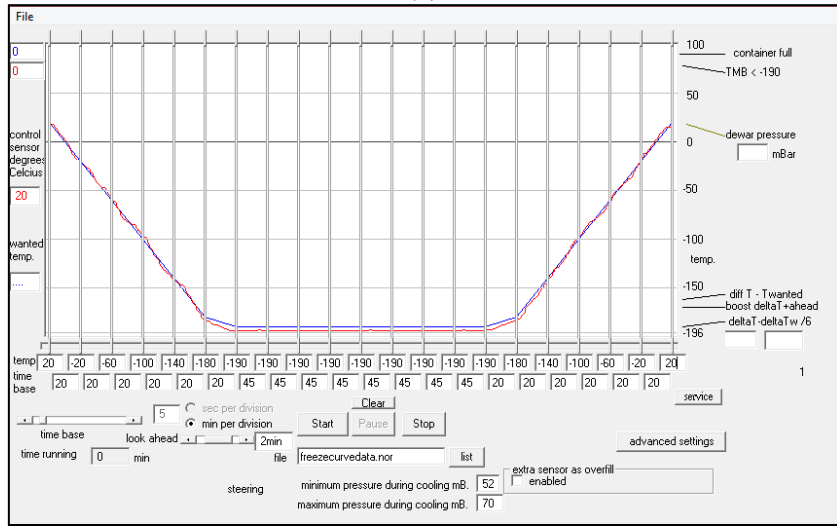
Element	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V
%	0,37	0,97	0,37	0,024	0,004	4,93	1,29	0,41

B. KESİCİ TAKIM VE ISIL İŞLEMLER

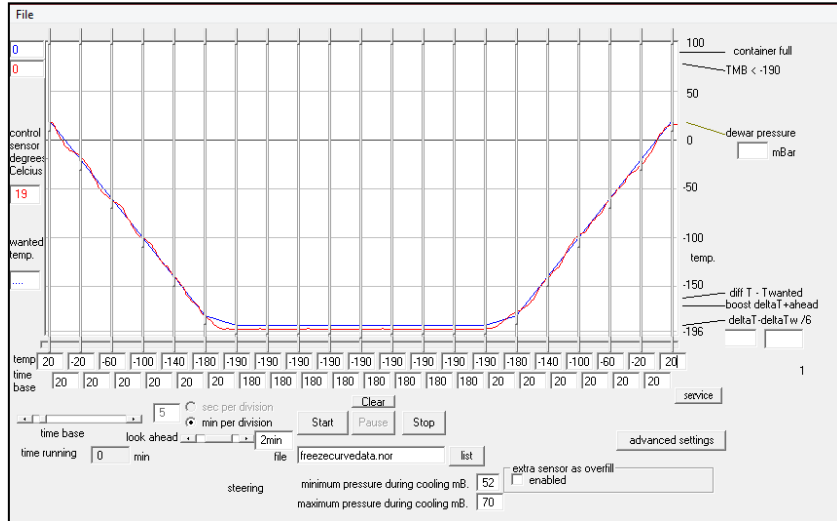
Deneylerde, kesici takım olarak TaeguTec Kesici Takımlar San Ve Tic . A.Ş tarafından üretilen SNMG 120404-FG serisine ait; TT 5080 kodlu PVD yöntemiyle TiAlN+TiN kaplanmış tungsten karbür takımlar kullanılmıştır. Kesici takımlar üzerine 6 saat süre ile -80 °C’de sıg kriyojenik işlem, 6 saat süre ile -196 °C’de derin kriyojenik işlem ve 24 saat süre ile -196 °C’de derin kriyojenik işlem uygulanmış ve ardına 2 saat süre ile 200 °C’de temperleme işlemi uygulanmıştır. Kriyojenik işlem tankından alınan ısıl işlem grafiği Şekil 1’de verilmiştir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 1. Uygulanan Kriyojenik İşlem Türleri (a) SCT6,(b) DCT6,(c) DCT24

C. MİKROYAPI ANALİZİ

Kriyojenik işlem uygulanmış ve uygulanmamış tungsten karbür kesici takımlar sırasıyla 240, 400, 600, 800 ve 1200 elek numaralı SiC zımparalar ile zımparalanıp daha sonra yüzey çizikleri yeterli seviyede

yok edilinceye kadar 1 µm'lik elmas pasta içeren keçede, düşük hızda parlatılmıştır. Mikro yapı incelemelerinin daha iyi anlaşılması amacıyla Murakami çözeltisi (K₃Fe(CN)₆ ve KOH) ile numune yüzeyleri 5 dakika süre ile dağlanmıştır. İşlemlerin bitiminden sonra FEI Quanta FEG 250 model optik metal mikroskobunda çeşitli büyütmelemlerde mikro yapı fotoğrafları çekilmiştir.

D. MİKROSERTLİK ÖLÇÜMÜ

Çalışmada kullanılan kesici takımların mikrosertlik ölçümleri METKON DUROLINE-M cihazında gerçekleştirilmiştir (Şekil 2). Ölçümlerde 1000 gram yük 30 saniye tatbik süresi kullanılmıştır. Kesici takımların mikrosertlik değerleri, beş farklı noktadan alınan ölçümlerin ortalamasının hesaplanması ile belirlenmiştir.



Şekil 2. Mikrosertlik Ölçüm Cihazı

E. TAKIM AŞINMASI VE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN ÖLÇÜLMESİ

Deneyler ACCUWAY marka JT 150 model CNC torna tezgâhında gerçekleştirilmiştir. Tornalama deneyleri, 0,6 mm kesme derinliği, 0,18 mm/dev ilerleme hızı ve 320, 360, 400 ve 440 m/dak olmak üzere dört farklı kesme hızlarında yapılmıştır. 10000 mm³ talaş kaldırılarak yapılan deneyler sonucunda kesici takımlardaki yan yüzey aşınma miktarlarının ölçülmesinde dijital mikroskop (Dino-Lite AM413ZT) kullanılmıştır.

Talaş kaldırılmış yüzeylerin yüzey pürüzlülüğü ölçümleri Taylor Hobson Surtronic 25 marka yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı kullanılarak yapılmıştır. İşlenen her bir yüzeyden 3'er adet yüzey pürüzlülüğü ölçümü alınmış ve bunların aritmetik ortalaması alınarak ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değerleri belirlenmiştir.

III. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

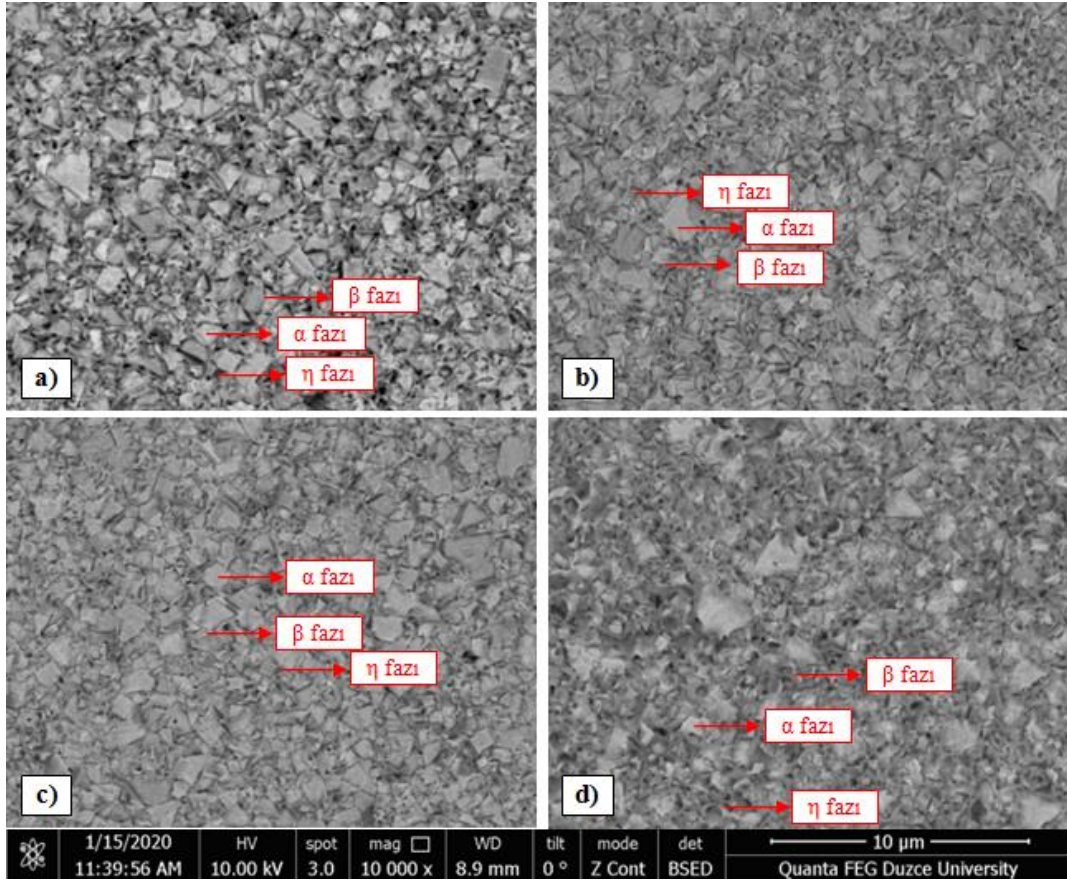
A. MİKROYAPI ANALİZİ

Tungsten karbür takımların mikro yapısında aşağıdaki farklı fazlar bulunur [16]:

- (a) α fazı: tungsten karbür (WC);
- (b) β fazı: kobalt bağlayıcı;

- (c) γ fazı: kübik kafes karbür; (TiC, TaC ve NbC vb.);
(d) η fazı: en az bir metal bağlayıcı ve tungsten karbür içeren çoklu karbürler.

Şekil 3'de tungsten karbür kesici takımların α , β ve η fazlarını gösteren mikro yapı fotoğrafları görülmektedir. Fotoğraflarda; tungsten karbür taneciklerinin çoğunluğunu içeren gri açısallı taneler α fazıdır. β fazı, daha küçük miktarda olan beyaz damar gibi bölgelerdir. η fazı ise kobalt tarafından kaplanmış ve koyu gri benekler olarak ortaya çıkan karbür tipidir. Kobalt bağlayıcılı karbürlerde $(Co_3W_3)C$ ve $(Co_6W_6)C$ olmak üzere iki eta fazı vardır. $(Co_3W_3)C$ fazı sinterleme işlemi süresince sıvı kobaltdaki tungsten karbürün devamlı çözünmesi yüzünden büyür ve çekirdeklenir. Kriyojenik işlem boyunca daha kaba ve rasgele dağıtılmış η fazı partikülleri en kararlı biçime inceler. Daha büyük tungsten karbür parçacıkları ile birlikte bu daha ince partiküller daha yoğun, daha uyumlu ve çok daha dayanıklı matris biçimini alır. η fazı karbürleri kriyojenik işlem uygulanmış takımlarda tokluk üzerine etki etmeksizin sertlik ve aşınma direncinde artış sağlar. Şekil 3 incelendiğinde, kriyojenik işlem uygulanmış tüm takımlarda η fazı oluşumları gözlenmektedir. Altan Özbek vd. [3] yaptıkları çalışmada tungsten karbür takımlarda kriyojenik işlem ile yeni η fazı karbürlerinin çökeldiğini rapor etmişlerdir. Benzer şekilde Reddy vd. [16] ve Seah vd. [24] de kriyojenik işlemten sonra yeni η fazı karbürlerinin çökeldiğini iddia etmişlerdir.

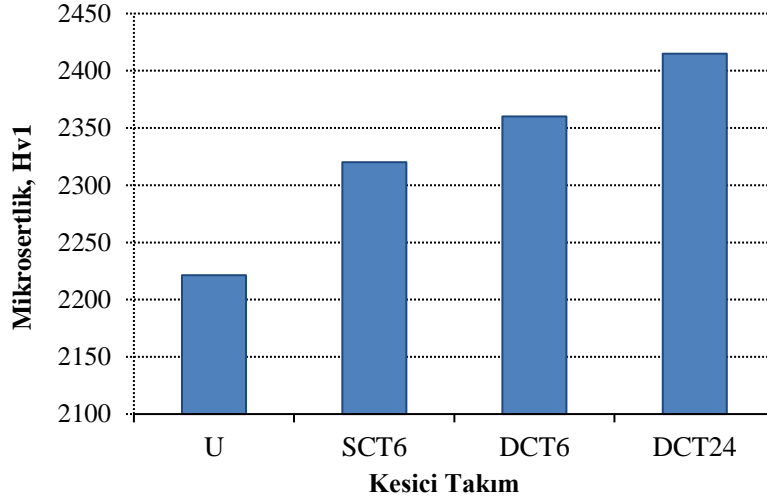


Şekil 3. Kesici Takımların 10000X Büyütmede Mikroyapı Fotoğrafları a) U, b) SCT6, c) DCT6, d) DCT24

B. MİKROSERTLİK ÖLÇÜMÜ

Seah ve diğerleri yaptığı çalışmalarda karbür uçlarda kriyojenik işlemin herhangi bir sertlik artışı sağlamadığını rapor etmişlerdir [24]. Oysa Moore ve Collins, bekleme süresinin sertlik üzerine etkisinin seçilen çeliklerin kimyasal bileşimine bağlı olduğunu ileri sürmüşlerdir [25]. Collins'e göre, kriyojenik işlem döngüsü boyunca ince karbürlerin çökmesi aşınma direnci ve takım tokluğunda bir artışa sebep olmakla beraber takım sertliğinde de küçük bir miktar artış sağlamaktadır [26]. Thakur ve arkadaşları da, az da olsa kriyojenik işlemin karbür uçların mikrosertliğinde artış sağladığını bildirmişlerdir [27].

Gill ve arkadaşları ise karbür uçlarda %5 oranda sertlik artışı gözlemlemişlerdir [28]. Altan Özbek ve diğerleri kaplamasız tungsten karbür takımlarda %6 oranda sertlik artışı meydana geldiğini bildirmişlerdir [4]. Benzer şekilde yapılan bu çalışmada da uygulanan kriyojenik işlem sonucu tungsten karbür kesici takımlarda bir miktar sertlik artışı sağlandığı gözlenmiştir. İşlemsiz ve farklı kriyojenik işlem uygulanmış kaplamalı tungsten karbür kesici takımların mikrosertlik ölçüm sonuçlarını gösteren grafik Şekil 4’de verilmiştir. Grafik incelendiğinde kriyojenik işlem uygulanmış tüm takımların işlemsiz takımdan daha yüksek sertliğe sahip olduğu görülmektedir. Bu duruma kriyojenik işlemin kesici takım mikro yapısında ikincil karbür çökmesi sağlamanın sebep olduğu düşünülmektedir. En yüksek sertlik artışı % 8,7 ile DCT24 takımında oluşmuştur. DCT6 ve SCT6 takımlarda ise % 6,2 ve % 4,4 oranlarda sertlik artışı gözlenmiştir.



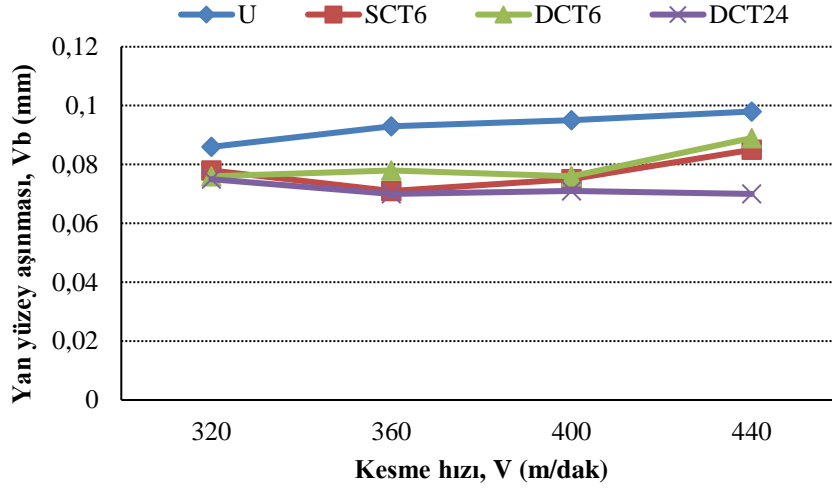
Şekil 4. Kesici Takımların Sertlik Değişimi

C. TAKIM AŞINMASI VE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ

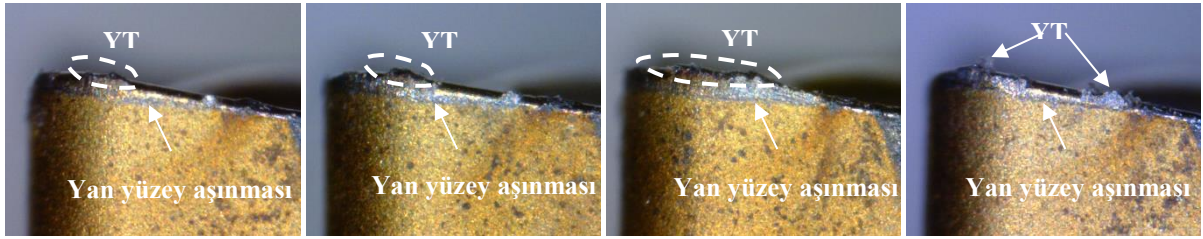
Şekil 5’de 0,18 mm/dev ilerleme hızında dört farklı kesme hızında yapılan tornalama işlemi sonucu kesici takımlarda oluşan aşınma değişim grafiği verilmiştir. Grafik incelendiğinde, tüm kesme hızlarında kriyojenik işlem uygulanmış takımların işlemsiz takımdan daha az aşındığı görülmektedir. Bu durum kriyojenik işlemin kesici takımın aşınma performansında artış sağladığının kanıtı niteliğindedir. Kriyojenik işlem uygulanmış takımların daha az aşınması, kriyojenik işlemin homojen karbür dağılımı ve ikincil karbür çökmesi sağlayarak kesici takımlara kazandırmış olduğu yüksek sertlik ve aşınma direnci ile ilişkilendirilmiştir. Kriyojenik işlem uygulanmış takımlar arasında en iyi aşınma performansını DCT24 takımı sergilemiştir. DCT24 takımın U takıma kıyasla %13-28 oranlarında daha az aşındığı tespit edilmiştir. DCT6 ile SCT6 takımlarının aşınma performansları birbirine yakındır. U takıma kıyasla, DCT6 takımı %9-20 oranlarda, SCT6 takımı %9-24 oranlarda daha az aşınmıştır. Literatürde, kriyojenik işlem ile Altan Özbek vd. [3] tungsten karbür takımlarda %29’e varan takım aşınmasında iyileşme ve Gill vd. [9] tungsten karbür takımlarda %25,53’lere varan, Firouzdor vd. [15], HSS takımlarda %126’ya varan takım ömrü artışı sağlandığını bildirmişlerdir. Kesme hızının kesici takım aşınması üzerinde belirgin bir etkisi görülmemekle birlikte bazı durumlarda artan kesme hızıyla birlikte kesici takımların yan yüzey aşınma miktarlarında da artış olduğu görülmektedir.

Şekil 6’da kesici takımların en yüksek kesme hızındaki yan yüzeylerinin fotoğrafları verilmiştir. Şekil incelendiğinde; tüm takımlarda yan yüzey aşınması olduğu görülmektedir. Yan yüzey aşınması; abrasiv aşınma mekanizması sonucu oluşan bir aşınma tipidir. Çoğunlukla iş parçası malzemesinden gelen sert parçacıklar iş parçası yüzeyi ile takım arasına geldiğinde taşlama işlemine benzer bir durum oluşur [29]. Kesici kenarın abrasiv aşınma mekanizmasına karşı direnç kabiliyeti, önemli ölçüde sertliğine bağlıdır. Diğer yandan tüm takımlarda da kesme kenarlarında yığıntı talaş (YT) olduğu

görülmekle beraber en fazla YT DCT6 takımında oluşmuştur. Kesme işleminde iş parçası malzemesinin, takımın talaş yüzeyine yapışması YT olarak bilinmektedir [30].

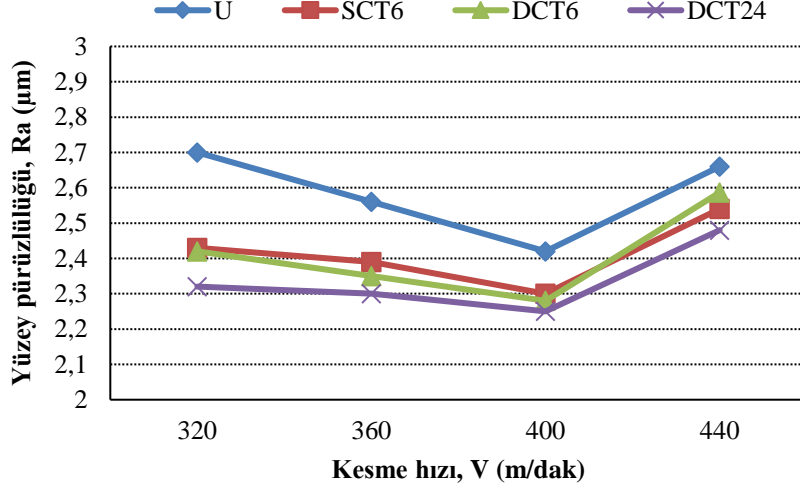


Şekil 5. Kesici Takımların Kesme Hızına Bağlı Yan Yüzey Aşınması Değişim Grafiği



Şekil 6. Kesici Takımların 440 m/dak Kesme Hızındaki Aşınma Fotoğrafları a) U, b) SCT6, c) DCT6, d) DCT24

Yüzey pürüzlülüğü değişim grafiği incelendiğinde aşınma grafiğinde olduğu gibi en yüksek Ra değerlerinin U takımla elde edildiği ve kriyojenik işlem uygulanmış tüm takımların U takımdan daha düşük Ra değerleri sergilediği görülmektedir (Şekil 7). Kriyojenik işlem uygulanmış takımlar arasında en iyi yüzey pürüzlülüğü değerleri DCT24 takımla elde edilmiştir. Bu durum DCT24 takımın daha iyi aşınma performansı sergileyerek daha az aşınmasıyla ilişkilendirilmiştir. U takıma kıyasla, DCT24, DCT6 ve SCT6 takımları sırasıyla % 7-14, %3-10 ve %5-10 oranlarında daha düşük yüzey pürüzlülüğü değerleri sergilemişlerdir. Literatürde, Kara ve Takmaz [12], Nas ve Özbek [14], Reddy vd. [16] kriyojenik işlem uygulanmış tungsten karbür takımlarla daha iyi yüzey pürüzlülüğü elde edildiğini bildirmişlerdir. Tüm kesici takımlarda 320 m/dak kesme hızından 400 m/dak kesme hızına kadar artan kesme hızıyla ölçülen yüzey pürüzlülüğü azalmış, kesme hızının 440 m/dak'ya artırılmasıyla ölçülen yüzey pürüzlülüğü değerleri de artmıştır. Tüm kesici takımlar için en iyi yüzey pürüzlülük değerleri 400 m/dak kesme hızında elde edilmiştir.



Şekil 7. Kesici Takımların Kesme Hızına Bağlı Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü Değişim Grafiği

IV. SONUÇ

Bu çalışmada AISI H11 sıcak iş takım çeliğinin 6 saat süre ile -80 °C’de sıg kriyojenik işlem, 6 saat süre ile -196 °C’de derin kriyojenik işlem ve 24 saat süre ile -196 °C’de derin kriyojenik işlem uygulanmış TiAlN+TiN kaplı tungsten karbür kesici takımlar ile tormalanmasında kriyojenik işlemin kesici takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir:

- Bekletme süresi ve sıcaklığı fark etmeksizin kriyojenik işlem kesici takımın sertliğinde artış sağlamıştır. En yüksek sertlik artışı %8,7 ile 24 saat süre ile derin kriyojenik işlem (-196 °C’de) uygulanmış takımda meydana gelmiştir. 6 saat süre ile derin kriyojenik işlem (-196 °C’de) uygulanmış takımda %6,2 ve 6 saat süre ile sıg kriyojenik işlem (-80 °C’de) uygulanmış takımda %4,4 oranda sertlik artışı oluşmuştur.
- Kriyojenik işlem TiAlN+TiN kaplı tungsten karbür kesici takımların aşınma direncinde artış sağlamıştır. Kriyojenik işlem uygulanmış tüm takımlar işlemsiz takımdan daha az aşınmıştır. En iyi aşınma performansı 24 saat süre ile derin kriyojenik işlem (-196 °C’de) uygulanmış takımda görülmüştür. İşlemsiz takıma kıyasla, DCT24, DCT6 ve SCT6 takımlarda sırasıyla %13-28, %9-20 ve %9-24 oranlarında daha aşınma meydana gelmiştir.
- Kesme hızının kesici takım aşınması üzerinde belirgin bir etkisi görülmemekle birlikte bazı durumlarda artan kesme hızıyla birlikte kesici takımların yan yüzey aşınma miktarlarında artış meydana gelmiştir.
- Tüm takımlarda abrasiv aşınma mekanizmasının sebep olduğu yan yüzey aşınması oluşmuş ve tüm kesici takımların kesme kenarında adhesiv aşınma mekanizmasının sebep olduğu yığıntı talaş aşınma tipi oluşmuştur. 6 saat süre ile derin kriyojenik işlem (-196 °C’de) uygulanmış takımda oluşan yığıntı talaş boyutu diğer takımlara kıyasla daha büyüktür.
- Kriyojenik işlem uygulanmış takımlar işlemsiz takımdan daha iyi yüzey pürüzlülüğü değerleri sergilemiştir. U takıma kıyasla, DCT24, DCT6 ve SCT6 takımları sırasıyla % 7-14, %3-10 ve %5-10 oranlarında daha düşük yüzey pürüzlülüğü değerleri sergilemişlerdir. Tüm kesici takımlar için en iyi yüzey pürüzlülük değerleri 400 m/dak kesme hızında elde edilmiştir.

TEŞEKKÜR: Bu çalışma, Düzce Üniversitesi BAP-2016.22.01.435 numaralı Bilimsel Araştırma Projesiyle desteklenmiştir.

V. KAYNAKLAR

- [1] S. Kalia, “Cryogenic Processing: A Study of Materials at Low Temperatures,” *Journal of Low Temperature Physics*, c. 158, ss. 934–945, 2010.
- [2] P. Paulin, *Frozen Gears*, Gear Technology, 1993, ss. 26-29.
- [3] N.A. Özbek, A. Çiçek, M. Gülesin and O. Özbek, “Investigation of the Effects of Cryogenic Treatment Applied at Different Holding Times to Cemented Carbide Inserts on Tool Wear,” *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, c. 86, ss. 34-43, 2014.
- [4] N.A. Özbek, A. Çiçek, M. Gülesin and O. Özbek, “Effect of Cutting Conditions on Wear Performance of Cryogenically Treated Tungsten Carbide Inserts in Dry Turning of Stainless Steel,” *Tribology International*, c. 94, ss. 223-233, 2016.
- [5] S.S. Gill, R. Rupinder Singh, H. Singh and J Singh, “Wear Behaviour of Cryogenically Treated Tungsten Carbide Inserts Under Dry and Wet Turning Conditions,” *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, c. 49, ss. 256–260, 2009.
- [6] S. Zhirafar, A. Rezaeian and M. Pugh, “Effect of Cryogenic Treatment on the Mechanical Properties of 4340 Steel,” *Journal of Materials Processing Technology*, c. 186, ss. 298–303, 2007.
- [7] Akhbarizadeh, A. Shafyei and M.A. Golozar, “Effects of Cryogenic Treatment on Wear Behavior of D6 Tool Steel,” *Materials and Design*, c. 30, ss. 3259–3264, 2009.
- [8] J. Yong and C. Ding, “Effect of Cryogenic Treatment on WC–Co Cemented Carbides,” *Materials Science and Engineering: A*, c. 528, s. 3, ss. 1735-1739, 2011.
- [9] S.S. Gill, J. Singh, H. Singh and R. Singh, “Investigation on Wear Behaviour of Cryogenically Treated TiAlN Coated Tungsten Carbide Inserts in Turning,” *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, c. 51, ss. 25-33, 2011.
- [10] S. Akıncıoğlu, H. Gökkaya and İ. Uygur, “The Effects of Cryogenic-Treated Carbide Tools on Tool Wear and Surface Roughness of Turning of Hastelloy C22 Based on Taguchi Method,” *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, c. 82, s. 1-4, ss. 303-314, 2016.
- [11] N. Altan Özbek and O. Özbek, “Tungsten Karbür Takımlarda Kriyojenik İşlem Sıcaklığının Takım Aşınması Üzerine Etkileri,” *II. INES Uluslararası Akademik Araştırmalar Kongresi*, 18-21 Ekim 2017, Alanya, Türkiye.
- [12] Kara and A. Takmaz, “Optimization of Cryogenic Treatment Effects on the Surface Roughness of Cutting Tools,” *Materials Testing*, c. 61, s. 11, ss. 1101-1104, 2019.
- [13] N.A. Özbek, A. Çiçek, M. Gülesin and O. Özbek, “Application of Deep Cryogenic Treatment to Uncoated Tungsten Carbide Inserts in the Turning of AISI 304 Stainless Steel,” *Metallurgical and Materials Transactions A*, c. 47, s. 12, ss. 6270-6280, 2016.
- [14] E. Nas and N. A. Özbek, “Optimization of the Machining Parameters in Turning of Hardened Hot Work Tool Steel Using Cryogenically Treated Tools,” *Surface Review and Letters*, 1950177, 2019.
- [15] V. Firouzdor, E. Nejati and F. Khomamizadeh, “Effect of Deep Cryogenic Treatment on Wear Resistance and Tool Life of M2 HSS Drill,” *Journal of Materials Processing Technology*, c. 206, ss. 467-472, 2008.

- [16] T. V. S. Reddy, T. Sornakumar, M. V. Reddy and R. Venkatram, "Machinability of C45 Steel with Deep Cryogenic Treated Tungsten Carbide Cutting Tool Inserts," *International Journal of Refractory Metals & Hard Materials*, c. 27, s. 1, ss. 181-185, 2009.
- [17] M. Karabatak ve F. Kara, "AISI D2 Soğuk İş Takım Çeliğinin Sert Tornalanmasında Yüzey Pürüzlülüğünün Deneysel Optimizasyonu," *Politeknik Dergisi*, c. 19, s. 3, ss. 349-355, 2016.
- [18] A. Çiçek, T. Kıvak, Y. Turgut, İ. Uygur ve E. Ekici, "Derin Kriyojenik İşlemin Kesme Kuvvetleri, Delik Çapları ve Takım Ömrü Üzerine Etkileri," In 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), Mayıs 2011, Elazığ, Türkiye.
- [19] T. Kıvak ve U. Şeker, "Ti-6AL-4V Alaşımının Delinmesinde M42 HSS Takımlara Uygulanan Kriyojenik İşlemin Delik Kalitesi Üzerindeki Etkileri," *7. Uluslararası Talaşlı İmalat Sempozyumu*, 3-5 Kasım 2016, İstanbul, Türkiye.
- [20] T. Kıvak ve U. Şeker, "Ti-6AL-4V Alaşımının Delinmesinde Tungsten Karbür Takımlara Uygulanan Kriyojenik İşlemin Eksenel Kuvvet VE Moment Üzerindeki Etkileri," *17. Uluslararası Makina Tasarım ve İmalat Kongresi*, 12-15 Temmuz 2016, Bursa, Türkiye
- [21] G. Uzun, S. Yağmur, İ. Korkut ve U. Şeker, "Hastelloy X Süper Alaşımının Tornalanmasında Kriyojenik İşlem Uygulanan PVD Ve CVD Kaplamalı Takımların Performansının İncelenmesi," *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, c. 5, s. 2, ss. 231-239, 2017.
- [22] N.A. Özbek, A. Çiçek, M. Gülesin and O. Özbek, "Investigation of the Effects of Holding Times at Cryogenic Temperatures on Surface Roughness and Cutting Forces in Machining of Stainless Steel," *In UMTİK International Conference On Machine Design and Production*, 12-15 Temmuz 2016, Bursa, Türkiye.
- [23] N.A. Özbek, A. Çiçek, M. Gülesin and O. Özbek, "AISI 316 Çeliğinin Tornalanmasında Kaplamalı Karbür Takımlara Uygulanan Kriyojenik İşlemin Takım Aşınması VE Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkileri," *7. Uluslararası Talaşlı İmalat Sempozyumu*, 3-5 Kasım 2016, İstanbul, Türkiye.
- [24] K.H.W. Seah, M. Yong and K.H. Rahman, "Performance Evaluation of Cryogenically Treated Tungsten Carbide Cutting Tool Inserts," *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, c. 217, s. 1, ss. 29-43, 2003.
- [25] K.E. Moore and D.N. Collins, "Cryogenic Treatment of Three Heat-treated Tool Steels," *Key Engineering Materials*, c. 86, ss. 47-54, 1993.
- [26] D.N. Collins, "Deep Cryogenic Treatment of Tool Steels: a Review," *Heat Treatment of Metals*, c. 2, ss. 40-42, 1996.
- [27] D. Thakur, B. Ramamoorthy and L. Vijayaraghavan, "Influence of Different Post Treatments on Tungsten Carbide-Cobalt Inserts," *Materials Letters*, c. 62, ss. 4403-4406, 2008.
- [28] S.S. Gill, J. Singh, H. Singh and R. Singh, "Metallurgical and Mechanical Characteristics of Cryogenically Treated Tungsten Carbide (WC-Co)," *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, c. 58, ss. 119-131, 2012.
- [29] M.C. Çakır, *Modern Talaşlı İmalatın Esasları*, Bursa: Vipaş A.Ş., 1999.
- [30] Y. Özçatalbaş, "Chip and Built-Up Edge Formation in the Machining of in Situ Al4C3-Al composites," *Materials and Design*, c. 24, s. 3, ss. 215-221, 2003.