



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

AISI T15 Çeliğinin İşlenmesinde PVD TiAlN + Al₂O₃ ve CVD TiCN+TiN Kaplama Performansının Araştırılması

 İsmail TEKAÜT^{a,*}

^a Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Teknik Bilimler MYO, Gazi Üniversitesi, Ankara, TÜRKİYE

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: ismailt@gazi.edu.tr

DOI: 10.29130/dubited.555889

ÖZET

Bu çalışmada, 45 HRC sertliğinde aşınma dayanımı yüksek olan AISI T15 yüksek hız çeliği, PVD yöntemiyle TiAlN+Al₂O₃ ve CVD yöntemiyle TiCN+TiN kaplanmış karbür kesici takımlarla tormalanmıştır. Kesme derinliğinin (1,5 mm) sabit tutulduğu deneyler, dört farklı kesme hızı (60, 80, 140 ve 200 m/dak) ile üç farklı ilerleme miktarı (0,1, 0,3 ve 0,6 mm/dev) kombinasyonlarında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kesme parametreleri ve kaplama türünün yüzey pürüzlülüğüne etkisi araştırılmıştır. Düşük ilerleme miktarında (0,1mm/dev) PVD TiAlN+Al₂O₃ kaplamalı kesici takımlar CVD TiCN+TiN kaplamalı kesici takımlardan daha iyi performans sergilemiştir. Fakat ilerleme miktarının 0,6 mm/dev olduğunda, CVD TiCN+TiN kaplamalı kesici takımlar PVD TiAlN+Al₂O₃ kaplamalı kesici takımlardan daha iyi performans sergilemişlerdir. Bu durumun kesici takımların kaplama malzemesinin özelliklerine yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tormalama, PVD TiAlN+Al₂O₃, CVD Ti CN+ TiN, Kesme parametreleri, Yüzey Pürüzlülüğü.

Investigation of PVD TiAlN+Al₂O₃ and CVD TiCN+TiN Coating Performance in AISI T15 Steel Processing

ABSTRACT

In this study, AISI T15 high speed steel with high abrasion resistance of 45 HRC was turned into TiCN+TiN coated carbide cutting tools with TiAlN+Al₂O₃ and CVD method by PVD method. Experiments that kept constant the cutting depth (1.5 mm) was conducted combination of four different cutting speeds (60, 80, 140 and 200 m / min) and three different feed rates (0.1, 0.3 and 0.6 mm / rev). In this study, the effect of cutting parameters and coating type on surface roughness was investigated. PVD TiAlN+Al₂O₃ coated cutting tools were performed better than CVD TiCN+TiN coated cutting tools in low feed rate (0.1mm / rev). But, when the amount of progression was 0.6 mm / rev, CVD TiCN+TiN coated cutting tools were performed better than PVD TiAlN+Al₂O₃ coated cutting tools coated cutting tools in low feed rate (0.1mm / rev). This situation is interpreted to the properties of the coating material of the cutting tools.

Keywords: Turning, PVD TiAlN+Al₂O₃, CVD TiCN+TiN, Cutting parameters, Surface roughness.

I. GİRİŞ

AISI T15 çeliği yüksek sertlikte ve işlenebilirlik derecesi düşük olan çelikler arasında ilk sıralarda yer almaktadır. Çeliğinin sert ve ısı dayanımlı matrix yapısı ve aşınmaya karşı dayanımı yüksek karbürlerden oluşması işlenebilirlikte problemler ortaya çıkarmaktadır [1]. Bu sebeple AISI T15 çeliğinin şekillendirilmesinde ideal işleme şartlarının belirlenmesi birçok açıdan önemlidir. Çelik malzemeler için ideal işleme şartlarının belirlenmesi için çok sayıda çalışmalar yapılmıştır. Tekaslan vd., AISI 304 Östenitik paslanmaz çeliğini işlemişler ve yüzey pürüzlülüğünü artışında en etkili parametrenin ilerleme miktarı olduğunu, kesici takım üzerinde yığma talaş oluşumunun da (BUE) yüzey pürüzlülüğünü artırdığını vurgulamışlardır [2]. Bilgin vd., AISI 6150 çeliğini işlemişler ve talaş şekillerinin oluşumunda en etkili parametrenin ilerleme miktarı olduğunu tespit etmişlerdir. İlerleme miktarı artışının gerilmelerin artmasına yol açtığını ve erken talaş kırılmalarının olduğunu gözlemlemişlerdir. Talaş şekillerinin değişiminde kesici takım kaplama malzemesinin etkili olduğunu vurgulamışlardır [3]. Kara vd., AISI 316L malzemesini CVD Al_2O_3 ve $TiCN+Al_2O_3+TiN$ kaplamalı takımlarla işlemişlerdir. $TiCN+Al_2O_3+TiN$ kaplamalı takımlarla helisel şekilde, Al_2O_3 kaplamalı takımlarla konik helisel şekilde talaş oluşturduğunu tespit etmişler ve bu durumu, kaplama malzemelerinin farklılıklarına yorumlamışlardır. Düşük ısı iletkenliğine sahip kaplama malzemesinin daha kıvrımlı talaşların oluşmasına neden olduğunu belirtmişlerdir. Düşük ilerleme miktarlarında, Al_2O_3 kaplamanın, yüksek ilerleme miktarlarında ise $TiCN+Al_2O_3+TiN$ kaplamanın oluşturduğu talaş adımının yüksek değerlerde olduğunu açıklamışlardır [4]. Boy vd., AISI 52100 malzemesini TiN kaplamalı CBN kesici takımla tormalamışlardır. İlerleme miktarı artışıyla yüzey pürüzlülüğünün arttığını belirtmişlerdir [5]. El Hakim vd., 52 HRC sertliğine sahip AISI T15 ve AISI D2 çelik malzemeleri $TiC/TiCN/Al_2O_3$ kaplamalı takımlarla tormalamışlardır. AISI T15 işlenmesi esnasında kesme sıcaklığının düşük ilerleme miktarlarında (0.0125-0.05 mm/dev) 250-380°C arasında, ilerleme miktarının 0.1mm/dev çıkmasıyla sıcaklığın 720°C olduğunu tespit etmişlerdir [6]. Akira Hosokawa vd., PVD kaplama yöntemiyle $TiCN$ ve VN kaplamalı kesici takımlarla ISO X30Cr13 paslanmaz çelik malzemesini işlemişlerdir. $TiCN$ kaplamalı kesici takımın iyi derecede sertlik ve yapışma direnci sergilediğini gözlemlemişlerdir [7]. M. Pellizzari, PVD CrN , $TiAlN$, $TiCN$ ve CVD $TiC+TiN$ kaplamaların aşınma performansını araştırmıştır. CVD yöntemiyle $TiC-TiN$ kaplamanın PVD kaplamadan daha iyi aşınma direnci sergilediğini vurgulamıştır [8]. Nilsson vd., CVD- TiC kaplamanın, PVD- $CrC/C, CrN, Ti, Al$ kaplamaların tribolojik özelliklerini araştırmışlardır. PVD yöntemiyle CrC / C kaplamanın CVD yöntemiyle TiC kaplamaya göre düşük malzeme yapışmasının olduğunu ve düşük sürtünme kat sayısına sahip olduğunu tespit etmişlerdir [9]. S. Saketi vd., CVD $Ti(C,N)-Al_2O_3-TiN$ ve PVD $(Ti,Al)N-(Al,Cr_2)O_3$ kaplamaların aşınma davranışlarını incelemişlerdir. CVD kaplamalı takımlarda malzeme yapışması ve çukurların nano ölçekte, PVD kaplamalı takımlarda ise mikron ölçekte olduğunu gözlemlemişlerdir [10]. Naskar vd., CVD $TiCN/TiC$, Al_2O_3/TiC kaplamalı ve PVD $TiAlN$ kaplamalı kesici takımlarla C20 ve C80 çelik malzemeleri tormalamışlardır. CVD $TiCN/TiC$, Al_2O_3/TiC kaplamalı kesici takımlarda oluşan aşınmanın PVD $TiAlN$ kaplamalı kesici takımlardan daha fazla olduğunu gözlemlemişlerdir [11]. Denis Boing vd., AISI 4340, AISI 52100 ve AISI D2 çelikleri PVD $TiAlN$ kaplama ile CVD $TiCN/Al_2O_3/TiN$ kaplamalı takımlarla işlemişlerdir. AISI 4340 çeliğinin PVD $TiAlN$ kaplamalı kesici takımlarla, AISI 52100 ve D2 çeliğinin işlenmesinde CVD $TiCN/Al_2O_3 / TiN$ kaplamalı kesici takımların daha iyi takım ömrü sergilediklerini tespit etmiştir. Karbür dağılımı ve miktarının daha çok olduğu çeliklerin işlenmesinde CVD $TiCN/Al_2O_3/TiN$ kaplamanın daha iyi sonuçlar verdiğini vurgulamışlardır. Fakat PVD $TiAlN$ kaplamalı kesicilerin 55 HRC sertliğe sahip malzemelerin işlenmesinde daha iyi takım ömrü sergilediğini gözlemlemişlerdir. Kesici takımlarda kaplama aşınmasının talaş yapışma miktarı ve işleme süresiyle bağlantılı olduğunu vurgulamışlardır [12]. Koseki vd., tavlanmış $Ti-6Al-4V$ alaşımını PDV yöntemiyle TiN kaplamalı ve kaplamasız karbür kesicilerle tormalamışlardır. TiN kaplamanın hasar oranının kaplamasız karbür kesici takımlardan daha fazla olduğunu gözlemlemişlerdir. Bunun nedenini, kaplama malzemesine talaş yapışmaların neden olduğunu vurgulamıştır [13]. Koseki vd., Ni bazlı süper alaşım malzemesini CVD ve PVD yöntemiyle TiN kaplanmış kesici takımlarla işlenmişlerdir. CVD yöntemiyle kaplanmış takımların aşınma dirençlerinin PVD yöntemiyle kaplanmış takımlardan daha iyi olduğunu vurgulamışlardır. PVD yöntemiyle yapılan kaplamaların 800 °C'nin üstünde özelliğini kaybettiğini, CVD yöntemiyle kaplamalarda ise 800°C üstü sıcaklıklarda sertliğini koruduğunu gözlemlemişlerdir [14]. N. Michailidis,

Ti6Al4V malzemesini PVD AlTiN kaplamalı ve kaplamasız kesici takımlarla işlemiştir. Yüksek kesme hızlarında kaplamalı takımların aşırı yüksek gerilmeler nedeniyle performanslarında düşüş olduğunu belirtmiştir [15]. Turgay Kıvak, Hadfield çeliğini PVD TiAlN (1600 Hv) ve CVD TiCN/Al₂O₃ (1350 Hv) kaplamalı kesici takımlarla işleyerek kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisini araştırmıştır. CVD TiCN/Al₂O₃ kaplamalı takımlarda düşük ısı iletkenliği nedeniyle daha az aşınmanın olduğunu, ilerleme miktarı ve kesme hızı artışının takım aşınmasında en önemli faktör olduğunu belirtmiştir. CVD TiCN/Al₂O₃ kaplamalı kesicilerle daha iyi yüzey kalitesi elde ettiğini vurgulamaktadır [16]. B. Koyilada vd., Nimonic C-263 malzemesini CVD TiCN/Al₂O₃ ve PVD TiAlN/TiN kaplamalı kesicilerle işlemişlerdir. PVD kaplamalı kesici takımların 50-90 m/dak kesme hızlarında, CVD kaplamalı kesici takımların ise 60 m/dak kesme hızında iyi performans gösterdiğini tespit etmişlerdir [17]. Ginting vd., AISI 4340 (48 HRC) malzemesini CVD-(TiN/Al₂O₃/TiCN) ve PVD (TiCN) kaplamalı kesici takımlarla tormalamışlardır. Yüksek kesme hızlarında PVD (TiCN) kaplamalı kesici takımların CVD-(TiN/Al₂O₃/TiCN) kaplamalı takımlardan daha uzun takım ömrü sergilediğini gözlemlemişlerdir. TiCN kaplamanın 115 m/dak kesme hızı ile 0.10, 0.12, ve 0.14 mm/dev ilerleme miktarı kombinasyonlarında kesme sıcaklığının 735–889°C arasında olduğunu, CVD kaplamanın PVD kaplamadan %78–125 m³/dak oranında fazla talaş kaldırdığını ölçmüşlerdir. CVD kaplamalı kesicilerin PVD kaplamalı kesicilere göre daha kısa işleme zamanı olan işlemlerde kullanılmasını, CVD TiN/Al₂O₃/TiCN kaplamalı kesicilerin sert metal tormalamada kullanılmasını önermişlerdir. CVD-(TiN/Al₂O₃/TiCN) kaplamalı kesicilerle 0.8–1.6 µm, PVD (TiCN) kaplamalı kesicilerle 1.6–3.2 µm değerleri arasında yüzey pürüzlüğü elde edilebileceğini belirtmişlerdir [18]. P. Schlund vd., TiAlN-PVD ve TiN-TiCN-TiN CVD kaplamaların kesme performanslarını karşılaştırmışlar ve ilerleme miktarı artıka TiAlN kaplamanın daha iyi performans sergilediğini vurgulamışlardır [19]. Kolla Meheresh Gupta vd., PVD yöntemiyle TiN, AlCrN ve TiAlN kaplanan kesici takımlarla C45 malzemesini işlemişlerdir. TiAlN kaplamalı kesici takımların TiN, AlCrN kaplamalı kesici takımlardan daha uzun takım ömrüne sahip olduğunu gözlemlemişlerdir. Bu durumu, TiAlN kaplamanın daha sert oluşuna, yağlama ve yapışma önleyici özelliğine yorumlamışlardır [20]. L.A. Dobrzański vd., Si₃N₄ nitrit seramikleri PVD TiN+TiAlSiN+AlSiTiN ve CVD Al₂O₃+TiN kaplama malzemesiyle kaplamışlardır. CVD Al₂O₃+TiN kaplamanın PVD TiN+TiAlSiN kaplamaya göre yüksek aşınma direnci ve yüksek yapışma direncinin olduğunu belirtmişlerdir. CVD kaplamada daha az aşınmanın olduğunu vurgulamışlardır [21]. Yapılan çalışmalardan, kesici takım kaplama malzemesi, kaplama yöntemi ve kesme parametrelerinin işlem performansı için oldukça önemli olduğu anlaşılmaktadır. Dolayısıyla, bu çalışmada 45 HRC sertliğinde aşınma dayanımı yüksek olan AISI T15 yüksek hız çeliği, PVD yöntemiyle TiAlN+Al₂O₃ ve CVD yöntemiyle Ti(CN), TiN kaplanmış karbür kesici takımlarla tormalanmıştır. İşlem sonrası yüzey pürüzlülük değerleri ölçülmüş ve yüzey pürüzlüğü, kaplama malzemesi ve kesme parametreleri arasındaki bağlantı araştırılmıştır.

II. MATERİYAL ve YÖNTEM

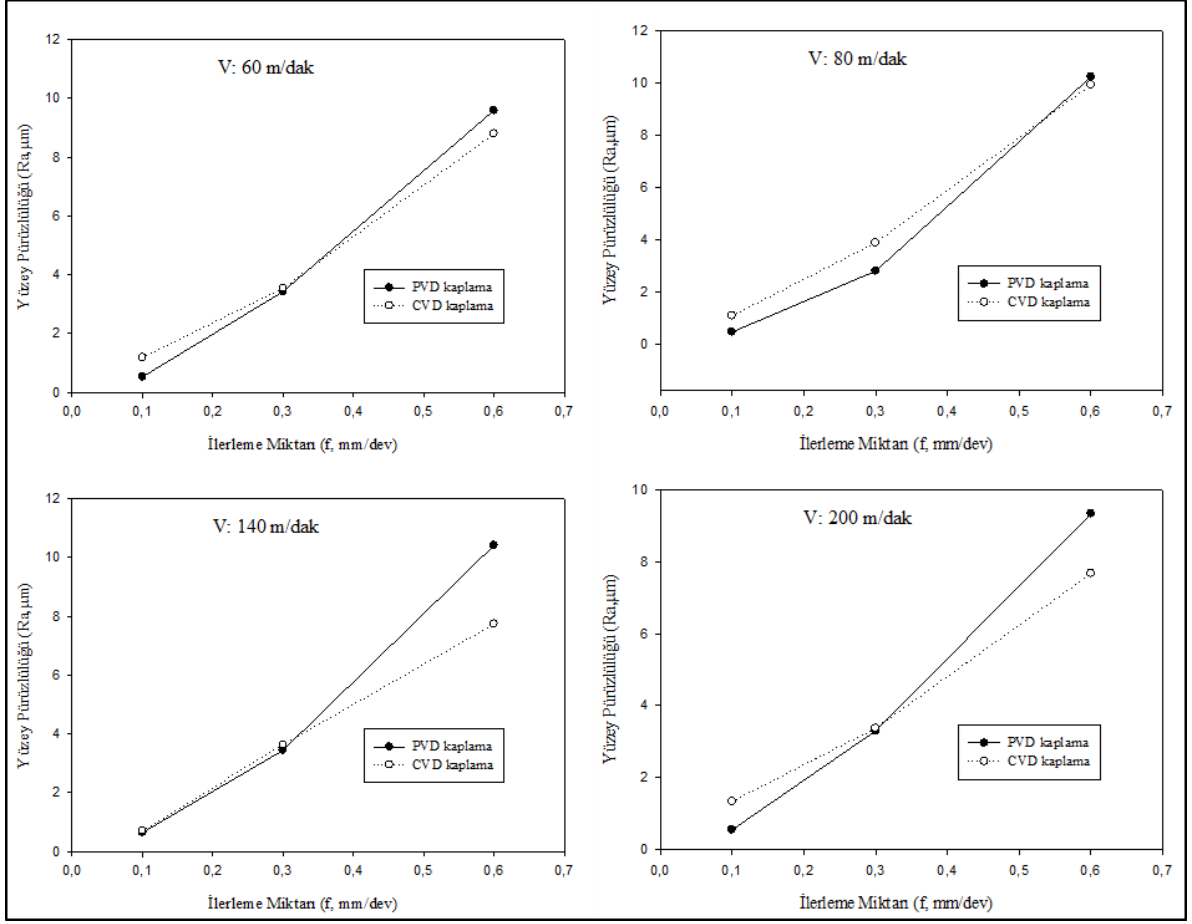
Deneyel çalışmada 45 HRC sertliğine sahip AISI T15 çeliği kullanılmıştır. Kimyasal bileşimi, %67,5-73,5 Fe, %1,50-1,60 C, %0,15-0,40 Si, %0,15-0,40 Mn, %3,75-5,00 Cr, %1,00 Mo, %4,75-5,25 Co, %4,50-5,25 V, %11,75-13,00 W, %0-0,3 Ni, %0-0,25 Cu, %0-0,030 P, %0-0,030 S'den oluşmaktadır. Deney numuneleri 50 mm çapında ve 40 mm tormalama boyunda tormalanmıştır. Deneyler DOOSAN PUMA280LM marka ve Fanuc Oi-TC CNC kullanım ünitesine sahip torna tezgahında yapılmıştır. Deneylerde DNMG 150608-NR4 WSM20 (PVD TiAlN+Al₂O₃ kaplama) ile DNMG 150608-QM 235 (CVD TiCN+TiN kaplama) kesici takımlar kullanılmıştır. Kesici takım özellikleri Çizelge 1'de verilmiş olup, her bir deneyde yeni kesici takım kullanılmıştır. Çalışmada DDJNL2525M1504 kodlu takım tutucu kullanılmıştır. Kesme parametreleri kesici takım üretici kataloğundan önerilen kesme hızlarının bir alt ve bir üst değerleri alınarak 60, 80, 140 ve 200 m/dak, ilerleme miktarları için 0.1, 0.3, ve 0.6 mm/dev seçilmiştir. Tüm deneylerde 1,5 mm kesme derinliği sabit tutulmuş olup, işlenen iş parçalarının yüzeylerinden Mitutoya SJ 210 marka ölçüm cihazıyla üç farklı noktadan Ra değerleri ölçülmüş ve aritmetik ortalamaları alınmıştır. İşlem sonrası kesici takım fotoğrafları RoHS marka dijital mikroskopla alınmıştır.

Tablo 1. Kesici takım özellikleri

Kodu	Kaplama	Isı iletim katsayısı	Köşe Açısı
DNMG150608-NR4 WSM20S	PVD TiAlN + Al ₂ O ₃	7.5 W/mK	55°
DNMG150608-QM	CVD TiCN+TiN	25 W/mK	55°

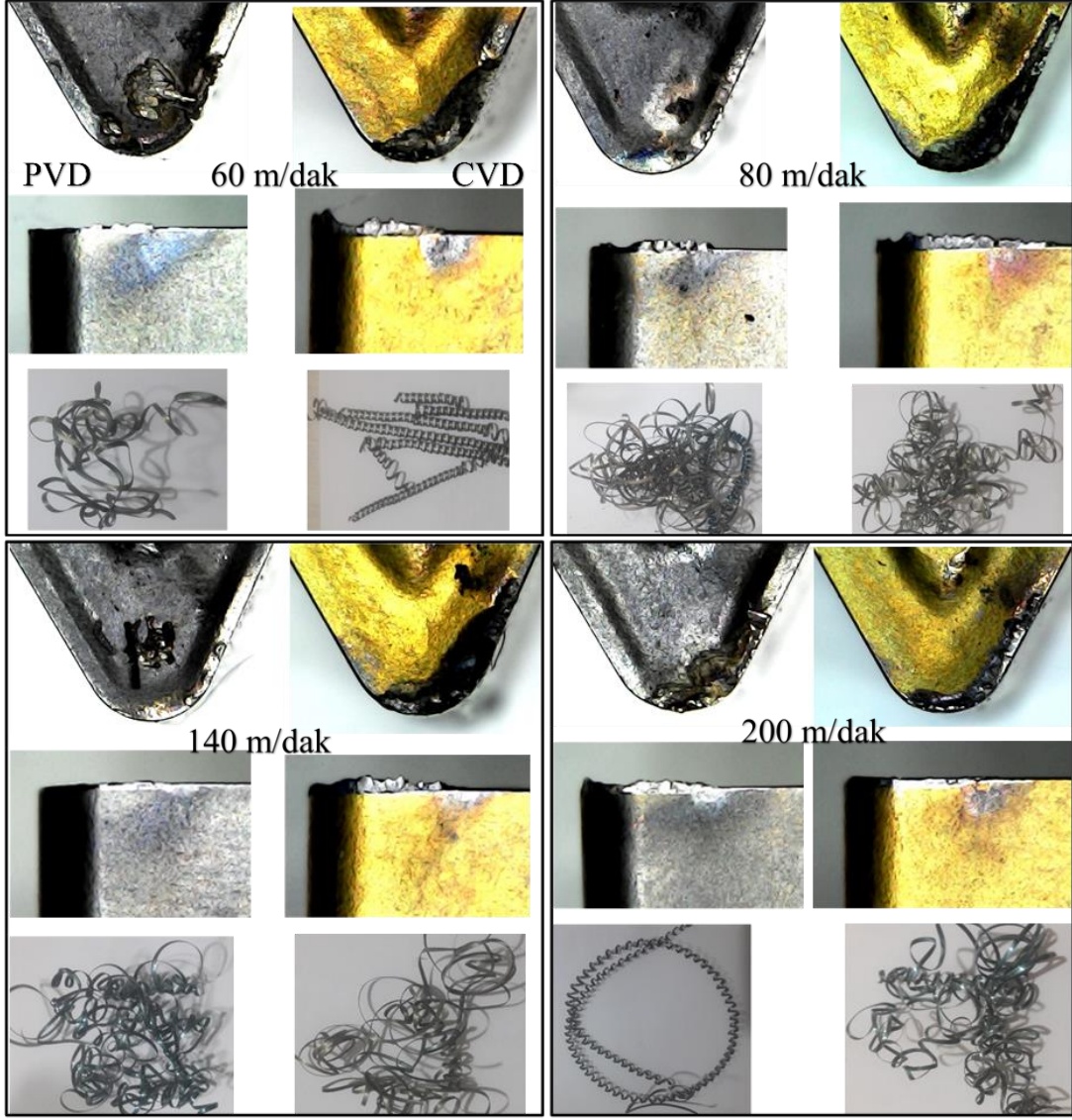
III. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

DeneySEL çalışmada, AISI T15 çeliği CVD TiCN+TiN ve PVD TiAlN+Al₂O₃ Kaplamalı karbür kesici takımlarla işlenmiştir. Tornalama işlemi sonrası yüzey pürüzlülüğü ölçümleri yapılmış olup, elde edilen veriler Şekil 1’de grafiklere dönüştürülmüştür. Şekil 1’deki grafikler incelendiğinde, PVD TiAlN+Al₂O₃ ve CVD TiCN+TiN kaplamalı takımlarla yapılan işlemlerde ilerleme miktarı artışı yüzey pürüzlülüğünün artmasına neden olmuştur. Bu durum; artan ilerleme miktarının birim zamanda kaldırılan talaş hacmini artırmasıyla artan kesme kuvvetlerinin yüzey pürüzlülüğünü artmasına atfedilebilir. İlerleme miktarı artışıyla yüzey pürüzlülüğündeki artış, beklenen bir durum olup literatür çalışmalarıyla benzerlik arz etmektedir. 0,1 mm/dev ilerleme miktarında PVD TiAlN+Al₂O₃ kaplamalı kesicilerle elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerleri CVD TiCN+TiN kaplamalı kesicilerle elde edilenlerden daha az olmuştur. Bu durum; PVD TiAlN+Al₂O₃ kaplamasının CVD TiCN+TiN kaplamasına göre daha düşük ısı iletim katsayısına (ısı iletkenlik Al₂O₃ için 7.5 W/mK), CVD TiCN+TiN ve (TiN için 25 W/mK) ve talaş yapışma direncinin yüksekliğine atfedilebilir. AISI T15 çeliğinin TiC/TiCN/Al₂O₃ kaplamalı takımlarla işlenmesi esnasında kesme sıcaklığı düşük ilerleme miktarlarında (0,0125-0,05 mm/dev) 250-380°C arasında iken, ilerleme miktarı 0.1mm/dev olduğunda sıcaklık 720°C’dir [6]. Ayrıca PVD yöntemiyle kaplanan kesici takımlar 800°C’ye kadar performansında düşüş göstermemektedir ve genelde yüzey bitirme işlemlerinde ve kısa süreli işlemlerde tercih edilmektedir. CVD yöntemiyle kaplanan kesici takımlar ise 1000°C üstü sıcaklıklarda dahi performanslarını korumakta ve daha uzun süreli işlemlerde tercih edilmektedir [6-21]. Dolayısıyla 0,1 mm/dev ilerleme miktarı ve tüm kesme hızı kombinasyonlarında PVD TiAlN+Al₂O₃ kaplamalı kesici takımlarla yapılan işlemlerde kesme bölgesi sıcaklığının düşük olması, PVD yöntemiyle kaplanan kesici takımların 800°C’ye kadar özelliğini koruması, Al₂O₃ kaplamanın düşük ısı iletim katsayısı ve talaş yapışma direnci yüksekliğinden dolayı yüzey pürüzlülüğü değerlerinin CVD TiCN+TiN kaplamalı takımlarla yapılan işlemlerde elde edilen değerlerden daha düşük olmasına yol açmıştır.

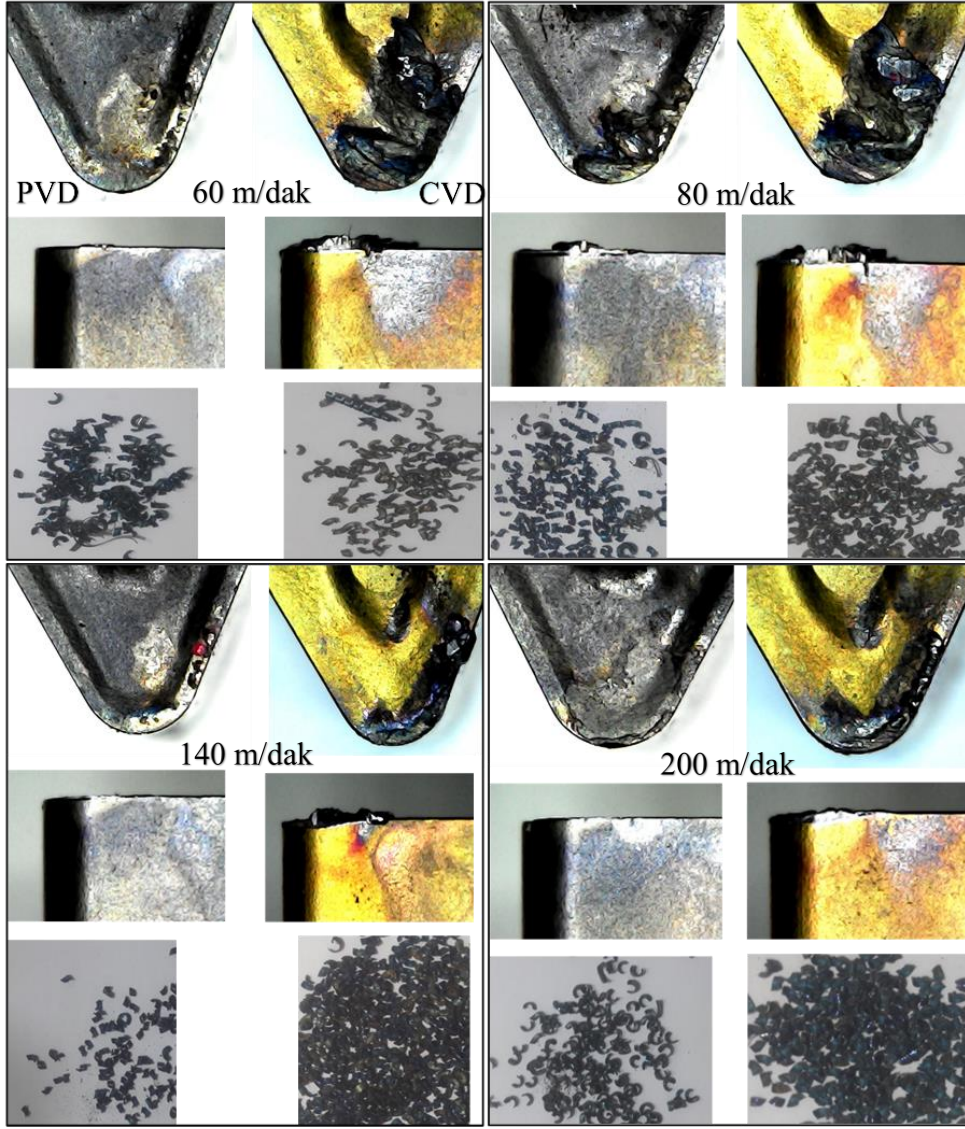


Şekil 1. Kesme hızı ve ilerleme miktarı kombinasyonlarında oluşan yüzey pürüzlülüğü

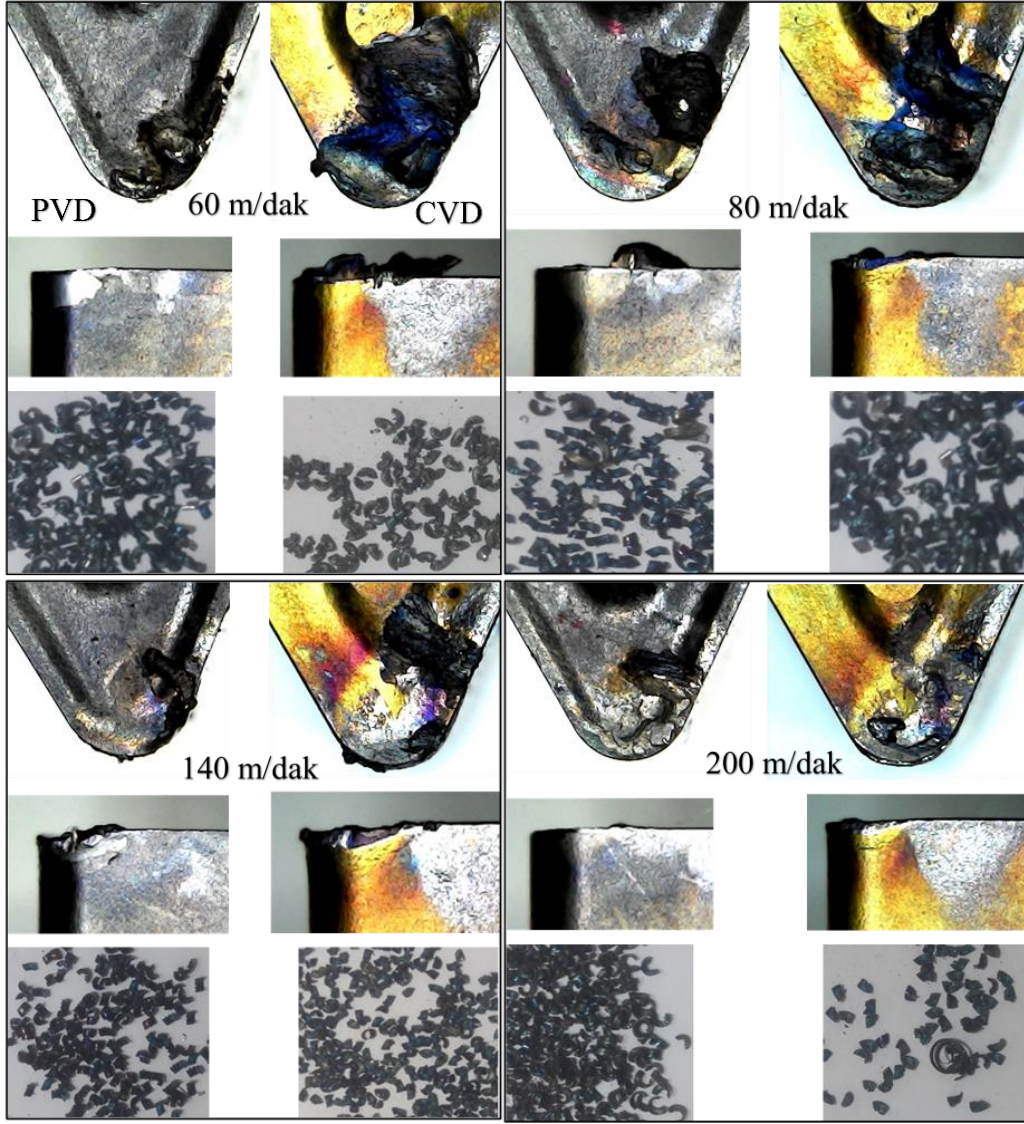
İlerleme miktarı 0,3 mm/dev olduğunda, PVD TiAlN+Al₂O₃ ve CVD TiCN+TiN kaplamalı kesici takımlarla elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri birbirine çok yaklaşmış, ilerleme miktarının 0,6 mm/dev olmasıyla, CVD TiCN+TiN kaplamalı kesici takımlarla daha iyi yüzey kalitesi elde edilmiştir. Bu durum; kesici takım kaplama yöntemi ve kaplama malzemesi özelliklerine atfedilir. PVD yöntemiyle kaplamada 800°C'ye kadar, CVD yöntemiyle kaplamada 1000°C üstü sıcaklıklarda dahi performans kaybının olmaması, Al₂O₃ kaplamanın düşük ilerleme miktarlarında, TiN kaplamanın yüksek ilerleme miktarlarında daha iyi performans sergilemesi [6-21], artan ilerleme miktarına (0,6 mm/dev) bağlı olarak CVD TiCN+TiN kaplamalı kesici takımların PVD TiAlN+Al₂O₃ kaplamalı kesici takımlardan daha düşük yüzey pürüzlülüğü değerlerinin oluşumuna yol açmıştır. Ayrıca Şekil 2- Şekil 4'deki kesici takım fotoğrafları incelendiğinde, 0,1 mm/dev ilerleme miktarı ile kesme hızı kombinasyonlarında oluşan talaş şekli ve BUE oluşumu, ilerleme miktarı artışıyla kesikli talaş şeklini almıştır. Kesikli talaş yüzey pürüzlülüğünün artmasına neden olmuştur. Artan ilerlemeyle birlikte CVD TiCN+TiN kaplamanın talaş yapışma direncinin PVD TiAlN+Al₂O₃ kaplamalı kesici takımlardan daha yüksek olması [21], CVD TiCN+TiN kesici takımlarla daha düşük değerlerde yüzey pürüzlülüğünün elde edilmesini sağlamıştır [2, 5, 12].



Şekil 2. 1,5 mm kesme derinliği ve 0,1 mm/dev ilerleme miktarı ile 60 m/dak, 80 m/dak, 140 m/dak ve 200 m/dak kesme hızı kombinasyonlarında kullanılmış kesici takım fotoğrafları

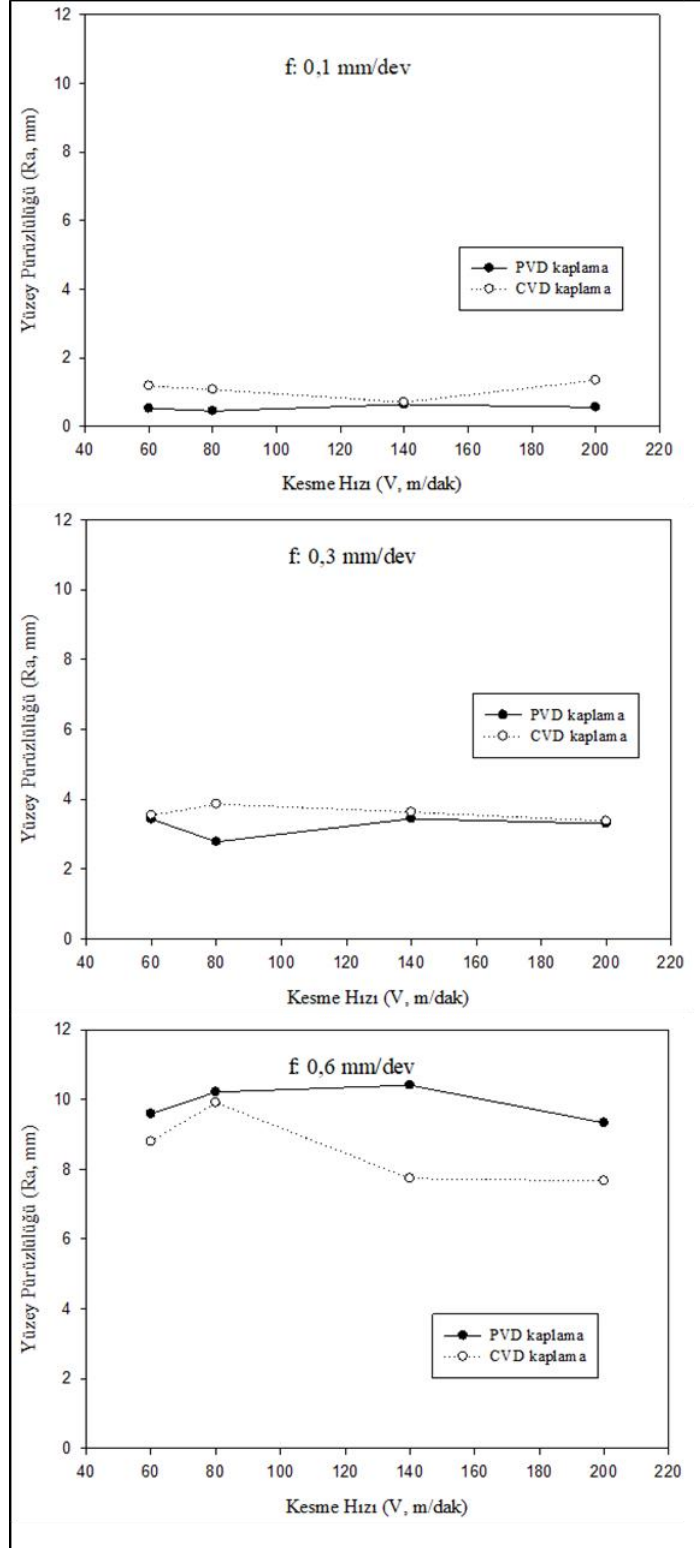


Şekil 3. 1,5 mm kesme derinliği ve 0,3 mm/dev ilerleme miktarı ile 60 m/dak , 80 m/dak , 140 m/dak ve 200 m/dak kesme hızı kombinasyonlarında kullanılmış kesici takım fotoğrafları



Şekil 4. 1,5 mm kesme derinliği ve 0,6 mm/dev ilerleme miktarı ile 60 m/dak, 80 m/dak , 140 m/dak ve 200 m/dak kesme hızı kombinasyonlarında kullanılmış kesici takım fotoğrafları

Kesme hızında artışa rağmen yüzey pürüzlülüğünde yüksek ilerleme miktarı hariç kayda değer bir değişim olmamıştır (Şekil 5). Bu durum; artan kesme hızıyla azalan talaş yapışması (BUE) yüzey pürüzlülüğünü artırırken, artan tezgah-takım titreşiminin yüzey pürüzlülüğünü azaltmasına atfedilir. Kesme hızı artışıyla birlikte artan sıcaklık, yapışan talaşı yumuşatarak kesme bölgesinden uzaklaştırmış ve yüzey pürüzlülüğünü azaltmıştır. Fakat, artan kesme hızıyla artan tezgah-takım titreşimi yüzey pürüzlülüğünü artırmıştır. Kesme hızı artışıyla yüzey pürüzlülüğünde beklenen azalma, dolaşık talaş, kesikli talaş (Şekil 2, Şekil 3) ve tezgah-takım titreşimiyle artış göstermiştir. Dolayısıyla, kesme hızı artışına rağmen, PVD TiAlN+Al₂O₃ ve CVD TiCN+TiN kaplamalı kesici takımlarla elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri paralel seyir izlemiştir. Yüzey pürüzlülüğünde en düşük değer 80 m/dak ile 0,1 mm/dev ilerleme miktarı kombinasyonunda 0,449 µm olup PVD TiAlN+Al₂O₃ kaplamalı kesici takımla elde edilmiştir. Aynı kesme şartlarında CVD TiCN+TiN kaplamalı kesici takımla 1,077 µm yüzey pürüzlülüğü değeri elde edilmiştir. Fakat en yüksek yüzey pürüzlülüğü değeri 200 m/dak ile 0,6 mm/dev ilerleme miktarı kombinasyonunda PVD TiAlN+Al₂O₃ kaplamalı kesici takımla 9,331 µm olarak ölçülürken, aynı kesme kombinasyonunda CVD TiCN+TiN kaplamalı kesici takımla 7,669 µm olarak ölçülmüştür. Bu durum, PVD TiAlN+Al₂O₃ kaplamalı takımların düşük ilerleme, CVD TiCN+TiN kaplamalı takımların yüksek ilerleme miktarları kombinasyonlarında daha iyi performans gösterdiğini işaret etmektedir.



Şekil 5. Kesme hızı ve ilerleme miktarı kombinasyonlarında oluşan yüzey pürüzlülüğü

IV. SONUC

Deneyisel çalışmada AISI T15 çeliği CVD TiCN+TiN ve PVD TiAlN+Al₂O₃ kaplamalı karbür kesici takımlarla işlenmiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- PVD TiAlN+Al₂O₃ kaplamalı kesici takımlarla düşük ilerleme miktarı (0,1mm/dev) ve tüm kesme hızı kombinasyonlarında CVD TiCN+TiN kaplamalı kesici takımlarla elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerlerinden yaklaşık %55 daha düşük değerler elde edilmiştir.
- Yüksek ilerleme miktarı (0,6 mm/dev) ve tüm kesme hızı kombinasyonlarında CVD TiCN+TiN kaplamalı kesici takımlarla elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerleri PVD TiAlN+Al₂O₃ kaplamalı kesici takımlarla elde edilenlerden yaklaşık %20 daha düşük değerler elde edilmiştir.
- Düşük ilerleme miktarlarında PVD TiAlN+Al₂O₃ kaplamalı kesici takımlar, yüksek ilerleme miktarlarında CVD TiCN+TiN kaplamalı kesici takımlar daha iyi performans sergilemişlerdir.
- En düşük yüzey pürüzlülüğü 80 m/dak ile 0,1 mm/dev ilerleme miktarı kombinasyonunda PVD TiAlN+Al₂O₃ kaplamalı kesici takımla elde edilmiştir.
- En yüksek yüzey pürüzlülüğü değeri 200 m/dak ile 0,6 mm/dev ilerleme miktarı kombinasyonunda PVD TiAlN+Al₂O₃ kaplamalı kesici takımla elde edilmiştir.

V. KAYNAKLAR

- [1] M. Tayanç ve G. Zeyti, "Yüksek Hız Çeliklerinin İç Yapı Ve İşıl İşlem Özellikleri," *BA.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, c. 2, s. 1, ss. 103-122, 2000.
- [2] Ö. Tekaslan, N. Gerger ve U. Şeker, "Cnc Torna Tezgahında AISI 304 Çeliklerin İşlenmesinde Optimum Yüzey Pürüzlülüğünü Sağlayacak Kesme Parametrelerinin Tespiti," *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, s. 16 , 2008.
- [3] M. Bilgin ve H. B. Ulaş, "İslah Çeliğinin Farklı Kesici Takımlarla İşlenmesinde Kesme Parametrelerinin Talaş Şekilleri Üzerine Etkisi Ve Talaş Şekillerinin Sınıflandırılması," *Akademik Platform- ISITES, Valencia, Spain, 2015* ss. 1308-1317.
- [4] F. Kara, K. Aslantaş ve A. Çiçek, "Ortogonal Kesme İşleminde Kaplama Malzemesinin Talaş Morfolojisi Üzerinde Etkisinin Araştırılması," *2. Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi, Balıkesir, Türkiye, 2010*.
- [5] M. Boy, İ. Çiftçi, M. Günay, F. Özhan, "Application of the Taguchi Method to Optimize the Cutting Conditions in Hard Turning of A Ring Bore", *Materials and Technology*, c 49, s 5, ss 765–772, 2015.
- [6] M. A. El Hakim, M. A. Shalaby, S. C. Veldhuis and G. K. Dosbaeva, "Effect of secondary hardening on cutting forces, cutting temperature, and tool wear in hard turning of high alloy tool steels," *Measurement*, c. 65, ss. 233-238, 2015.
- [7] A. Hosokawa, G. Hoshino, T. Koyano, T. Ueda, "Cutting characteristics of PVD-coated tools deposited by filtered arc deposition (FAD) method," *CIRP Annals*, c. 67, s. 1, ss. 83–86, 2018.

- [8] M. Pellizzari, “High temperature wear and friction behaviour of nitrided, PVD-duplex and CVD coated tool steel against 6082 Al alloy,” *Wear*, c. 271, s. 9-10, ss. 2089–2099, 2011.
- [9] M. Nilsson, M. Olsson, “Tribological testing of some potential PVD and CVD coatings for steel wire drawing dies,” *Wear*, c. 273, ss. 55–59, 2011.
- [10] S. Saketi, M. Olsson, “Influence of CVD and PVD coating micro topography on the initial material transfer of 316L stainless steel in sliding contacts – A laboratory study,” *Wear*, c. 388, ss. 29–38, 2017.
- [11] A. Naskar, A. K. Chattopadhyay, “Investigation on flank wear mechanism of CVD and PVD hard coatings in high speed dry turning of low and high carbon steel,” *Wear*, c. 396–397, ss. 98–106, 2018.
- [12] D. Boing, A. J. Oliveira, R. B. Schroeter, “Limiting conditions for application of PVD (TiAlN) and CVD (TiCN/Al₂O₃/TiN) coated cemented carbide grades in the turning of hardened steels,” *Wear*, c. 416–417, ss. 54–61, 2018.
- [13] S. Koseki, K. Inoue, K. Sekiya, S. Morito, T. Ohba and H. Usuki, “Wear mechanisms of PVD-coated cutting tools during continuous turning of Ti-6Al-4V alloy,” *Precision Engineering*, c. 47 ss. 434–444, 2017.
- [14] S. Koseki, K. Inoue, S. Morito, T. Ohba and H. Usuki, “Comparison of TiN-coated tools using CVD and PVD processes during continuous cutting of Ni-based superalloys,” *Surface & Coatings Technology*, c. 283, ss. 353–363, 2015.
- [15] N. Michailidis, “Variations in the cutting performance of PVD-coated tools in milling Ti6Al4V, explained through temperature-dependent coating properties,” *Surface & Coatings Technology*, c. 304, ss. 325–329, 2016.
- [16] T. Kivak “Optimization of surface roughness and flank wear using the Taguchi method in milling of Hadfield steel with PVD and CVD coated inserts,” *Measurement*, c. 50, ss. 19–28, 2014.
- [17] B. Koyilada, S. Gangopadhyay and A. Thakur” Comparative evaluation of machinability characteristics of Nimonic C-263 using CVD and PVD coated tools,” *Measurement*, c. 85, ss.152–163, 2016.
- [18] A. Ginting, R. Skein, D. Cuaca, Z. Masyithah, “The characteristics of CVD- and PVD-coated carbide tools in hard turning of AISI 4340,” *Measurement*, c. 129, ss. 548–557, 2018.
- [19] P. Schlund, P. Kindermann, R. Schulte, H. G. Sockel, U. Schleinkofer, K. Görting and W. Heinrich” Mechanical behaviour of PVD/CVD-coated hard metals under cyclic Loads,” *International Journal of Refractory Metals & Hard Materials*, c. 17, ss. 179-185, 1999.
- [20] K. M. Gupta, K. Ramdev, S. Dharmateja and S. Sivarajan” Cutting Characteristics of PVD Coated Cutting Tools,” *Materials Today: Proceedings*, c. 5, ss. 11260–11267, 2018.
- [21] L. A. Dobrzański, D. Pakuła”, Comparison of the structure and properties of the PVD and CVD coatings deposited on nitride tool ceramics,” *Journal of Materials Processing Technology*, c. 164–165, ss. 832–842, 2005.