

## FARKLI SERTLİKLERDEKİ X210CR12 SOĞUK İŞ TAKIM ÇELİĞİNİN PARMAK FREZELEME İŞLEMİNDE, KAPLAMALI SİNERLENMİŞ KARBÜR VE KAPLAMALI SERMET KESİCİ TAKIMLARIN PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Necip CAMUŞCU, Ersan ASLAN

Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 71450 Yahşihan, Kırıkkale

Makalenin Geliş Tarihi: 10.04.2004

**ÖZET:** Son yıllarda talaşlı üretim uygulamalarındaki genel yaklaşım, iş parçalarının son sertliklerinde talaş kaldırmaya tabi tutulmalarıdır. Bununla tezgah, kesici, iş gücü ve enerjiden kazançların elde edilmesi hedeflenmektedir. Bu çalışmada, 35 HRC ve 62 HRC'ye sertleştirilmiş X210CR12 çeliğinin farklı kesici takımlarla işlenmesinde aşınma davranışları ve performansları incelenmiştir. Kesici takım olarak kimyasal buhar çökertme yöntemiyle TiCN, fiziksel buhar çökertme yöntemi ile TiCN+TiAlN kaplamalı sinterlenmiş karbür takımlar ve fiziksel buhar çökertme ile TiAlN kaplamalı sermet kesici takımlar kullanılmıştır. Kesici performans değerlendirmesi, işlenmiş parçaların yüzey kalitesine ve kesici takımın yanıl yüzey aşınmasına göre yapılmıştır. TiCN+TiAlN kaplamalı sinterlenmiş karbür ve TiAlN kaplamalı sermet kesici takımlar hem yanıl yüzey aşınması hem de işlenmiş parçanın yüzey kalitesi açısından TiCN kaplamalı sinterlenmiş karbür takıma göre daha iyi performans göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sinterlenmiş karbür, sermet, kaplamalar, takım aşınması, yüzey pürüzlülüğü, sertleştirilmiş çelikler.

### Comparison of the Performances of Coated Sintered Carbide and Coated Cermet Cutting Tools in End Milling of X210CR12 Cold Work Tool Steel with Different Hardnesses

**ABSTRACT:** In recent years, the general trend in manufacturing industry is to machine work materials in hardened state. In this way, it is intended to cut tooling, manpower and energy costs. This study explored the performance and wear behaviour of different cutting tools in end milling of X210Cr12 cold-work tool steel hardened to 35 HRC and 62 HRC. The cutting tools used in this study are TiCN coated sintered carbide by physical vapour deposition, TiCN+TiAlN coated sintered carbide by chemical vapour deposition and TiAlN coated cermet by physical vapour deposition. Tool performance evaluation was based on the surface finish of machined part and tool flank wear. TiCN+TiAlN coated sintered carbide tool and TiAlN coated cermet tool exhibited better performance than TiCN coated sintered carbide tool in terms of both flank wear and quality of machined surfaces.

**Key Words:** Sintered carbide, cermet, coatings, tool wear, surface roughness, hardened tool steel.

### GİRİŞ

Talaşlı imalat işlemlerinin verimliliği ve ürünlerin kalitesi, geleneksel metotlarda kullanılan daha yüksek kesme hızı ve sertleştirilmiş parçaların işlenmeleri ile artırılabilir. Sertleştirilmiş parçaların talaşlı üretime tabi tutulmasında seramik ve kübik bor nitrür gibi üst grup takımların kullanımı gündeme gelmektedir. Bu takımların kullanımında yüksek kesme hızları tavsiye edilmektedir. Bu tür kesici takımların maliyetlerinin yüksek olması, sinterlenmiş karbür ve sermet gibi daha ucuz kesici takımların kullanımını gündeme getirmektedir.

Bu durum bu kesici takımların sertleştirilmiş çeliklerin işlenmesinde kullanılabilirliklerinin belirlenmesi ihtiyacını doğurmaktadır.

Takım çeliklerinin sertleştirilmiş halde işlenmesi geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında işleme maliyetlerini önemli ölçüde azaltmıştır. Geleneksel tezgahlar kullanıldığında, parçalar yumuşatma tavlamasına tabi tutulduktan sonra işlenmekte, daha sonra sertleştirilerek, taşlanmaktadır.

Parçaların sertleştirilmiş konumda işlenmelerindeki avantajlar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Koshy ve diğ., 2002; Fallböhmer ve diğ., 2000):

- a) işleme maliyetlerinde ve hazırlık zamanlarında azalma,
- b) hazırlık zamanlarında azalma,
- c) üretim süresince gerekli olan tezgah sayısında azalma,
- d) daha iyi bir yüzey kalitesi,
- e) bitirme işlemlerinde azalma,
- f) ısıl işlemde kaynaklanan şekil bozulmasının tamamen ortadan kalkması.

Sinterlenmiş karbür kesici takımlar çeliklerin işlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Tokluklarının yüksek olmasına rağmen, sertliklerinin düşük olması, sertleştirilmiş çeliklerin kesilmesinde kullanılmalarını sınırlamaktadır. Bu kesici takımların yüzeyi aşınma dayanımlarını artırmak için genellikle kimyasal buhar çökertme (CVD) veya fiziksel buhar çökertme (PVD) yöntemleriyle ince (2-10 µm) TiN, TiC, TiCN, TiAlN ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> katmanlarıyla tek veya çoklu olmak üzere kaplanmaktadır (Gough, 1990; Schulz, 1994; Koshy ve diğ., 2002; Fallböhrer ve diğ., 2000; Liu ve diğ., 2002). TiN/TiCN kaplamalı kesici takımlar ~42 HRC sertlik değerinden daha yumuşak, TiAlN kaplamalı olanlar ise 42 HRC sertlik değerinden daha sert çeliklerin işlenmesinde uygundur (Dewes ve Aspinwall, 1997). 60 HRC sertliğindeki AISI D2 çeliğinin TiAlN ve TiCN kaplamalı WC kesici takımlarla işlenmesiyle ilgili olarak yapılan bir çalışmada, TiAlN kaplamalı kesici takımın TiCN kaplamalı olandan yaklaşık iki kat daha uzun ömre sahip olduğu tespit edilmiştir (Coldwell ve diğ., 2003).

58 HRC sertliğindeki X210CR12 çeliğinin parmak freze ile işlenmesi ile ilgili bir başka çalışmada ise, TiAlN kaplamalı WC uçların kullanılan kesme hızlarına bağlı olarak TiCN+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+TiN kaplamalı ve kaplamasız sermet kesicilerden 2-5 kat daha uzun işleme zamanına sahip olduğu belirlenmiştir (Koshy ve diğ., 2002).

Sermet kesici takımların aşınma dirençleri, yüksek kimyasal kararlılık ve yüksek sıcaklıklarda sertliklerini koruma özelliklerinin iyi olmasına rağmen, daha düşük tokluk değerine sahiptirler (Jacobson ve diğ., 1984). Ayrıca (Ti,Al)N kaplamanın sermet kesici takımların aşınma dirençlerini belirgin bir şekilde artırdığı tespit edilmiştir (Berkmann ve diğ., 1990). Soğuk haddelenmiş C15 E4 (ISO)

çubukların tornalanmasında TiN (PVD) kaplamaların sermetlerin parça yüzeyinde oluşturduğu yüzey pürüzlülüğünü olumlu yönde etkilediği görülmüştür (Kopac vd., 2002).

Sermet kesici takımlar daha kırılğan olmalarına rağmen son yıllarda tokluklarında önemli gelişmeler sağlanmıştır. Bir çok araştırmacı bu kesici takımların optimum kesme parametrelerinin tanımlanması için çalışma gerçekleştirmişlerdir (Vicenzi ve diğ., 2001; Urbanski ve diğ., 2000; Sokovic ve Bahor, 1998; Novak ve diğ., 1997; Tonshoff ve Mohlfeld, 1997; Bolognini ve diğ., 2001). WC kaplamaya Co ilavesinin malzemenin tokluk değerini %28 oranında artırdığı tespit edilmiştir (Bolognini ve diğ., 2001).

Literatürde, sertleştirilmiş X210Cr12 soğuk iş takım çeliğinin takım tezgahlarında işlenmesi konusunda sınırlı sayıda çalışma yapıldığı gözlenmiştir. Bunlardan biri 62 HRC'ye sertleştirilmiş X210Cr12 çeliğinin kaplamalı matkaplar ile başarılı bir şekilde delindiği açıklayan König ve arkadaşlarının yaptığı çalışmadır (König ve diğ., 1990a; König ve diğ., 1990b).

Bu çalışmada, iki farklı sertlik değerindeki X210Cr12 soğuk iş takım çeliğinin kaplamalı sinterlenmiş karbür ve kaplamalı sermet kesici takımlarla parmak frezeleme işlemine tabi tutulmasında kesici performansları araştırılmıştır. Her iki malzeme önce 65 HRC'ye sertleştirilmiş sonra biri 35 HRC'ye, diğeri 62 HRC'ye temperlenmiştir.

## DENEYSEL ÇALIŞMA

### Takımlama, İş Parçası Malzemesi ve Takım Tezgahı

Deneylede kullanılan takımlama sistemi Tablo 1'de, değiştirilebilir uçların karakteristikleri Tablo 2'de verilmiştir. Deneylede kullanılan kesme parametreleri ise Tablo 3'de verilmiştir.

İş parçası ve kesici takım konfigürasyonu Şekil 1'de gösterilmiştir. Bağlama kafası her ne kadar iki değiştirilebilir uç bağlamaya imkan veriyorsa da, kaldırılan talaş miktarını en azda tutmak için tek kesici takımla işlem yapılmıştır.

Deney malzemeleri 300x200x40 mm<sup>3</sup> boyutlarında, 35 HRC ve 62 HRC sertliğindeki

X210Cr12 soğuk iş takım çeliğidir. Her iki malzeme ilgili sertlik değerlerine getirilmek için 950°C'de 2 saat süreyle tavlamaya tabii tutulduktan sonra, 250°C'deki yağda 2 saat süreyle bekletildi. Sertleştirme sonucunda malzemelerin sertliği 65 HRC olarak ölçüldü. Daha sonra, malzemelerden birinin sertliği, 200°C'de yapılan 1.5 saat süren menevişleme ile 62 HRC'ye indirilirken, diğer malzeme ise 600°C'de 6 saatlik bekleme sonucu 35 HRC sertliğe getirildi.

Tablo 4'de malzemenin kimyasal içeriği verilmiştir. Malzeme yağda sertleştirilen ve yüksek karbon/kromlu, aşınma direnci yüksek bir soğuk iş takım çeliğidir. Çekme, biçimlendirme, toz metalürjisi ve kesme takımları, kesme diskleri, zımbalar ve mastarlar kullanıldığı yerlere örnek olarak verilebilir.

**Tablo 1.** Takımlama sistemi ve uç geometrisi.

*Table 1. Tooling system and insert geometry.*

Kater bağlama tipi	Pens
Kater çapı (mm)	φ35
Talaş açısı	0°
Boşluk açısı	11°
Kesici uç açısı	60°
Kesme uzunluğu (mm)	200
Kesici kenar pahu	25°x0,1 mm
Kesici sayısı	1
Yaklaşma açısı	90°
Kesici uç yarıçapı (mm)	0,8
Kesici kenar uzunluğu (mm)	16
Kesici uç kalınlığı (mm)	3

Bütün deneyler en yüksek devri 7,800 d/d ve gücü 11 kW olan MAZAK VTC 20-B tezgahında gerçekleştirilmiştir.

**Tablo 2.** Uç Karakteristikleri.

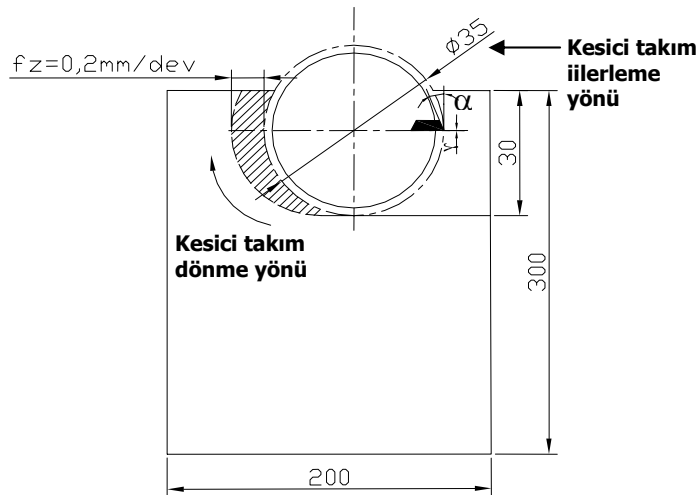
*Table 2. Insert characteristics.*

Kesici	Kalitesi	Uç Geometrisi	Kaplama	Kaplama Kalınlığı	Kaplama Yöntemi
Sinterlenmiş karbür	ISO P25-P50	TPKN160308	TiCN	~7µm	PVD
Sinterlenmiş karbür	ISO P15-P35	TPKN160308	TiCN+TiAlN (dış tabaka TiAlN)	~10µm	CVD
Sermet	ISO P25	TPKN160308	TiAlN	~5µm	PVD

**Tablo 3.** Kesme parametreleri.

*Table 3. Cutting parameters.*

İş parçası	Sertlik (HRC)	İlerleme (mm/dev)	Kesme Hızı (m/d)	Kesme derinliği (mm)	Radyal kesme derinliği (mm)
Orta sert	35	0,1	100	0,4	30
Yüksek sert	62	0,2	50	0,2	30



**Şekil 1.** İş parçası ve kesici takım konfigürasyonu.

*Figure 1. Workpiece and tooling configuration.*

**Tablo 4.** X210Cr12 soğuk iş takım çeliğinin kimyasal kompozisyonu.*Table 4. Chemical composition of X210Cr12 cold-work tool steel.*

C	Cr	Fe	Mn	P	Si	S	W	V
2	11,5	Kalan	0,6	0,03	0,6	0,03	1	1

## Deneysel Koşullar

Üretici firmanın önerdiği kesme hızı değerleri (100–200 m/d) yüksek sertliklerdeki malzemelerin işlenmesinde tavsiye edilen değerler olmadığı için, kesme hızı alt sınırın yarısında 50–100 m/d olarak kullanılmıştır. Deneysel kuru kesme şartlarında gerçekleştirilmiştir. Kesici başlığı iş miline 60 mm uzunluğunda bağlanmıştır. Kesici takımlar için yanal yüzey aşınma kriteri ISO 8688-2'ye göre 0,3 mm olarak belirlenmiştir (ISO 8688-2, 1989). Yanal yüzey aşınmaları JSM 5600 elektron mikroskopunda ölçülmüş, yüzey pürüzlülük değerleri ise Mitutoyo MetuSurf 310 cihazı ile 4,8mm örnekleme boyu ve 0,8 mm filtre boyunda alınmıştır.

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

### Takım Aşınması

Şekil 2 incelendiğinde, 62 HRC sertliğindeki malzemenin işlenmesinde TiCN ve TiCN+TiAlN kaplamalı sinterlenmiş karbür ve TiAlN kaplamalı sermet kesici takımlar 1200 mm<sup>3</sup> talaş hacmi kaldırma sonrasında farklı yanal yüzey aşınma değerlerine sahip olmalarına rağmen, hepsinin de aşınma kriterini aştığı gözlenmiştir. Bu sonuca malzemenin yüksek sertlikte olmasının ve kesmenin kuru olarak yapılmasının neden olduğu düşünülmektedir. Takımlar tek paso sonunda ömürlerini tamamladıkları için, deney sonuçları ancak sütun grafik şeklinde ifade edilebilmiştir. 62 HRC sertlikteki malzemenin işlenmesi sonucunda aşınan kesicilerin SEM görüntüleri Şekil 3'de verilmiştir.

35 HRC sertliğindeki malzemenin işlenmesinde, kesme hızı ve kesme derinliği iki katına çıkarıldığı halde kesici takım ömrünün, 62 HRC sertliğindeki malzemenin işlendiği duruma kıyasla daha uzun olduğu gözlenmiştir (Şekil 4). TiCN kaplamalı WC kesici takım aşınma

kriterini (VB=0,3mm) 4800 mm<sup>3</sup>lük talaş hacminde aşmıştır. Aynı takım, 62 HRC sertliğindeki malzeme işlenirken 1200mm<sup>3</sup>talaş kaldırıldığında ~0,8mm yanal yüzey aşınması değerine ulaşmıştır. 35 HRC sertliğindeki malzemenin işlenmesinde TiCN+TiAlN kaplamalı WC ve TiAlN kaplamalı sermet kesici takımlar, TiCN kaplamalı WC kesici takıma göre daha iyi performans göstermişlerdir. 4800 mm<sup>3</sup> talaş kaldırma sonunda, TiCN (PVD) kaplamalı WC kesici takımındaki aşınma 0,3 mm'yi aşmış, TiCN+TiAlN kaplamalı WC ve TiAlN kaplamalı sermet kesici takımlardaki aşınmalar ise, sırasıyla, 0,08 mm ve 0,19 mm düzeyinde gerçekleşmiştir. Önceki çalışmalardan bilinen; PVD yöntemiyle kaplama yapılması durumunda, CVD yönteminin yüksek sıcaklıklarda gerçekleştirilmesi nedeniyle ortaya çıkan alt tabaka ara yüzey hasarının giderildiğidir (Christopher, 1994). Buna rağmen TiCN (PVD) kaplamalı WC kesici takımının daha düşük performans sergilemiş olması, TiAlN kaplamanın yüksek sıcaklıklara dayanımının daha iyi olması ve oksidasyon direncinin çok daha yüksek olmasıyla açıklanabilir. TiCN kaplamanın maksimum çalışma sıcaklığı 400°C iken, TiAlN 815°C'ye kadar işlem yapabilme yeteneğine sahiptir (Jindal ve diğ., 1999).

Bu sonuçlar TiAlN kaplama malzemesinin TiCN kaplama malzemesinden daha iyi olduğunu göstermiştir. Diğer yandan TiCN+TiAlN (TiAlN dış tabaka) iki katmanlı kaplama ile TiAlN kaplamanın, kesici ömrü açısından hemen hemen aynı davranışı gösterdikleri tespit edilmiştir. TiAlN ile kaplamalı kesici takımlar farklı malzemelerden yapılmış olmalarına rağmen (WC ve sermet), 0,3mm'lik aşınma kriterine ulaşıncaya kadar ~12000 mm<sup>3</sup> talaş hacmi kaldırmıştır. Ancak, TiCN+TiAlN kaplamalı WC kesici takımındaki aşınma, başlangıçta TiAlN kaplamalı sermet takıma kıyasla çok daha yavaş gerçekleşmiştir. 4800 mm<sup>3</sup>, 7200 mm<sup>3</sup> ve 9600 mm<sup>3</sup> talaş

hacimlerinde TiCN+TiAlN kaplamalı WC kesici takımındaki aşınmanın, TiAlN kaplamalı sermet kesici takımındaki aşınmanın yaklaşık yarısında oluşu dikkat çekicidir. Bunun sebebi çok katlı kaplamanın aşınmaya karşı davranışının, tek katlı kaplamaya kıyasla daha iyi olması şeklinde açıklanabilir. Bununla beraber, 9600 mm<sup>3</sup> talaş hacminden sonra TiCN+TiAlN kaplamalı sinterlenmiş karbürün aşınma hızı artmış ve TiAlN kaplamalı sermetin aşınma değerlerine ulaşmıştır. Belli bir süre talaş kaldırdıktan sonra, kesici takımların üzerindeki kaplamanın kalkması veya soyulması kuvvetli ihtimaldir. 9600 mm<sup>3</sup> talaş hacmine gelindiğinde WC takımının üzerindeki, özellikle kesici kenardaki, kaplamanın yok olması sonucunda, esasen sertliği ve aşınma direnci sermetten daha düşük olan WC kesicinin hızlı bir şekilde aşınmaya başladığı tahmin edilmektedir. 35 HRC sertlikteki malzemenin işlenmesi sonucunda kesicilerde meydana gelen talaş yüzeyi ve yanal yüzey aşınma SEM görüntüleri Şekil 5'de verilmiştir.

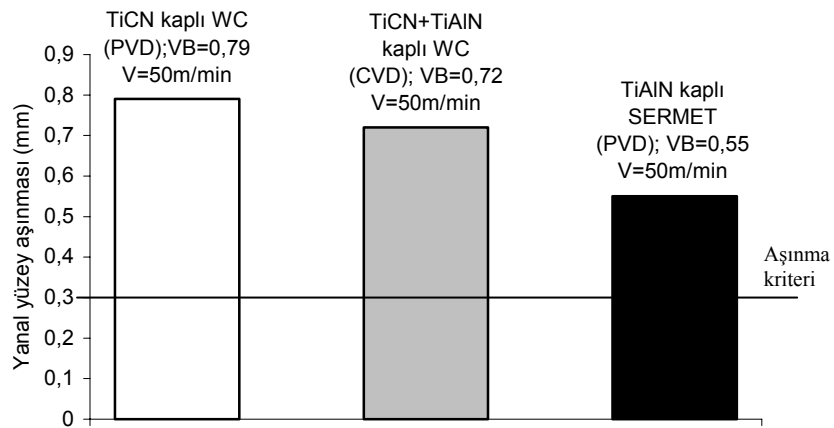
### Yüzey Pürüzlülüğü

62 HRC sertliğindeki parçanın işlenmesinde tüm kesiciler tek paso sonunda ömürlerini tamamladıkları için elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri sütun grafik şeklinde ifade

edilmiştir (Şekil 6). Aşınmamış takım için yüzey pürüzlülük değeri paso başlangıcındaki, aşınmış takım için ise paso sonundaki bölgeden alınmıştır. Grafikteki değerler aynı bölgede alınan üç değer ortalamasıdır. Pürüzlülük değerleri TiCN+TiAlN kaplamalı WC takım için 0,3-0,6 µm R<sub>a</sub>, TiAlN kaplamalı sermet takım için 0,45-0,77 µm R<sub>a</sub> ve TiCN kaplamalı WC takım 0,76-1,00 µm R<sub>a</sub> düzeyindedir. Aşınmamış uçlardan elde edilen yüzey kalitesinin, aşınmış uçlara kıyasla daha iyi olduğu gözlenmiştir.

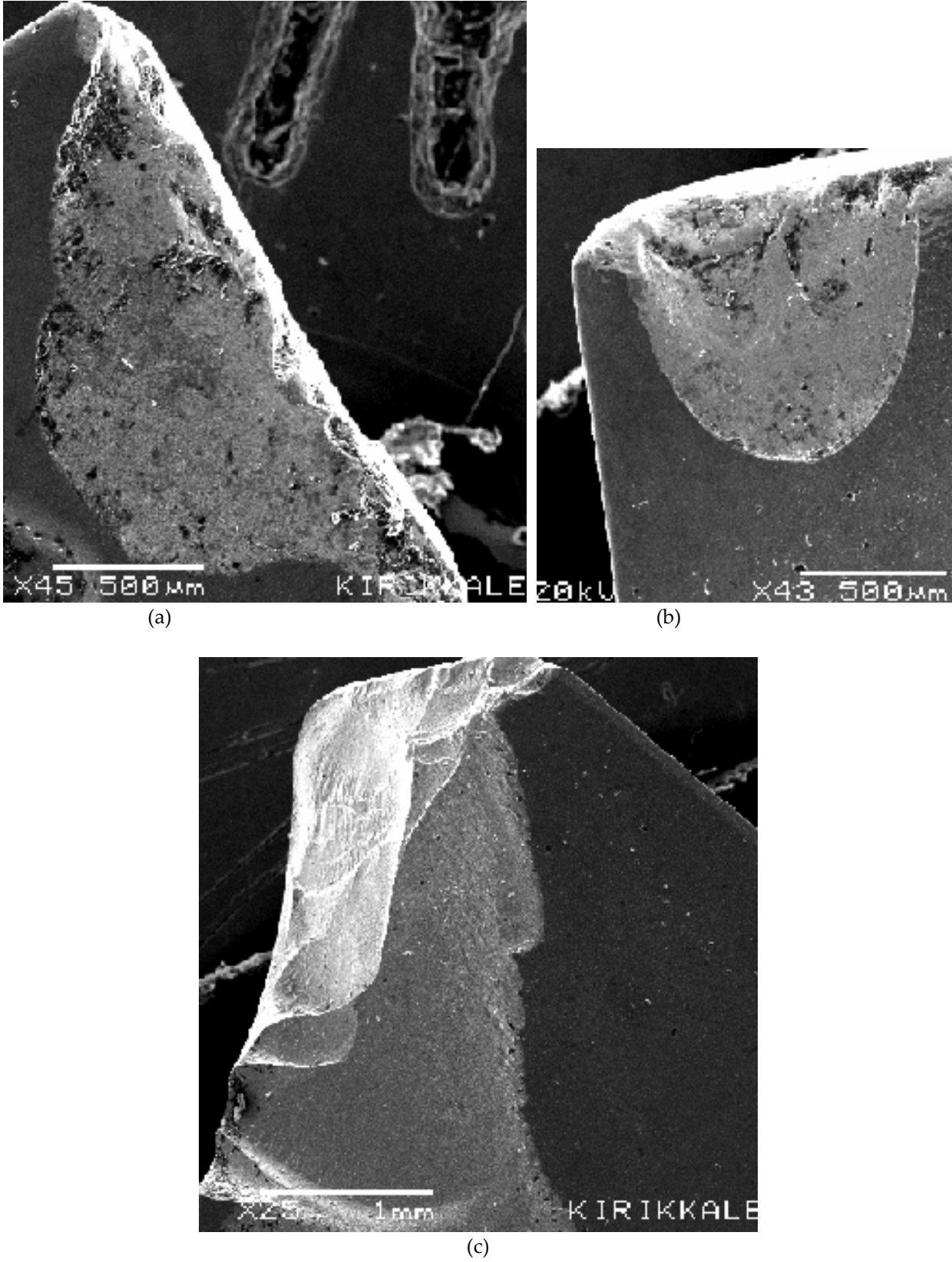
Şekil 7'den görülebileceği gibi, 35 HRC sertliğindeki parça için sonuçlar TiCN+TiAlN kaplamalı sinterlenmiş karbür takım için 0,3-0,55 µm R<sub>a</sub>, TiAlN kaplamalı sermet için 0,34-0,64 µm R<sub>a</sub> ve TiCN kaplamalı WC için 0,5-0,8 µm R<sub>a</sub> aralığında elde edilmiştir. TiCN+TiAlN kaplamalı WC ve TiAlN kaplamalı sermet takımlar, TiCN kaplamalı WC takıma göre daha iyi yüzey kalitesi vermişlerdir. Takımlardaki aşınma arttıkça yüzey kalitesinin düştüğü görülmektedir.

Yapılan deneyler sonucunda, hem 35 HRC hem de 62 HRC sertliğindeki parçaların işlenmesinde, her üç kesiciden elde edilen yüzey kalitesinin oldukça iyi düzeyde olduğu söylenebilir. Ancak, en iyi yüzey kalitesi TiCN+TiAlN (CVD) kaplamalı WC kesici takımından elde edilmiştir.



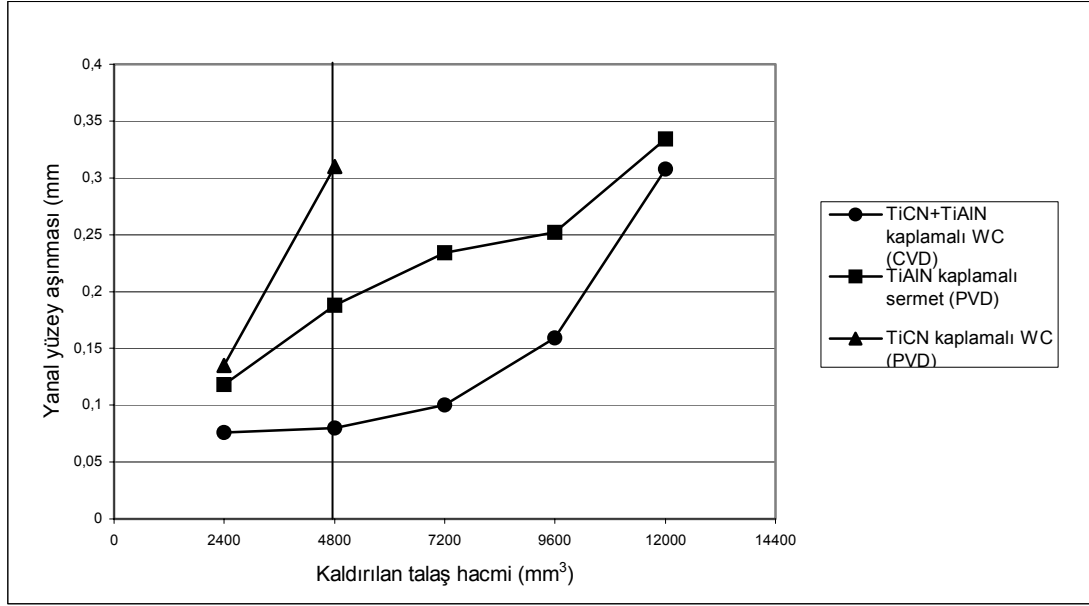
Şekil 2. 62 HRC sertlikteki malzemede 1200 mm<sup>3</sup> talaş kaldırıldıktan sonra kesici takımlarla oluşan yanal yüzey aşınma değerleri.

Figure 2. Flank wear values after removing a chip volume of 1200 mm<sup>3</sup> for 62 HRC material.



**Şekil 3.** 62 HRC sertliğindeki malzemenin işlenmesinde kullanılan uçların SEM görüntüleri;  
 (a) TiCN kaplamalı WC, (b) TiCN+TiAlN kaplamalı WC, (c) TiAlN kaplamalı sermet.

**Figure 3.** SEM pictures of the tools used to machine the material with the hardness of 62 HRC  
 (a) TiCN coated WC, (b) TiCN+TiAlN coated WC, (c) TiAlN coated cermet.



Şekil 4. 35 HRC sertlikteki malzemede kaldırılan talaş hacmine göre kesici takımlarda oluşan yanıl yüzey aşınma değeri.

Figure 4. Flank wear vs removed chip volume for the material with the hardness of 35 HRC.

## SONUÇ

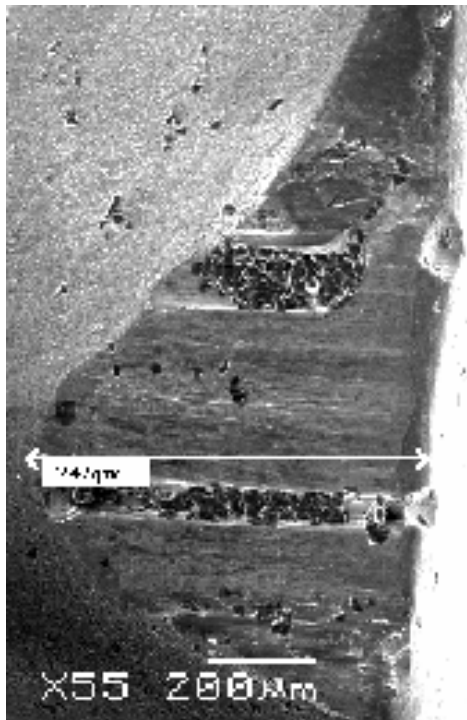
Farklı sertlik değeriindeki (35 HRC ve 62 HRC) X210Cr12 soğuk iş takım çeliğinin kaplamalı WC ve sermet kesici takımlarla işlenmesinde elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

62 HRC'ye sertleştirilmiş malzemenin TiCN (PVD), TiCN+TiAlN (CVD) kaplamalı WC ve TiAlN (PVD) kaplamalı sermet kesici takımlarla işlenmesinde takımların, 0,3 mm olan yanıl yüzey aşınması kriterini çok düşük bir talaş hacmi sonunda (1200 mm³) fazlasıyla aştıkları görülmüştür. Bu nedenle, bu takımların 62 HRC sertliğindeki X210Cr12 soğuk iş takım çeliğinin işlenmesine uygun olmadığı sonucuna varılmıştır.

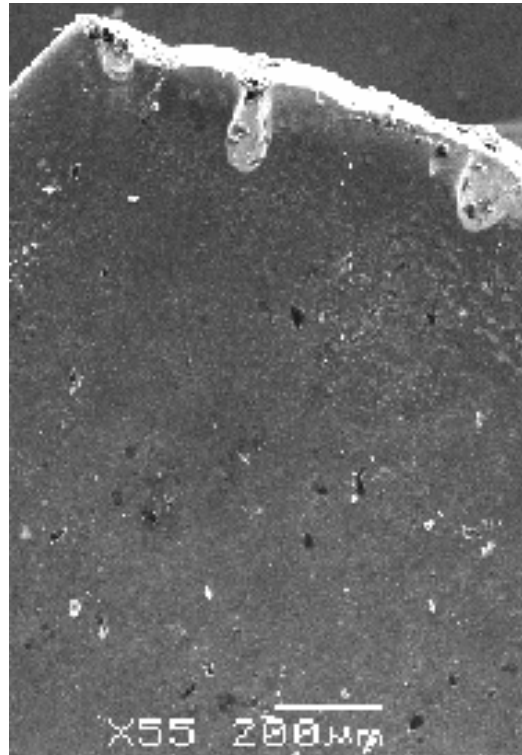
Sertliğin 35 HRC olması durumunda takımların ömrünün çok daha uzun olduğu görülmüştür. Bu malzemenin işlenmesinde en yüksek aşınma direncini TiCN+TiAlN kaplamalı WC kesici takım gösterirken, en kötü aşınma

direncini TiCN kaplamalı WC göstermiştir. TiAlN kaplamalı sermet takımın ömrü, TiCN+TiAlN kaplamalı WC takımın ömrüne yakındır. Bu sonuçlar, çok katmanlı kaplamaların daha iyi kesme performansına sahip olduklarını ve ayrıca TiAlN kaplamanın yüksek sıcaklıklara dayanma özelliğinin (sıcak sertlik ve oksidasyon direnci) TiCN'ye göre daha yüksek olması nedeniyle talaş kaldırma performansının daha iyi olduğunu göstermiştir.

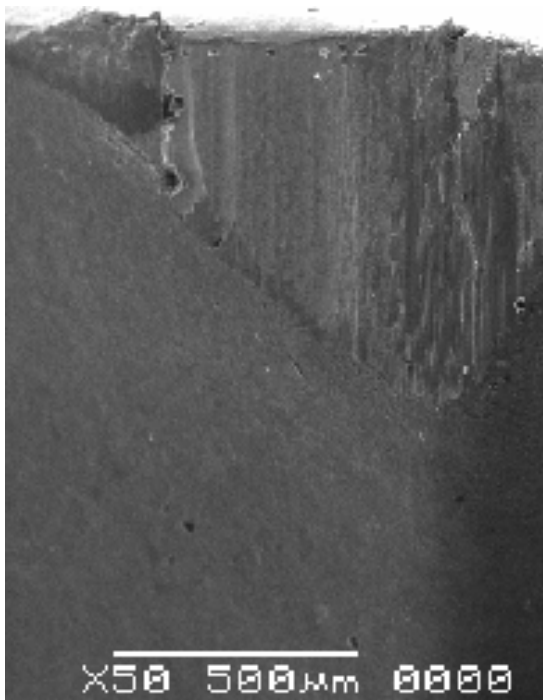
Sertleştirilmiş takım çeliklerinde kullanılan TiCN ve TiCN+TiAlN kaplamalı WC takımlarla, TiAlN kaplamalı sermet kesici takımlar arasında yapılan yüzey pürüzlülüğü karşılaştırmasında, en iyi performansı TiCN+TiAlN kaplamalı WC takım göstermiştir. TiAlN kaplamalı sermet takımla elde edilen yüzey pürüzlülük değeri, TiCN+TiAlN kaplamalı WC takımla elde edilen değerlere yakındır. Yüzey pürüzlülüğü açısından da en kötü performansı yine TiCN kaplamalı WC takım göstermiştir.



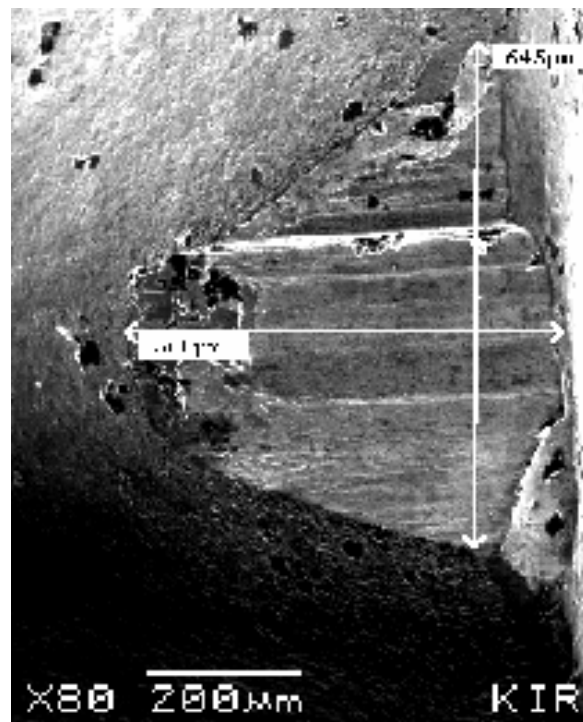
(a)



(b)

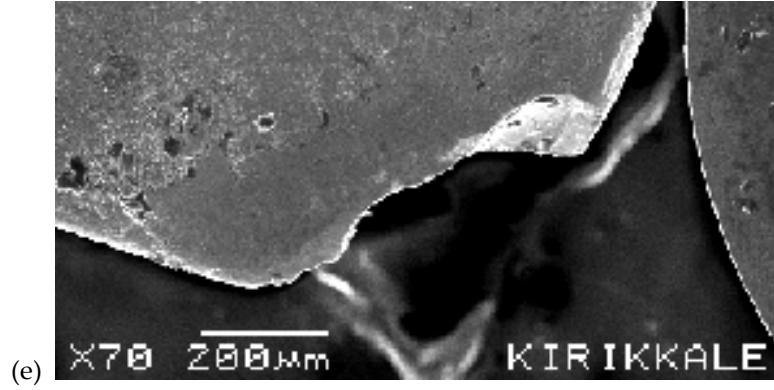


(c)



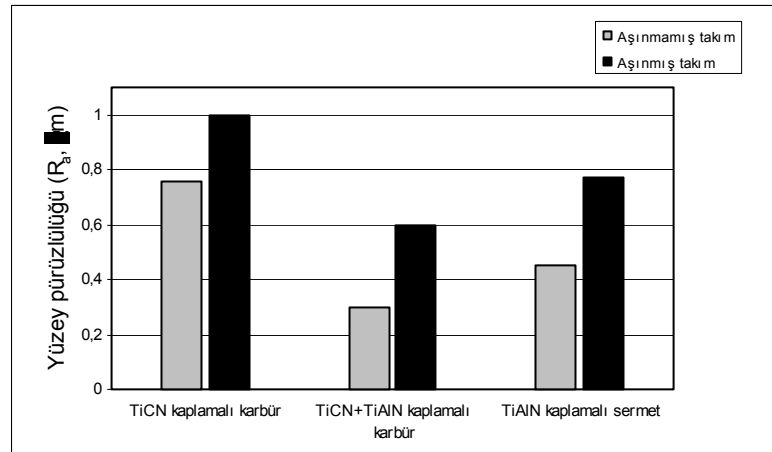
(d)





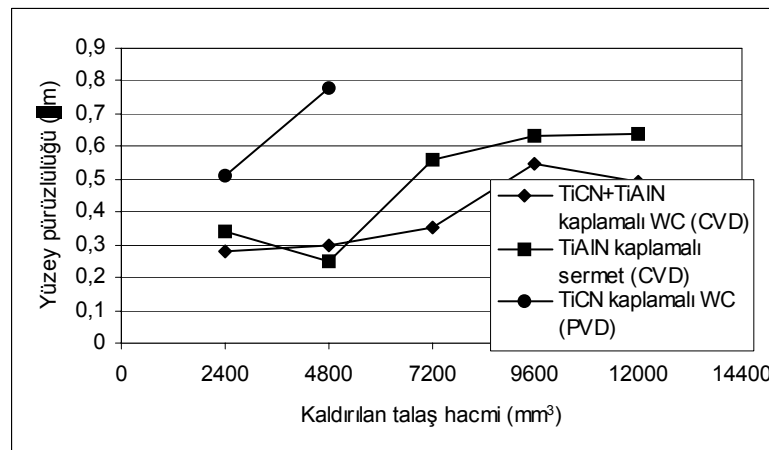
Şekil 5. 35 HRC malzemenin işlenmesinde kullanılan uçların SEM görüntüleri; (a) TiCN (PVD) kaplamalı WC uçtaki yanall yüzeyi aşınması, (b) TiCN (PVD) kaplamalı WC uçtaki talaş yüzeyi aşınması, (c) TiCN+TiAlN (CVD) kaplamalı WC uçtaki yanall yüzeyi aşınması, (d) TiAlN (PVD) kaplamalı sermet uçtaki yanall yüzeyi aşınması, (e) TiCN+TiAlN (CVD) kaplamalı WC uçtaki talaş yüzeyi aşınması.

Figure 5. SEM pictures of the tools used to machine the material hardened to 35 HRC (a) flank wear for WC tool coated with TiCN (PVD), (b) flank wear for WC tool coated with TiCN (PVD), (c) flank wear for WC tool coated with TiCN+TiAlN (CVD), (d) flank wear for cermet tool coated with TiAlN (PVD), (e) flank wear for WC tool coated with TiCN+TiAlN (CVD).



Şekil 6. 62 HRC sertliğindeki malzemede elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri.

Figure 6. Surface roughness values of the material with 62 HRC.



Şekil 7. 35 HRC sertliğindeki malzemenin işlenmesi sonucu elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri.

Figure 7. Surface roughness vs removed chip volume for the material with the hardness of 35 HRC.

## TEŞEKKÜR

Yazarlar, SEM çalışmalarındaki katkılarından dolayı Dr. Selçuk AKTÜRK'e teşekkür ederler.

## KAYNAKLAR

- Bergmann, E., Kaufmann, H., Schmid, R., Vogel, J., 1990, Ion-plated titanium carbonitride films, *Surface Coating Technology*, **42**, 3, 237-251.
- Bolognini, S., Mari, D., Viatte, T., Benoit, W., 2001, Fracture toughness of coated TiCN-WC-Co cermets with graded composition, *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, **19**, 4, 285-292.
- Coldwell, H., Woods, R., Paul, M., Koshy, P., Dewes, R., Aspinwall D., 2003, Rapid machining of hardened AISI H13 and D2 moulds, die and press tools, *Journal of Materials Processing Technology*, **135**, 301-311.
- Cristopher, J.D., 1994, Selection of Cutting Tool Materials, in: Whitney, E.D. (Ed.), *Ceramic Cutting Tools*, Noyes Publications, New Jersey.
- Dewes, R.C., Aspinwall, D.K., 1997, A review of ultra high speed milling of hardened steels, *Journal of Materials Processing Technology*, **69**, 1-17.
- Erturk, E., Knotek, O., Burgmer, W., Prengel, H.G., Heuvel, H.J., Dederichs, H., Stössel, G.C., 1991, Ti(C, N) coatings using the arc process, *Surface Coating Technology*, **46**, 1, 39-46.
- Fallböhmer, P., Rodriguez, C.A., Özel, T., Altan, T., 2000, High-speed machining of cast iron and alloy steels for die and mould manufacturing, *Journal of Materials and Processing Technology*, **98**, 104-115.
- Gough, J., 1990, High speed machining for tool making applications, *Precision Toolmaker*, **8**, 3, 154-157.
- ISO 8688-2, 1989, Tool life testing in milling: Part 2-End milling.
- Jacobson B.E., Deshpandey, C.V., Doerr, H.J., Karim, A.A., Bunshah, R.F., 1984, Microstructure and hardness of Ti(C, N) coatings on steel prepared by the activated reactive evaporation technique, *Thin Solid Films*, **118**, 3, 285-292.
- Jindal, P.C., Santhanam, A.T., Schleinkofer, U., Shuster, A.F, 1999, Performance of PVD TiN, TiCN, and TiAlN coated cemented carbide tools in turning, *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, **17**, 163-170.
- Kopac, J., Bahor, M., Sokovic M., 2002, Optimal machining parameters for achieving the desired surface roughness in fine turning of cold pre-formed steel workpieces, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, **42**, 6, 707-716.
- Koshy, P., Dewes, R.C., Aspinwall, D.K., 2002, High speed end milling of hardened AISI D2 tool steel (~58 HRC), *Journal of Materials Processing Technology*, **127**, 266-273.
- König, W., Iding, M., Link, R., 1990a, Fine turning and drilling hardened steel: 2, *Industrial Diamond Review*, **3**, 90, 139-142.
- König, W., Klinger, M., Link R., 1990b, Machining hard materials with geometrically defined cutting edges-fields of applications and limitations, *Ann. CIRP*, **39**, 1, 61-69.
- Liu, Z.Q., Ai, X., Zhang, H., Wang, Z.T. and Wan, Y., 2002, Wear patterns and mechanisms of cutting tools in high-speed face milling, *Journal of Materials Processing Technology*, **129**, 1-3, 222-226.
- Novak, S., Komac, M., Sokovic, M., Pracek, B., 1997, On the wear of TiN (PVD) coated cermet cutting tools, *Vacuum*, **48**, 2, 107-112.
- Schulz, H., 1994, High speed machining – some of the latest developments, *Metalworking World*, **3**, 32-36.
- Sokovic, B.M. and Bahor, M., 1998, On the inter-relationships of some machinability parameters in finish machining with cermet TiN (PVD) coated tools, *Journal of Materials Processing Technology*, **78**, 1, 163-170.

- Tonshoff, H.K., Mohlfeld, A., 1997 PVD-Coatings for wear protection in dry cutting operations, *Surface and Coating Technology*, **93**, 1, 88-92.
- Urbanski, J.P., Koshy, P., Dewes, R.C., Aspinwall, D.K., 2000, High speed machining of moulds and dies for net shape manufacture, *Materials and Design*, **21**, 4, 395-402.
- Vicenzi, B., Risso, L., Calzavarini, R., 2001, High performance milling and gear hobbing by means of cermet tools with a tough (Ti, W, Ta)(C, N)-Co, Ni, W composition, *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, **19**, 1, 11-16.

