

T.C.  
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNE ANABİLİM DALI  
DOKTORA TEZİ

İŞLENMESİ GÜÇ MALZEMELERİN TALAŞLI ÜRETİMİNDE KESİCİ  
PERFORMANSLARININ ARAŞTIRILMASI

ALİ OSMAN ER

OCAK 2008

## ÖZET

### İŞLENMESİ GÜÇ MALZEMELERİN TALAŞLI ÜRETİMİNDE KESİCİ PERFORMANSLARININ ARAŞTIRILMASI

ER, Ali Osman

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Anabilim Dalı, Doktora Tezi

Danışman: Doç. Dr. Ersan ASLAN

Aralık 2007, 149 sayfa

Malzeme teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak üretilen yeni malzemelerin işlenmesi, takım malzemelerinin ise denenerek uygun takım ve işleme parametrelerinin tespiti, başka bir deyişle optimum işleme şartlarının sağlanması için sürekli olarak deneylerin yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Yapılan çalışma ile sanayide yaygın olarak kullanılan ve işlenmesinde güçlüklerle karşılaşılan 1.2379 soğuk-iş takım çeliği, 1.2080 soğuk-iş takım çeliği, 1.2344 sıcak iş takım çeliği ve 1.2738 plastik kalıp çeliği gibi haddelenmiş malzemelerden ve işlenmesi güç olan bu malzemelerin 55-58 HRc'ye sertleştirilmiş numunelerinden, PVD TiN kaplamalı alüminyum oksit ve titanyum karbo-nitrür tabanlı seramik, PCBN, CVD TiN-TiCN-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kaplamalı sert metal, PVD TiAlN kaplamalı sermet, PVD TiN kaplamalı sert metal, kaplamasız sert metal, kaplamasız sermet gibi 7 farklı kesici uç kalitesi ile ve seçilen farklı işleme değişkenleri

kullanılarak, ISO 8688-1 standardında belirtilen hususlar göz önünde bulundurularak talaş kaldırılmıştır. Değişik parametrelerle parça işlenirken kesici takımında oluşan aşınma ölçülmüş, aşınma mekanizmaları incelenmiş ve sonuç olarak farklı malzeme çiftlerine ait takım ömrü grafikleri oluşturulmuştur. Bu grafikler yardımıyla deneylerde kullanılan malzeme çiftleri için “n” ve “c” sabitleri belirlenmiştir. Aynı zamanda işlenen malzemeler ve kesiciler için en uygun kesme koşulları tespit edilmiştir. Bu çalışma ile endüstri uygulamalarında kullanılan takım ömrü değerlerinin tespiti için önemli bir veri tabanı oluşturulmuştur.

**Anahtar Kelimeler** : Takım ömrü, sertleştirilmiş takım çelikleri, yanal yüzey aşınması, yüksek hızlarda talaşlı üretim.

## **ABSTRACT**

### **INVESTIGATION OF CUTTING TOOL PERFORMANCE WHILE MACHINING HARD TO CUT MATERIALS**

ER, Ali Osman

Kırıkkale University

Graduate School Of Natural And Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering, Phd. Thesis

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Ersan ASLAN

December 2007, 149 pages

Parallel to the developments in material technology, there is necessity of testing for how to machine new materials and which cutting tools with optimum parameters can be used.

In this study, hard to cut materials such as 1.2379 cold-work, 1.2080 cold-work, 1.2344 hot-work, 1.2738 plastic mold tool steels, and hardened of these tool steels to 55-58 HRC, which are being used frequently in the industry were machined according to ISO 8688-1 standart with the 7 different, PVD TiN coated aluminium oxide and titanium carbo-nitride based seramic, PCBN, CVD TiN-TiCN-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> coated hard metal, PVD TiAlN coated cermet, PVD TiN coated hard metal, uncoated hard metal, uncoated cermet cutting tool grades. Cutting with the different parameters tool wears were measured, the wear mechanisms were observed and finally the tool life constants “n” and “c” for the material-tool pair were determined. In addition that, most suitable cutting tool grade and optimum cutting speed were

determined with these experiments. With this study, an important database used in industrial applications were obtained.

**Key Words** : Tool life, hardened tool steels, flank wear, high speed machining.

## TEŞEKKÜR

Doktora çalışmamda ve bu tezin hazırlanmasında yardımcı olan danışmanım Doç. Dr. Ersan ASLAN'a, tecrübeleriyle yol gösteren ve destekleyen Prof. Dr. Ulvi ŞEKER'e, Prof. Dr. Veli ÇELİK'e ve Doç. Dr. Necip CAMUŞCU'ya, her konuda desteğini esirgemeyen değerli dostum Barış KALAYCIOĞLU'na, mesleğimi sevmeme ve öğrenmeme katkı sağlayan Kırıkkale Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünün değerli öğretim elemanlarına, yetişmemde hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan ve sevgiyle büyüten aileme, bana istisnasız her konuda sabırla yardımcı olan sevgili eşim Şule BAKIRCI ER'e ve tezi "Santez Projesi" kapsamına alarak destekleyen T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı'na katkılarından dolayı teşekkür eder ve şükranlarımı sunarım.

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### ŞEKİL

2.1 Aşındırıcılarla aşınma mekanizması <sup>(55)</sup> .....	31
2.2 Yapışma aşınması mekanizması <sup>(55)</sup> .....	31
2.3 Difüzyon aşınma mekanizması <sup>(55)</sup> .....	32
2.4 Yorulma aşınma mekanizması <sup>(55)</sup> .....	32
2.5 Oksidasyon aşınma mekanizması <sup>(55)</sup> .....	33
2.6 Aşınma tipleri <sup>(55)</sup> .....	34
2.7 Yanal yüzey aşınması <sup>(55)</sup> .....	35
2.8 Krater aşınması <sup>(55)</sup> .....	36
2.9 Plastik deformasyon <sup>(55)</sup> .....	36
2.10 Burun aşınması <sup>(55)</sup> .....	37
2.11 Termal çatlaklar <sup>(55)</sup> .....	37
2.12 Mekanik yorulma çatlakları <sup>(55)</sup> .....	38
2.13 Çentiklenme <sup>(55)</sup> .....	39
2.14 Kırılmaya ait fotoğraf <sup>(55)</sup> .....	39
2.15 Sıvanma <sup>(55)</sup> .....	40
3.1 ISO 8688-1 standardında kullanılması istenilen sert metal uç değiştirilebilir uçlu 125 mm çapa sahip yüzey frezeleme başlığı <sup>(54)</sup> .....	48
3.2 Deneylerde kullanılmak üzere ISO 8688-1 standardına bağlı kalınarak seçilen sert metal uç değiştirilebilir uçlu yüzey frezeleme başlığı ve kartuş <sup>(56)</sup> .....	48

3.3 ISO 8688-1 standardında kullanılması istenilen SPAN 1203EDR geometrisine sahip kare sert metal değiştirilebilir uç <sup>(54)</sup> .....	49
3.4 Deneylerde kullanılmak üzere ISO 8688-1 standardına bağlı kalınarak seçilen kesici takım geometrisi <sup>(56)</sup> .....	49
3.5 İş parçası bağlama şekli.....	53
3.6 Bir V <sub>c</sub> -T eğrisi örneği(logaritmik ölçü).....	55
4.1 1.2379 soğuk-iş takım çeliğinin PVD kaplamalı seramik kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri.....	58
4.2 1.2379-PVD kaplamalı seramik, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi.....	59
4.3 1.2379-PCBN, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi.....	60
4.4 1.2379 soğuk-iş takım çeliğinin PCBN kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri.....	61
4.5 1.2379-CVD kaplamalı sert metal, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi.....	62
4.6 1.2379 soğuk-iş takım çeliğinin CVD kaplamalı sert metal kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri.....	63
4.7 1.2379-kaplamasız sermet, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi.....	64
4.8 1.2379 soğuk-iş takım çeliğinin kaplamasız sermet kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri.....	65
4.9 800 m/dak kesme hızında PVD TiN kaplamalı Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /TiCN tabanlı seramik kesici takımdaki yanıl yüzey aşınması.....	65
4.10 400, 600 ve 1200 m/dak kesme hızında PCBN kesici takımda oluşan	



yanal yüzey aşınmaları.....	66
4.11 300 m/dak kesme hızında CVD TiN-TiCN-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> kaplamalı sert metal için yanal yüzey aşınması.....	67
4.12 100 m/dak kesme hızında kaplamasız sermet uçtaki için aşınma değerleri (a)Yanal yüzey, (b) Talaş yüzeyi.....	68
4.13 1.2080-PVD TiN kaplamalı seramik, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi.....	69
4.14 1.2080 soğuk-iş takım çeliğinin PVD kaplamalı seramik kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri.....	70
4.15 1.2080-PCBN, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi.....	71
4.16 1.2080 soğuk-iş takım çeliğinin PCBN kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri.....	72
4.17 1.2080 - PVD TiAlN kaplamalı sermet, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi.....	73
4.18 1.2080 soğuk-iş takım çeliğinin PVD TiAlN kaplamalı sermet kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri.....	74
4.19 1.2080- kaplamasız sermet, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi.....	75
4.20 1.2080 soğuk-iş takım çeliğinin kaplamasız sermet kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri.....	76
4.21 1000 m/dak kesme hızında PVD TiN kaplamalı Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /TiCN tabanlı seramik kesici takım için aşınma karakteristiği.....	76
4.22 900 m/dak kesme hızında PCBN kesici takım için aşınma bölgeleri.....	77
4.23 200 m/dak kesme hızında PVD TiAlN kaplamalı sermet için aşınma değeri...	78
4.24 200 m/dak kesme hızında kaplamasız sermet uç için aşınma karakteristiği.....	78

4.25	1. 2344-PVD TiN kaplamalı seramik, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi.....	80
4.26	1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin PVD kaplamalı seramik kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri.....	80
4.27	1. 2344-PCBN, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi.....	82
4.28	1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin PCBN kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri.....	82
4.29	1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin CVD kaplamalı sert metal kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri.....	83
4.30	1. 2344- CVD kaplamalı sert metal, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi.....	84
4.31	1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin PVD kaplamalı sermet kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri.....	85
4.32	1. 2344- PVD TiAlN kaplamalı sermet, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi.....	86
4.33	1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin PVD kaplamalı sert metal kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri.....	87
4.34	1. 2344- PVD kaplamalı sert metal, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi.....	88
4.35	1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin kaplamasız sermet kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri.....	89
4.36	1. 2344- kaplamasız sermet, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi.....	90
4.37	800 m/dak kesme hızında PVD TiN kaplamalı Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /TiCN tabanlı seramik kesici takımdaki yanal yüzey aşınması.....	91
4.38	900 m/dak kesme hızında PCBN kesici takım için yanal yüzey aşınması.....	92

4.39 400 m/dak kesme hızında CVD TiN-TiCN-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> kaplamalı sert metal takımında yanıl yüzey aşınması.....	92
4.40 200 m/dak kesme hızında PVD TiN kaplamalı sert metal için yanıl yüzey aşınması.....	93
4.41 500 m/dak kesme hızında kaplamasız sermet uç için yanıl yüzey aşınması....	93
4.42 1. 2738- CVD kaplamalı sert metal, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi.....	95
4.43 1.2738 plastik kalıp çeliğinin CVD kaplamalı sert metal kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri.....	95
4.44 1. 2738- PVD kaplamalı sermet, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi.....	97
4.45 1.2738 plastik kalıp çeliğinin PVD kaplamalı sermet kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri.....	97
4.46 1. 2738- PVD kaplamalı sert metal, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi.....	99
4.47 1.2738 plastik kalıp çeliğinin PVD kaplamalı sert metal kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri.....	99
4.48 1. 2738- kaplamasız sermet, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi.....	101
4.49 1.2738 plastik kalıp çeliğinin kaplamasız sermet kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri.....	101
4.50 100 m/dak kesme hızında CVD TiN-TiCN-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> kaplamalı sert metal takım için yanıl yüzey aşınması.....	102
4.51 200 m/dak kesme hızında PVD TiAlN kaplamalı sermet için aşınma değeri.....	103

4.52 100 m/dak kesme hızında PVD TiN kaplamalı sert metal için yanal yüzey aşınması.....	103
4.53 250 m/dak kesme hızında kaplamasız sermet uç için yanal yüzey aşınması...	104
4.54 Sertleştirilmiş (56 HRC) 1.2379 soğuk-iş takım çeliğinin PCBN kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri...	105
4.55 Sertleştirilmiş 1.2379-PCBN, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi.....	106
4.56 100 m/dak kesme hızında PCBN kesici takım için aşınma değerleri, (a) Yanal yüzey, (b) Talaş yüzeyi.....	107
4.57 1.2080 soğuk-iş takım çeliğinin PCBN kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri.....	108
4.58 1.2080-PCBN, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi.....	109
4.58 100 m/dak kesme hızında PCBN kesici takım için aşınma değerleri, (a) Yanal yüzey, (b) Talaş yüzeyi.....	110
4.59 200 m/dak kesme hızında PCBN kesici takım için aşınma değerleri, (a) Yanal yüzey, (b) Talaş yüzeyi.....	110
4.60 Sertleştirilmiş 1.2344-PCBN, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi.....	112
4.61 Sertleştirilmiş (58 HRC) 1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin PCBN kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri....	112
4.62 Sert. 1.2344-CVD kaplamalı sert metal, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi.....	114
4.63 Sertleştirilmiş 1.2344 - CVD kaplamalı sert metal kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri.....	114
4.64 Sert. 1.2344- kaplamasız sert metal, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi.....	116

4. 65 Sertleştirilmiş 1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin kaplamasız sert metal kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri.....	116
4.66 Sert. 1.2344-kaplamasız sermet , takım ömrü-kesme hızı ilişkisi.....	118
4.67 Sertleştirilmiş (58 HRC) 1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin kaplamasız sermet ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri.....	118
4.68 300 m/dak kesme hızında PCBN kesici takım için aşınma değeri.....	119
4.69 50 m/dak kesme hızında CVD TiN-TiCN-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> kaplamalı sert metal için aşınma değeri.....	120
4.70 75 m/dak kesme hızında kaplamasız sert metal uçtaki aşınma.....	120
4.71 Farklı kesme hızlarında (25, 50, 75, 100 ve 125 m/dak) kaplamasız sermet ucun talaş yüzeyinde meydana gelen aşınmalar.....	121
4.72 1.2738-PVD TiN kaplamalı seramik, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi.....	123
4.73 1.2738 plastik kalıp çeliğinin PVD kaplamalı seramik kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri.....	123
4.74 1.2738-PCBN, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi.....	125
4.75 1.2738 plastik kalıp çeliğinin PCBN kesici takım ile işlenmesi neticesinde kesici takım aşınmaya kadar kaldırılan talaş hacimleri.....	125
4.76 600 m/dak kesme hızında PVD TiN kaplamalı Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /TiCN tabanlı seramik kesici takım için aşınma değeri.....	126
4.77 100 m/dak kesme hızında PCBN kesici takım için aşınma değeri.....	127

5.1 1.2379 soğuk-iş takım çeliğinin tavsiye edilen kesicilerle işlenilmesinde	
logaritmik takım ömrü-kesme hızı ilişkisi.....	128
5.2 1.2379 soğuk-iş takım çeliğinin tavsiye edilen kesicilerle işlenilmesinde talaş	
hacmi-kesme hızı ilişkisi.....	128
5.3 1.2080 soğuk-iş takım çeliğinin tavsiye edilen kesicilerle	
işlenilmesinde logaritmik takım ömrü-kesme hızı ilişkisi.....	130
5.4 1.2080 soğuk-iş takım çeliğinin tavsiye edilen kesicilerle işlenilmesinde	
talaş hacmi-kesme hızı ilişkisi.....	130
5.5 1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin tavsiye edilen kesicilerle	
işlenilmesinde logaritmik takım ömrü-kesme hızı ilişkisi.....	132
5.6 1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin tavsiye edilen kesicilerle işlenilmesinde	
talaş hacmi-kesme hızı ilişkisi.....	132
5.7 1.2738 plastik kalıp çeliğinin tavsiye edilen kesicilerle işlenilmesinde	
logaritmik takım ömrü-kesme hızı ilişkisi.....	134
5.8 1.2738 plastik kalıp çeliğinin tavsiye edilen kesicilerle işlenilmesinde	
talaş hacmi-kesme hızı ilişkisi.....	134
5.9 Sertleştirilmiş1.2379 soğuk-iş takım çeliğinin tavsiye edilen	
kesiciyle işlenilmesinde logaritmik takım ömrü-kesme hızı ilişkisi.....	135
5.10 Sertleştirilmiş1.2379 soğuk-iş takım çeliğinin tavsiye edilen	
kesicilerle işlenilmesinde talaş hacmi-kesme hızı ilişkisi.....	136
5.11 Sertleştirilmiş1.2080 soğuk-iş takım çeliğinin tavsiye edilen	
kesiciyle işlenilmesinde logaritmik takım ömrü-kesme hızı ilişkisi.....	137
5.12 Sertleştirilmiş1.2080 soğuk-iş takım çeliğinin tavsiye edilen	
kesicilerle işlenilmesinde talaş hacmi-kesme hızı ilişkisi.....	137
5.13 Sertleştirilmiş1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin tavsiye edilen	

kesicilerle işlenmesinde logaritmik takım ömrü-kesme hızı ilişkisi.....	139
5.14 Sertleştirilmiş 1.2344 sıcak-ış takım çeliğinin tavsiye edilen	
kesicilerle işlenmesinde talaş hacmi-kesme hızı ilişkisi.....	139
5.15 Sertleştirilmiş 1.2738 plastik kalıp çeliğinin tavsiye edilen kesicilerle	
işlenmesinde logaritmik takım ömrü-kesme hızı ilişkisi.....	140
5.16 Sertleştirilmiş 1.2738 plastik kalıp çeliğinin tavsiye edilen	
kesicilerle işlenmesinde talaş hacmi-kesme hızı ilişkisi.....	141

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### ÇİZELGE

1.1. Yapılan çalışmaların özeti.....	16
1.1.(Devam).....	17
1.1.(Devam).....	18
3.1 Mazak VTC 20 B dik-işleme merkezinin teknik özellikleri.....	43
3.2 Deney numune malzemeleri .....	44
3.3 1.2080 Soğuk-iş takım çeliğinin kompozisyonu .....	45
3.4 1.2344 Sıcak-iş takım çeliğinin kompozisyonu .....	45
3.5 1.2379 Soğuk-iş takım çeliğinin kompozisyonu.....	46
3.6 1.2738 plastik kalıp çeliğinin kompozisyonu.....	46
3.7. Deneyleerde kullanılan kesici takım malzemeleri.....	52
3.8 Deneyleerde kullanılacak işleme parametreleri <sup>(54)</sup> .....	54
3.9 Deneyleerde kullanılan işleme parametreleri <sup>(54)</sup> .....	54
4.1 1.2379 soğuk-iş takım çeliğinin PVD TiN kaplamalı Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /TiCN tabanlı seramik kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar.....	58
4.2 1.2379 soğuk-iş takım çeliğinin PCBN kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar.....	60
4.3 1.2379 soğuk-iş takım çeliğinin CVD TiN-TiCN-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> kaplamalı sert metal kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar.....	61



4.4	1.2379 soğuk-iş takım çeliğinin kaplamasız sermet kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar.....	63
4.5	1.2080 soğuk-iş takım çeliğinin PVD kaplamalı seramik kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar.....	69
4.6	1.2080 soğuk-iş takım çeliğinin PCBN kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar.....	71
4.7	1.2080 soğuk-iş takım çeliğinin PVD TiAlN kaplamalı sermet kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar.....	72
4.8	1.2080 soğuk-iş takım çeliğinin kaplamasız sermet kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar.....	74
4.9	1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin PVD kaplamalı seramik kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar.....	79
4.10	1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin PCBN kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar.....	81
4.11	1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin CVD kaplamalı sert metal kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar.....	83
4.12	1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin PVD kaplamalı sermet kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar.....	85
4.13	1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin PVD kaplamalı sert metal kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar.....	87

4.14	1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin kaplamasız sermet kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar.....	89
4.15	1.2738 plastik kalıp çeliğinin CVD kaplamalı sert metal kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar.....	94
4.16	1.2738 plastik kalıp çeliğinin PVD kaplamalı sermet kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar.....	96
4.17	1.2738 plastik kalıp çeliğinin PVD kaplamalı sert metal kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar.....	98
4.18	1.2738 plastik kalıp çeliğinin kaplamasız sermet kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar.....	100
4.19	Sertleştirilmiş (56 HRC) 1.2379 soğuk-iş takım çeliğinin PCBN kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar.....	105
4.20	1.2080 soğuk-iş takım çeliğinin PCBN kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar.....	108
4.21	Sertleştirilmiş (58 HRC) 1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin PCBN kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar.....	111
4.22	Sertleştirilmiş 1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin CVD kaplamalı sert metal kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar.....	113
4.23	Sertleştirilmiş (58 HRC) 1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin kaplamasız sert metal kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar.....	115

4.24	Sertleştirilmiş (58 HRC) 1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin kaplamasız sermet kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar.....	117
4.25	Sertleştirilmiş 1.2738 plastik kalıp çeliğinin PVD kaplamalı seramik kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar.....	122
4.26	Sertleştirilmiş (55HRC) 1.2738 plastik kalıp çeliğinin PCBN kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar.....	124
5.1.	Takım Ömrü Sabitleri.....	144

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	iii
TEŞEKKÜR .....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xv
İÇİNDEKİLER .....	xix
1.GİRİŞ.....	1
1.1. Literatür Araştırması.....	1
1.2. Literatür Araştırmasının Değerlendirilmesi.....	14
1.3. Çalışmanın Amacı.....	14
2. KURAMSAL TEMELLER.....	19
2.1. İşlenebilirlik ve İşlenmesi Güç Malzemeler.....	19
2.2. İş Parçası Malzemesi .....	20
2.3. Takım Malzemeleri .....	25
2.4. Takım Ömrü.....	29
2.5. Takım Aşınması.....	30
2.5.1. Aşınma Mekanizmaları.....	30
2.5.2. Aşınma Tipleri.....	33
2.6. Talaş Kaldırmayı Etkileyen Faktörler.....	40
3. MATERYAL VE METOD.....	43
3.1. Takım Tezgahı.....	43
3.2. Deney Numuneleri.....	44
3.2.1. 1.2080 Soğuk-İş Takım Çeliği .....	45

3.2.2.	1.2344 Sıcak-İş Takım Çeliği .....	45
3.2.3.	1.2379 Soğuk-İş Takım Çeliği .....	46
3.2.4.	1.2738 Plastik Kalıp Çeliği.....	46
3.3.	Kesici takım Takımlar ve Takımlama Sistemi.....	47
3.4.	Kesici Takım Kaliteleri.....	50
3.5.	Bağlama Aparatları.....	53
3.6.	Ölçüm Cihazları.....	53
3.7.	Deney Deseninin Oluşturulması.....	53
4.	ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	57
4.1.	Haddelenmiş 1.2379 Soğuk-İş Takım Çeliğine Ait Sonuçlar.....	57
4.2.	Haddelenmiş 1.2080 Soğuk-İş Takım Çeliğine Ait Sonuçlar.....	68
4.3.	Haddelenmiş 1.2344 Sıcak -İş Takım Çeliğine Ait Sonuçlar.....	79
4.4.	Haddelenmiş 1.2738 Plastik Kalıp Çeliğine Ait Sonuçlar.....	94
4.5.	Sertleştirilmiş 1.2379 Soğuk-İş Takım Çeliğine Ait Sonuçlar....	104
4.6.	Sertleştirilmiş 1.2080 Soğuk-İş Takım Çeliğine Ait Sonuçlar.....	107
4.7.	Sertleştirilmiş 1.2344 Sıcak-İş Takım Çeliğine Ait Sonuçlar.....	111
4.8.	Sertleştirilmiş 1.2738 Plastik Kalıp Çeliğine Ait Sonuçlar.....	121
5.	SONUÇ.....	127
5.1.	Haddelenmiş 1.2379 Soğuk-İş Takım Çeliğine Ait Değerlendirmeler..	127
5.2.	Haddelenmiş 1.2080 Soğuk-İş Takım Çeliğine Ait Değerlendirmeler..	129
5.3.	Haddelenmiş 1.2344 Sıcak-İş Takım Çeliğine Ait Değerlendirmeler...	131
5.4.	Haddelenmiş 1.2738 Plastik Kalıp Çeliğine Ait Değerlendirmeler.....	133
5.5.	Sertleştirilmiş 1.2379 Soğuk-İş Takım Çeliğine Ait Değerlendirmeler.....	135

5.6. Sertleştirilmiş 1.2080 Soğuk-İş Takım Çeliğine Ait	
Değerlendirmeler.....	136
5.7. Sertleştirilmiş 1.2344 Sıcak-İş Takım Çeliğine Ait	
Değerlendirmeler.....	138
5.8. Sertleştirilmiş 1.2738 Plastik Kalıp Çeliğine Ait Değerlendirmeler....	140
5.9. Genel Değerlendirmeler.....	141
KAYNAKLAR.....	145
ÖZGEÇMİŞ.....	149

# 1.GİRİŞ

Talaşlı imalat uygulamaları iyi yüzey kalitesi, tolerans hassasiyeti ve yüksek doğruluk eldesi gibi özellikleriyle imalat yöntemleri arasında çok önemli bir yere sahiptir. Talaşlı imalat endüstriyel alanda, tüm imalat yöntemlerinin büyük bir kısmını oluşturmaktadır.

Malzeme ve bilgisayar teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak geliştirilen yeni malzemeler, bu malzemeleri işleyecek kesici takımlar ve Bilgisayarla Sayısal Denetimli (BSD) tezgahlar da sürekli gelişmektedir. Bunun sonucu olarak daha kaliteli iş, daha kısa sürelerde daha ucuza gerçekleştirilmektedir.

İmalat yöntemleri içinde önemli bir yere sahip olan talaşlı üretim yöntemlerinin verimliliğini artırmak; işlenecek parçanın malzemesi, takım malzemesi ve takımlama sistemleri göz önünde bulundurularak seçilecek işleme parametrelerinin optimizasyonun yapılmasıyla mümkündür.

## 1.1. Literatür Araştırması

İşlenmesi güç malzemelerin, özellikle yüksek hızlarda talaşlı imalatı araştırmacıların ilgisini çeken önemli bir konu olmuştur. Yapılan çalışmalar sonucunda, talaş kaldırma miktarını artırma ve maliyeti azaltma yönünde birçok gelişme sağlanmıştır. Yapılan çalışmalar genel hatlarıyla aşağıda özetlenmiştir.

Nieminen, Paro ve Kauppinen<sup>(1)</sup> işlenmesi güç malzemelerin yüksek hızlarda frezelenmesi üzerine araştırma yapmışlardır. Grafit elektrodu, polimer matrisli kompozit malzemeyi, ureol (termoset), polikarbonat (termoplastik) ve ~60 HRC sertliğindeki soğuk iş çeliği gibi işlenmesi güç malzemeleri karbür, sermet ve CBN kesici takım malzemeli parmak freze ile yüksek hızlarda işleyip yanal yüzey

aşınmasını ölçüp, en büyük 0.3 mm olacak şekilde takım ömürlerini talaş hacmi ( $\text{cm}^3$ ) cinsinden belirtmişlerdir.

Fallböhmer, Rodriguez, Özel ve Altan<sup>(2)</sup> dökme demir, 30, 46 ve 59 HRC sertliğindeki kalıp çeliklerini; CBN, kaplamasız sert metal, TiN, TiCN, TiAlN kaplamalı sert metal ve PCBN kesici takımlar ile yüksek hızlarda frezelemişlerdir. Ömür kriterini, yanal yüzey aşınması 150 $\mu\text{m}$  olacak şekilde alarak, adı geçen kesici takımları işlenmiş alan cinsinden karşılaştırmışlardır.

Dewes ve Aspinwall<sup>(3)</sup> sertleştirilmiş çeliklerin yüksek hızlarda işlenmesiyle ilgili yapılan çalışmalardan bir özet makale oluşturmuşlardır. Yapılan çalışmaları, takım aşınması/ömür, yüzey pürüzlülüğü, ölçüsel hassasiyet ve maliyet analizi ile ilgili yapılan çalışmaları sınıflandırarak özetlemişlerdir.

Koshy, Dewes ve Aspinwall<sup>(4)</sup> ~58 HRC sertliğindeki takım çeliğini farklı kaplamalara sahip WC kesici takımlarla yüksek hızlarda frezelemişler ve ömür-kesme hızı karşılaştırması yapmışlardır. Müsaade edilen en büyük yanal yüzey aşınmasını 0.3 mm olacak şekilde alıp, takım ömürlerini kesme uzunluğu (m) cinsinden belirtmişlerdir.

Coldwell, Woods, Paul, Koshy, Dewes ve Aspinwall<sup>(5)</sup> sertleştirilmiş kalıp ve pres takım çeliklerini AlTiN kaplamalı karbür matkap ile yüksek hızlarda delmişler ve ömür (kesme uzunluğu-m)-kesme hızı, kesme kuvveti-kesme hızı, aşınma-ömür ikililerini karşılaştırmışlar ve kesme sıvısı etkisini incelemişlerdir.

Urbanski, Koshy, Dewes ve Aspinwall<sup>(6)</sup> ~52 HRC sertliğindeki sıcak iş takım çeliğini, değiştirilebilir uçlu parmak freze ile yüksek hızlarda işleyip, takım aşınması/ömrü (en büyük yanal yüzey aşınması 0.3 mm değerine ulaştığında kesme uzunluğu-m cinsinden), yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetini incelemişlerdir.



Kim ve Kang<sup>(7)</sup> alüminyum malzemeyi elmas parmak freze ile yüksek hızlarda işleyerek aşınma fotoğraflarını çekip, yüzey pürüzlülüğü-kesme hızı arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir.

Iuliano, Settineri ve Gatto<sup>(8)</sup> metal matrisli kompozit malzemeyi CVD kaplamalı ve kaplamasız sert metal kesici takımlar ile yüksek hızlarda tornalamış, yüzey pürüzlülüğü, talaş oluşumunu ve aşınmayı incelemişlerdir.

Dolinsek, Sustarsic ve Kopac<sup>(9)</sup> 50 HRC sertliğindeki sıcak dövme kalıp çeliğini (X38CrMoV5 3) TiN ve AlN kaplamalı (PVD) karbür parmak frezeler ile işlemişler ve 60, 120, 180, 240, 260 dakika sonunda SEM görüntüleri ile aşınma mekanizmalarını incelemişlerdir. Sonuç olarak aşınmanın ana sebebinin oksidasyon olduğunu tespit etmişlerdir.

Liu, Ai, Zhang, Wang ve Wan<sup>(10)</sup> 135-150 HB serliğindeki dökme demir ve 35-40 HRC sertliğe temperlenmiş, 45-50 HRC değerine serleştirilmiş karbon çeliğini, PCBN (%50 CBN), Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> tabanlı seramik, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tabanlı seramik, saf Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> seramik, kaplamalı karbür (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+TiC) ve sinterlenmiş karbür gibi farklı alın freze takımlarıyla yüksek hızlarda frezelemişlerdir. Sonuç olarak bu farklı malzemelere sahip kesici takımlardaki aşınma tipi ve mekanizmalarını tespit etmişlerdir.

Dewes, Ng, Chua, Newton ve Aspinwall<sup>(11)</sup> ~52 HRC sertliğindeki sıcak iş takım çeliğini TiCN kaplamalı parmak freze ile yüksek hızlarda işlemişler, oluşan sıcaklığı ısıl-çift ve infrared tekniği kullanarak ölçmüşlerdir. Sonuç olarak sıcaklığın artan kesme hızıyla arttığını ve aşınmış kesici takımların yüksek sıcaklık oluşturduğunu tespit etmişlerdir.

Sharman, Dewes ve Aspinwall<sup>(12)</sup> Inconel 718 malzemeyi TiAlN ve CrN kaplamalı (PVD) parmak frezeler ile farklı kesme hızlarında ve farklı iş parçası bağlama açılarıyla işlemişler ve takım ömürlerini en büyük aşınma 0.3 mm değerine

ulaştığında kesme uzunluğu (m) cinsinden tespit etmişlerdir. Sonuç olarak en uzun takım ömrünü, TiAlN kaplamalı kesici takım ile 90 m/min kesme hızında ve 45 derecelik bağlama açısıyla elde etmişlerdir. Ayrıca ömre en fazla etki eden değişkenin kaplama olduğunu gözlemlemişlerdir.

Lacalle, Lamikiz, Sanchez ve Arana<sup>(13)</sup> dökme demir zımba kalıplarının yüksek hızlarda frezelenmesi ile ilgili çalışma yapmışlardır. Kaplamalı karbür ve PCBN kesici takımlar kullanmışlar, izin verilebilir yanal yüzey aşınmasını 0.15 mm almışlar ve kesme uzunluklarını tespit etmişlerdir. Sonuç olarak kaplamalı karbür uç için uygun kesme hızı değerini 140 m/dak ve PCBN için ise 300 m/dak olarak bulmuşlardır.

D'Errico, Gfuglielmi ve Rutelli<sup>(14)</sup> TiN, TiCN, TiAlN, TiAlCN, TiAlNbN ve MoS<sub>2</sub> gibi farklı kaplama çeşitlerine sahip WC ve sermet kesici takımlarla AISI 1045 çeliğini işlemişlerdir. Yanal yüzey aşınmasını en fazla 0.2 mm olarak kesme süresini ve kaldırılan talaş hacmini tespit etmişlerdir. Ayrıca farklı kaplamalara sahip kesici takımların, aşınmalarının zamanla değişimini, işleme maliyetlerini ve kesici takımlarda oluşan kesme kuvvetlerini tartışmışlardır.

Ning, Rahman ve Wong<sup>(15)</sup> 55 HRC sertliğindeki sıcak iş takım çeliğini yüksek hızlarda frezeleyerek talaş şekillerini ve aşınma tiplerini tespit etmeye çalışmışlardır. Sonuç olarak dört farklı şekilde talaş tespit etmişler ve baskın aşınma tipinin yanal yüzey aşınması olduğunu gözlemlemişlerdir.

Kitagawa, Kubo ve Maekawa<sup>(16)</sup> Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> tabanlı seramik, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tabanlı seramik+TiC kaplama ve K10 kalitesinde karbür kesici takım kullanarak Inconel 718 ve Ti-6Al-6V-2Sn malzemelerini torna ve freze tezgahlarında işleyerek, oluşan sıcaklık ve aşınmayı araştırmışlardır. En büyük yanal yüzey aşınması değeri 0.2 mm

olmak üzere kesme hızı-kesme uzunluğu (m) ve kesme hızı-sıcaklık grafiklerini oluşturmuşlardır.

Rao ve Shin<sup>(17)</sup> 7075-T6 alüminyum malzemeyi kaplamasız karbür ve elmas uç ile yüzey frezeleme işlemine tabi tutmuşlar, kesme kuvveti, talaş morfolojisi ve yüzey sürekliliğini incelemiştir. Sonuç olarak kesme gerilmelerini ve oluşan sıcaklığını teorik olarak ve sonlu elemanlar yöntemiyle hesaplamışlar ve yüksek hız rejimlerinde yaklaşık aynı sonuçları elde etmişlerdir. Ayrıca oluşan kesme gerilmelerinin de (250~300 MPa), malzemenin mukavemetinden (500~550 MPa) daha küçük değerlere sahip olduğunu gözlemlemiştir. Buna ek olarak hız arttıkça yüzey kalitesinin de geliştiğini gözlemlemiştir.

Aslan<sup>(18)</sup> 62 HRC değerine sertleştirilmiş soğuk iş takım çeliğini TiCN kaplamalı karbür, TiCN+ TiAlN kaplamalı karbür, TiAlN kaplamalı sermet, TiCN kaplamalı seramik (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ve CBN gibi farklı kesici takımlar ile frezeleme işlemine tabi tutarak takım performanslarını araştırmıştır. Sonuçları yanal yüzey aşınması-kesici takım ömrü (1200 mm<sup>3</sup>'lük talaş hacmini kaldırarak), yanal yüzey aşınması-talaş hacmi, yüzey pürüzlülüğü-kesici takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğü-aşınma şeklinde açıklamıştır.

Ekinovic, Dolinsek ve Begovic<sup>(19)</sup> 63-65 HRC sertliğindeki 90MnCrV8 çeliğinin CVD kaplamalı karbür kesici takım ile yüksek hızlarda işlenebilirliğini araştırmışlardır. Sonuç olarak kesme hızı, takım çapı ve işlenen malzemenin sertliğinin ölçülen yüzey pürüzlülüğünü etkilediğini gözlemlemiştir. Kesme hızı arttıkça ve takım çapı küçüldükçe yüzey kalitesinin iyileştiği sonucuna ulaşmışlardır.

Kopac, Sokovic ve Dolinsek<sup>(20)</sup> 47-48 HRC sertliğindeki X38CrMoV5.1 çeliğinin kaplamalı karbürlerle konvansiyonel ve yüksek hızlarda frezelenmesi üzerine çalışmışlar, takım aşınması ve aşınma çeşitlerini karşılaştırmışlardır. Sonuç

olarak aşınma mekanizmalarının kesme sıcaklığıyla çok yakından ilintili olduğu tespit edilmiştir. Düşük kesme sıcaklıklarında basınç kaynağı oluşumuyla sıvanma meydana gelirken, yüksek sıcaklıklarda ise difüzyon ve oksidasyon neticesinde oluşan aşınma gözlemlenmiştir. Ayrıca sermetlerin bitirme işlemlerinde (düşük kesme derinliği ve ilerleme) sert metallere daha iyi sonuç verdiklerini tespit etmişlerdir. Buna ek olarak kaplama şekline göre kaplamalı sert metallere de iyi sonuçlar alındığını gözlemlemişlerdir.

Li, He, M. Wang ve Z.G. Wang<sup>(21)</sup> Inconel 718 nikel alaşımını çeliğini kaplamalı karbür ve seramik kesici takımlarla tornalama işlemine tabi tutmuş, aşınma mekanizmalarını gözlemlemişlerdir. Ayrıca Taylor denklemini kullanarak ve ortalama yanal yüzey aşınmasını 0.4, en büyük yanal yüzey aşınmasını 0.6 mm olarak, kesme hızı optimizasyonu yapmışlardır.

Farhat<sup>(22)</sup> P20 takım çeliğini CBN kesici takım ile yüksek hızlarda tornalama işlemine tabi tutmuş ve aşınma mekanizmalarını incelemiştir. Ayrıca yanal yüzey aşınması (en büyük 0.2 mm) - kesme uzunluğu (m), sürtünme katsayısı-kesme hızı değerlerinin karşılaştırmalarını yapmıştır.

Sokovic, Kopac, Dobranski ve Adamiak<sup>(23)</sup> 47-48 HRC sertliğindeki X63CrMoV5.1 kalıp çeliğini, farklı kaplamalara sahip karbür uçlarla yüksek hızlarda kuru kesmeye tabi tutmuş ve aşınma tiplerine ait SEM görüntüleriyle değerlendirmişlerdir.

Korkut, Kasap, Çiftçi ve Şeker<sup>(24)</sup> AISI 304 östenitik paslanmaz çeliğin sert metal kesici takımlarla işlenmesinde en uygun işleme parametrelerinin belirlenmesi üzerine çalışmışlardır. AISI 304 östenitik paslanmaz çeliği 3 farklı kesme hızında tornalamış, bu farklı kesme hızlarındaki talaş oluşumlarını, kesici takımında oluşan aşınmayı ve yüzey pürüzlülüğünü incelemişlerdir. AISI 304 östenitik paslanmaz

çeliğin işlenmesinde düşük yanal yüzey aşınması ve iyi yüzey pürüzlülüğü sebebiyle en uygun kesme hızını 180 m/dak olarak belirlemişlerdir. Düşük kesme hızlarında kesici takım ucunda meydana gelen yüksek sıcaklıkların aşınmayı artırdığını gözlemlemişlerdir.

Sağlam, Yıldız ve Ünsaçar<sup>(25)</sup> kesici takım geometrisinin ve kesme hızlarının kesme kuvvetine ve kesici takım ucunda oluşan sıcaklığa etkilerini incelemişlerdir. Deneilerde 40 HRC'ye sertleştirilmiş AISI 1040 çeliğini 4 farklı talaş açısı, 4 farklı yaklaşma açısı ve 4 farklı kesme hızıyla tormalamışlar ve sonuçları irdelemişlerdir. Kesme hızı artırıldığında kesme kuvvetinin azaldığını buna karşılık kesici uçta oluşan sıcaklığın arttığını gözlemlemişlerdir. Ayrıca pozitif talaş açısındaki artışla kesme kuvvetinin azaldığını ve en uygun talaş açısının 12° olduğunu tespit etmişlerdir. Buna ek olarak gerçekleştirilen tüm deneylerde ölçülen kesme kuvveti ve ölçülen kesici takımın ucunda oluşan sıcaklık değerlerini, hesaplanan kesme kuvveti ve hesaplanan kesici takımın ucunda oluşan sıcaklık değerleri ile karşılaştırmışlar ve tablolarla göstermişlerdir.

Jianxin, Tongkun ve Lili<sup>(26)</sup> 45-50 HRC değerine sertleştirilmiş çeliği Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiB<sub>2</sub> seramik kesici takım ile yüksek hızlarda kesme sıvısı kullanmadan tormalama işlemine tabi tutmuşlar ve seramik kesici takımın kendinden yağlama etkisini araştırmışlardır.

Kang, Park ve Kim<sup>(27)</sup> 62 HRC sertliğindeki kalıp çeliğini AlP-TiAlN kaplamalı karbür uç ile yüksek hızlarda frezeleme işlemine tabi tutmuşlar, kesme kuvvetini, yüzey pürüzlülüğünü ve aşınmayı kesme uzunluğu değişimince ölçmüşlerdir. Aşınma kriterini yanal yüzey aşınması 0.1 mm olacak şekilde almışlar ve kesme uzunluğunu m cinsinden ifade etmişlerdir.

Dolinsek, Ekinovic ve Kopac<sup>(28)</sup> 47-48 HRC sertliğindeki X63CrMoV5.1 kalıp çeliğini CVD kaplamalı karbür kesici takım ile işlemişler ve talaş oluşum mekanizmalarını araştırmışlardır.

Farhat<sup>(29)</sup> P20 kalıp çeliğini kaplamalı WC kesici takım ile yüksek hızlarda tornalama işlemine tabi tutmuş ve farklı kesme hızlarındaki yanıl yüzey aşınmasının, kesme uzunluğu artışıyla nasıl değiştiiğini göstermiştir. Ayrıca aşınma oranı- kesme hızı, talaş sertliği-kesme hızı ve sürtünme katsayısı-kesme hızı arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Bunlara ilaveten kesici takımlardaki aşınmaların tespiti SEM görüntüleri ile yapılıp, EDX spektrumuyla da kimyasal etkileşimlerini incelemiştir.

Gamsız<sup>(30)</sup> yaptığı doktora çalışmasında 42CrMo4 (SAE-4150) ıslah çeliği, 16MnCr5 sementasyon çeliği ve X40CrMoV5.1(H13) takım çeliği malzemelerini CBN ve değişik kaplamalara sahip karbür uçlarla freze tezgahında hızlı talaş kaldırma prosesine tabi tutmuş, aşınma-ömür (Taylor) ilişkisini incelemiştir. Sonuç olarak kesme hızındaki artışa paralel olarak aşınmanın arttığını belirtmiş, CBN ve sert metal kesici takımlardaki etkilenmenin farklı olduğunu vurgulamıştır. CBN kesici takım ile işlemlerde kesme hızındaki artış ile aşınma orantılı olarak artarken, sert metal kesicilerdeki artışta ise büyük farklar olduğunu tespit etmiştir.

Mangır<sup>(31)</sup> yaptığı yüksek lisans çalışmasında DIN 1.2767 takım çeliğinin yüksek hızda frezeleme işlemine tabi tutmuş ve elde edilen yüzey özelliklerinin araştırmıştır. Sonuç olarak yüzey pürüzlülükleri değerlerini ekşnel ve yanıl ilerleme boyunca ölçmüş ve ekşnel yöndeki yüzey kalitesinin az da olsa daha iyi olduğunu belirtmiştir. Ayrıca küresel uçlu kesici takımlarla çalışılırken, iş parçasının 15° eğimli ağlanmasıyla en iyi yüzey kalitesi elde edilebileceğini tespit etmiş ve bunun için de 5 ekşneli tezgahlarla çalışmanın daha avantajlı olduğunu tespit etmiştir.

Camuşcu ve Aslan<sup>(32)</sup> AISI D3 takım çeliğini farklı kesici takımlarla parmak frezeleme işlemine tabi tutup, söz konusu kesici takımların performanslarını takım ömrü, yüzey pürüzlülüğü ve takım maliyeti terimleri cinsinden karşılaştırmışlardır. En büyük yanal yüzey aşınmasını 0.3 mm olarak takım ömürlerini talaş hacmi cinsinden tespit etmişlerdir.

Altın, Nalbant ve Taşkesen<sup>(33)</sup> Ø416x52.8 ölçülerindeki inconel 718 malzemeyi seramik kesici takımlarla torna tezgahında işlemiş, 273 cm<sup>3</sup> talaş kaldırılmış, aşınma tiplerine bakarak uygun kesici takım tespitine çalışmışlardır.

Işık<sup>(34)</sup>  farklı malzemeyi, 90MnCr8, AISI H10 (X32CrMo33), AISI 420 (X42Cr13), HSS, kaplamasız WC, TiAlN kaplamalı WC, TiC+TiCN+TiN (ISO P25) kaplamalı WC, kesici takımlarla torna tezgahında işlemiş, kesme parametrelerinin takım ömrüne etkisi, aşınmanın takım ömrüne etkisi ve kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisini incelemiştir. Sonuç olarak ilerlemenin yüzey pürüzlülüğünü etkileyen en önemli faktör olduğunu, daha sonra kesme derinliğinin etkidiğini ve en düşük etkinin ise kesme hızı tarafından gerçekleştirildiği hatta ilerleme ile karşılaştırıldığında ihmal edilebileceğini tespit etmiştir. İlerlemedeki artış olumsuz etkilerken kesme hızındaki artışın ise olumlu etkilediğini tespit etmiştir. Ayrıca kaplamalı sert metallere yapılan işlemlerde yanal yüzey aşınmasının krater aşınmasından çok daha etkili olduğunu ve kesme kuvvetleriyle yanal yüzey aşınmasının ilişkili olduğunu tespit etmiştir.

Ezugwu, Da Silva, Bonneya ve Machado<sup>(35)</sup> Ti-6Al-4V alaşımlı malzemeleri, farklı kesici takımlar ile yüksek basınçlı soğutma sıvısı kullanarak, torna tezgahında işlemişler ve kesici takımların performansını araştırmışlardır. Sonuç olarak takım ömrü söz konusu olduğunda, birçok CBN kalitesinin kaplamasız sert metal kalitelere

oranla daha kötü performans sergilediklerini tespit etmişlerdir. Ayrıca CBN yoğunluğundaki artışın burun aşınmasını artırdığını da tespit etmişlerdir.

Remadna ve Rigal<sup>(36)</sup> 52 HRC sertliğindeki temperlenmiş çelik malzemeleri torna tezgahında CBN kesici takım kullanarak işlemişler ve işleme parametrelerinin zamanla değişimini:

- ❖ Takım Ömrü - Zaman (min)
- ❖ Kesme Kuvveti,  $K_s$  ( $N/mm^2$ ) – Zaman (min)
- ❖ Yüzey Pürüzlülüğü ( $\mu m$ ) – Zaman (min)
- ❖ Takım aşınması, VB-KT (mm)-Zaman (min) cinsinden tespit etmişlerdir.

Khrais ve Lin<sup>(37)</sup> AISI 4140 çeliğini torna tezgahında TiAlN kaplı karbür kesici takım ile işlemişler, aşınma mekanizmalarını ve takım aşınmasını tespit etmişlerdir. Sonuç olarak AISI 4140 çeliğininin TiAlN kaplı karbür kesici takımla tornalanmasında en fazla hızın 410 m/dak olabileceği daha yüksek hızlarda kesicinin ani kırılma ile karşılaşabileceğini tespit etmişlerdir. Ayrıca yüksek hızlarda kuru kesmede baskın aşınma mekanizmalarının mikro-aşınma ve mikro-yorulma olduğunu tespit etmişlerdir. Islak kesmede ise mikro-termal aşınma mekanizmasının baskın aşınma mekanizması olduğunu belirterek kuru kesmede daha iyi sonuçlar alındığını tespit etmişlerdir. Son olarak da en uygun kesme hızının 260 m/dak altındaki hız olduğunu belirtmişlerdir.

Kang, J. S. Kim ve K. H. Kim<sup>(38)</sup> 62 HRC sertliğindeki AISI D2 kalıp çeliğini, farklı Ti-Si-N-kaplamalı parmak freze kesici takımlarla frezeleyerek işleme performanslarını;

- ❖ Kesme Kuvveti,  $F_c$  (N) - Kesme uzunluğu (m)
- ❖ Yüzey Pürüzlülüğü,  $R_a$  ( $\mu m$ ) - Kesme uzunluğu (m)
- ❖ Takım aşınması, VB (mm) - Kesme uzunluğu (m)



cinsinden tespit etmişlerdir.

Orhan, Er, Camuscu ve Aslan<sup>(39)</sup> 62 HRC sertliğindeki AISI D3 kalıp çeliğini, CBN kesici takım uçlarla frezelemişler ve takım aşınmasının titreşime dayalı olarak değişimini çalışmışlardır. Sonuç olarak aşınma arttıkça titreşimin de arttığı ve bu bilginin yer değiştirme ve hız genliğiyle de desteklendiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca titreşim açısından kritik aşınma değerinin 0,16 mm olduğunu gözlemlemişlerdir.

Camuşcu ve Aslan<sup>(40)</sup> 35 HRC ve 62 HRC sertliğine sertleştirilmiş AISI D3 takım çeliğini CBN kesici takım ile parmak frezeleme işlemine tabi tutup, kesici takım performansını yanal yüzey aşınması–talaş hacmi, takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğü açısından incelemişlerdir. Sonuç olarak CBN takım performansının iş malzemesinin sertliğiyle ilişkili olduğunu ve 62 HRC sertliğindeki malzemedan 60 cm<sup>3</sup> talaş kaldırma kabiliyetine sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca bu değer 35 HRC'nin altındaki sertliğe sahip malzeme için ise 260 cm<sup>3</sup>'e kadar çıktığını belirtmişlerdir.

J. Gu, Barber, Tung ve R.J. Gu<sup>(41)</sup> sertleştirilmiş AISI 4140 çeliğini kaplamasız ve kaplamalı kesici takım takımlarla frezeleme işlemine tabi tutup, takım ömrü ve aşınma mekanizmalarını incelemişlerdir. Sonuç olarak aşınma dayanımı açısından en iyi performansın sırasıyla TiAlN, TiN ve ZrN kaplı sert metal kesicilerden alındığını belirtmişlerdir. Ayrıca en uygun kesme hızının 120 m/dak olduğunu tespit etmişlerdir.

Vleugels ve Biest<sup>(42)</sup> 278 HB sertliğindeki AISI 4140 çeliğini farklı kaplamalı seramik takımlarla tornalama işlemine tabi tutup, kimyasal aşınma mekanizmalarını incelemişlerdir. Sonuç olarak kimyasal aşınmanın baskın olduğu durumlarda aşınmanın tahmin edilebilmesi için seramik denge çözünürlüğü–statik etkileşim çifti deneylerinin etkili olabileceğini belirtmişlerdir.

C.Y.H. Lim, S.C. Lim ve Lee<sup>(43)</sup> 89 HRB ertliğindeki AISI 1045 eliğini TiC kaplamalı sert metal takımla kuru tornalama işlemine tabi tutup, aşınma karakteristiğini incelemişler ve aşınma tipi haritası çıkarmışlardır.

Luo, Liao ve Tsai<sup>(44)</sup> 35, 45, 50 ve 55 HRC değerlerinde farklı sertliklere sahip AISI 4340 eliğini CBN ve seramik takımlarla tornalama işlemine tabi tutup, aşınma karakteristiğini incelemişler ve aşınma-takım ömrü grafiklerini oluşturmuşlardır.

Ezugwu ve Okeke<sup>(45)</sup> sertleştirilmiş elikleri PVD TiN kaplamalı takımlarla vida açma işlemine tabi tutup, takım ömrü ve aşınma mekanizmalarını incelemişlerdir. Sonuç olarak en uygun kesme hızının 200 m/dak ve ilerlemenin 0.44 mm/dev olduğunu belirtmişlerdir.

Paro, Hanninen ve Kauppinen<sup>(46)</sup> X5 CrMnN 1818 paslanmaz eliğini CVD TiN+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kaplamalı takımlarla tornalama işlemine tabi tutup, işlenebilirliği ve takım aşınmasını incelemişlerdir. Sonuç olarak aşınma mekanizmasının yüksek kesme kuvvetleri sonucunda meydana gelen takım ucunun ani aşınması veya kırılması olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca sıvanmanın oluşumunun da işlenebilirliği olumsuz etkilediğini belirtmişlerdir. Kesme hızının 60 m/dak'dan 70 m/dak'a çıkmasıyla takım ömrünün 10 dakikadan 5 dakikaya düştüğü gözlemlenmiştir.

S.C. Lim ve C.Y.H. Lim<sup>(47)</sup> kaplamalı takımların verimli kullanılması için aşınma tipi haritası kavramı yaklaşımını anlatmışlardır.

Poulachon, Moisan ve Jawahir<sup>(48)</sup> 38, 52 ve 60 HRC değerlerinde farklı sertliklere sahip AISI 52100 eliğini PCBN takımlarla tornalama işlemine tabi tutup, aşınma mekanizmalarını tartışmışlardır. Sonuç olarak PCBN için ana aşınma mekanizmasının sert alaşım karbür parçacıklarının meydana getirdiği aşındırma

aşınma mekanizması olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca CBN yoğunluğunun ve bağlayıcının takım ömrüne önemli etkisi olduğunu belirtmişlerdir.

Liew, Ngoi ve Lu<sup>(49)</sup> AISI 420 paslanmaz çeliğini PCBN takımlarla düşük hızlarda tornalama işlemine tabi tutup, aşınma mekanizmalarını incelemişlerdir. Kesici Takım Malzemesinin iç yapısındaki gözeneklerin, malzemenin sünekliğinin ve bağlayıcıların mukavemetinin malzemenin kırılma dayanımı üzerinde çok önemli etkisi olduğunu belirtmişlerdir. Bağlayıcı içeriğin artması ve tanecik boyutlarının düşmesi sonucunda PCBN takımın iç yapısındaki gözeneklerin azalacağını, sünekliğin artacağını ve böylece kırılma dayanımının artacağını tespit etmişlerdir.

Poulachon, Bandyopadhyay, Jawahir, Pheulpin ve Seguin<sup>(50)</sup> yaklaşık 54 HRC'ye sertleştirilmiş DIN X155CrMoV12 soğuk iş takım çeliğini, DIN X38CrMoV5 ve 35NiCrMo16 sıcak iş takım çeliklerini ve DIN 100Vr6 çeliğini CBN takımlarla tornalama işlemine tabi tutup, aşınma davranışlarını incelemişlerdir. Sonuç olarak CBN takımın aşınmasının iş malzemesinin mikro-yapısı ile ilişkili olduğunu ve mikro-yapıdaki karbür parçacıkların varlığının aşınmaya olan etkisini irdelemişlerdir.

Yen, Söhner, Lilly ve Altan<sup>(51)</sup> takım aşınmasının sonlu elemanlar yöntemiyle belirlenmesi üzerine araştırma yapmışlardır. Sonuç olarak aşınmanın zamanla değişimini ve böylece takım ömrü tahminini sonlu elemanlar yöntemiyle yapabildiklerini belirtmişlerdir.

Çizelge 1.1'de bu alanda yapılan çalışmaları, araştırmacı, çalışılan malzeme, kullanılan kesici takımlar, yapılan çalışma ve kullanılan tezgah olarak özetleyen bir tablo oluşturulmuştur.

## **1.2. Literatür Araştırmasının Değerlendirilmesi**

Yüksek hızlarda yapılan çalışmalar incelendiğinde, daha çok süper alaşımlar, yüksek sertliğe sahip takım ve kalıp çelikleri gibi işlenmesi güç malzemelerle ilgili oldukları görülmektedir. Çalışmaların bu malzemeler üzerine yoğunlaşmasındaki en önemli faktörlerin, süper alaşımların kullanımlarının yaygınlaşması ve işlenilmesinin zor olması, kalıp hazırlanırken büyük oranlarda talaş kaldırılması, hassas geometrik ve yüzey bitirme toleransı istenmesi ve sonuç olarak istenilen özelliklere sahip kalıp hazırlanmasında geçen zamanın ve maliyetin azaltılmak istenmesi olduğu görülmektedir.

Yapılan çalışmalarda malzeme çiftlerine ait takım ömrü grafiklerini oluşturmaya yönelik çalışma çok azdır. Daha ziyade, belirlenen kesme işlemi değişkenleri kombinasyonlarının karşılaştırılması şeklindeki çalışmalar yürütülmüştür. Oysa talaşlı imalat uygulamalarında asıl olan, takım ömrü değerlerinin belirlenerek, kesici takımın ne kadar sürede bir yenilenmesi gerektiğinin tespitidir. Bu, hem talaşlı imalat yönteminin kullanılma sebebi olan tolerans ve ölçüsel hassasiyetin sağlanması için hem de istenilen yüzey kalitesinin eldesi için gereklidir. Bu bilgiler ışığında, işlenmesi güç malzemelerin talaşlı imalatında, yeni üretilen kesici takımlarla, takım ömrü grafikleri oluşturmaya yönelik çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

## **1.3. Çalışmanın Amacı**

Malzeme teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak üretilen yeni malzemelerin işlenmesi, takım malzemelerinin ise denenerek uygun takım ve işleme

parametrelerinin tespiti, başka bir deyişle optimum işleme şartlarının sağlanması için sürekli olarak deneylerin yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Yapılan çalışma ile sanayide yaygın olarak kullanılan ve işlenmesinde güçlüklerle karşılaşılan sertleştirilmiş takım çelikleri, kalıp çelikleri gibi malzemelerden, geliştirilmiş yeni kesici takımlar ve kaplamalar ile seçilen farklı işleme değişkenleri kullanılarak talaş kaldırılmıştır. Değişik parametrelerle parça işlenirken kesici takımında oluşan aşınma ölçülmüş, aşınma mekanizmaları incelenmiş ve sonuç olarak farklı takım-malzeme çiftlerine ait takım ömrü grafikleri oluşturulmuştur. Bu çalışma ile endüstri uygulamalarında kullanılan takım ömrü değerlerinin tespiti için önemli bir veri tabanı oluşturulmuştur.

**Çizelge 1.1** Yapılan çalışmaların özeti

<b>Sayı ve harflerin Açılımları</b>					
<b>Malzemeler</b>	<b>Kesici Takım Malzemesi - Kaplamalar</b>			<b>Yapılan Çalışma - Tezgah</b>	
1. Çelikler (48HRC' ye kadar)	1. HSS	a. Kaplamasız	i. TiAlCN	1. Takım Ömrü	a. Freze
2. Paslanmaz Çelikler	2. Sermet	b. TiN	j. TiAlCN	2. Talaş Oluşumu	b. Torna
3. Dökme Demirler	3. Sert Metaller	c. TiCN	k. MoS <sub>2</sub>	3. Aşınma	c. Matkap
4. Demir Dışı Metaller	4. Seramikler	d. TiAlN	l. TiC	4. Yüzey Kalitesi	
5. Isıl Dirençli Alaşımlar	5. CBN	e. AlTiN	m. TiB <sub>2</sub>	5. Kesme Kuvveti	
6. Sertleştirilmiş Çelikler (48-65 HRC)	6. PCD	f. Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	n. AlN	6. Sıcaklık	
		g. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	o. Ti-Si-N	7. Diğer	
		h. CrN	p. ZrN		
<b>Araştırmacılar</b>	<b>Malzeme</b>	<b>Kesici takım</b>		<b>Yapılan Çalışma</b>	
1. Nieminen, Paro, Kauppinen	4, 6	2-a,3-a		1-a	
2. Fallböhmer, Rodriguez, Özel, Altan	1, 3, 6	3-b, 3-c, 3-e, 4-a, 4-d, 4-e, 5-a, 6-a		1-a	
3. Dewes, Aspinwall	6	3-b, 2-a, 5-a		1, 4-a	
4. Koshy, Dewes, Aspinwall	6	3-c+b, 2-a, 3-c+g+b, 3-d, 3-e		1-a	
5. Coldwell, Woods, Paul, Koshy, Dewes, Aspinwall	6	3-e		1-c	
6. Urbanski, Koshy, Dewes, Aspinwall	6	3-d, 3-h		1, 4, 5-a	
7. Kim, Kang	4	6-a		3, 4-a	
8. Iuliano, Settineri, Gatto	4	3-a		2, 3, 4-b	
9. Dolinsek, Sustarsic, Kopac	6	3-b, 3-n		3-a	

**Çizelge 1.1. (Devam)**

<b>Araştırmacılar</b>	<b>Malzeme</b>	<b>Kesici takım</b>	<b>Yapılan Çalışma</b>
10. Liu, Ai, Zhang, Wang, Wan	3, 6	5,4, 3-g+l	3-a
11. Dewes, Ng, Chua, Newton, Aspinwall	6	3-c	6-a
12. Sharman, Dewes, Aspinwall	5	3-d, 3-h	3-a
13. Lacalle, Lamikiz, Sanchez, Arana	3, 6	3-b, 5-a	1-a
14. D'Errico, Gfuglielmi, Rutelli	1	3-a, 3-b, 3-c, 3-i, 3-j 4-a, 4-b, 4-c, 4-i, 4-j	1-a
15. Ning, Rahman, Wong	6	3-d	1, 3, 5-a
16. Kitagawa, Kubo, Maekawa	5, 6	4-a, 4-l	1-a, 1-b, 6-a, 6-b
17. Rao, Shin	4	3-a, 6-a	1-a, 2-a
18. E. Aslan	6	2-d, 3-c, 3-c+d, 4-c, 5	1-a, 4-a
19. Ekinovic, Dolinsek, Begovic	6	3-b	2-a, 4-a
20. Kopac, Sokovic, Dolinsek	1	3-b	1-a, 3-a
21. Li, He, M. Wang, Z.G. Wang	5	3-b+c+b, 3-d, 3-g+l+c, 4-a	1-b, 3-b
22. Farhat	6	5-a	1-b, 3-b
23. Sokovic, Kopac, Dobranski, Adamiak	1	3-e	3-a
24. Korkut, Kasap, Çiftçi, Şeker	2	3-a	2-b, 3-b
25. Sağlam, Yıldız, Ünsaçar	1	3-a	5-b, 6-b
26. Jianxin, Tongkun, Lili	6	4-b	7-b (Yağlama etkisi)
27. Kang, Park, Kim	6	3-d	1,5-a
28. Dolinsek, Ekinovic, Kopac	1	3-b+g+c	2-a
29. Farhat	6	3-l	1,3-b
30. Erdal Gamsız	1, 6	3-c, 3-i, 5	1-a
31. Alper Mangır	6	3-a	1, 4-a

**Çizelge 1.1. (Devam)**

<b>Araştırmacılar</b>	<b>Malzeme</b>	<b>Kesici takım</b>	<b>Yapılan Çalışma</b>
32. N.Camuşcu, E.Aslan	6	2-d, 3-c, 3c+d, 4-a, 5-a	1-a, 4-a
33. A. Altın, M. Nalbant, A. Taskesen	5	4-a	1-b, 4-b
34. Yahya Isik	4	1-a, 3-a, 3-d, 3-l+c+b	1, 4, 5-b
35. E.O. Ezugwua	5	5	7-b (kesme sıvısı)
36. M. Remadna	6	5	1,5-b
37. S. K. Khrais, Y.J. Lin	2	3-d	3-a
38. Kang , J.S. Kim, K.H. Kim	6	3-b, 3-o	1, 4, 5-a
39. S. Orhan, A. O. Er, N. Camuscu, E. Aslan	6	5-a	3-a
40. E.Aslan, N.Camuşcu	6	5-a	1-a, 4-a
41. J. Gu, G. Barber, S. Tung ve R.J. Gu	6	3-b, 3-d, 3-p	3-a
42. J. Vleugels ve O.V.D. Biest	1	4-a	3-b
43. C.Y.H. Lim, S.C. Lim ve K.S. Lee	1	3-l	3-b
44. S.Y. Luo, Y.S. Liao ve Y.Y. Tsai	6	4-a, 5-a	3-b
45. E.O. Ezugwu, C.I. Okeke	6	3-b	1, 3-b
46. J. Paro, H. Hanninen ve V. Kauppinen	2	3-b+g	3-b
47. S.C. Lim ve C.Y.H. Lim	-	3-a, 3-l	3-b
48. G. Poulachon, A. Moisan ve I.S. Jawahir	1-6	5-a	3-b
49. W.Y.H. Liew, B.K.A. Ngoi ve Y.G. Lu	2	5-a	3-b
50. G. Poulachon, B.P. Bandyopadhyay, I.S. Jawahir, S. Pheulpin ve E. Seguin	6	5-a	3-b
51. Y-C. Yen, J.Söhner, B.Lilly ve T.Altan	-	-	3 - 7 (Sonlu Eleman)



## 2. KURAMSAL TEMELLER

### 2.1. İşlenebilirlik ve İşlenmesi Güç Malzemeler

İşlenebilirlik malzemelerin bir özelliği olup, malzemenin zor mu yoksa kolay mı işlendiğini gösterir. İşlenirken takımda düşük aşınma meydana getiren malzemeler iyi işlenebilirlik özelliklerine sahiptir denir. İşlenebilirlik; kesici takım ömrü, takım aşınma değeri, harcanan enerji ve elde edilen yüzey kalitesi gibi kesme işlemi karakteristikleriyle açıklanabilir. İşlenmesi güç malzemeler aynı zamanda işlenebilirliği de düşük olan malzemelerdir. Yani işlenirken kesici takımlarda daha fazla aşınma meydana getiren sert malzemeler, işlenirken daha fazla güç ve zaman harcanan ve istenilen yüzey kalitesine ulaşılırken güçlük çekilen malzemelerdir.

İşlenebilirlik, malzeme türüne bağlı olarak, iş parçasının işlenmeye karşı gösterdiği direnç olup, sonuçta iş malzemesine göre farklı olarak artmakta veya azalmaktadır. İş parçası daha güç işleniyorsa, işlenebilirliği de düşük olarak ifade edilir.

Genellikle, kesme hızı ve takım ömrü yüksekse, işlenen malzemenin işlenebilirliği yüksek kabul edilmektedir. Fakat bununla beraber, iyi yüzey kalitesi ve daha düşük kesme kuvvetinin oluşması da iyi işlenebilirliğin bir başka göstergesidir.

İşlenebilirliğe etkiyen faktörler, malzemenin mikro yapısı ve mekanik özelliklerinin etkisi, alaşım elementlerinin etkisi ve malzemeye uygulanan ısıl işlemin etkisi olarak sıralanabilir. Malzemenin mikro yapısında sert parçacıkların mevcut olması takım ömrünü kısaltır. Alaşımlandırma ile malzemenin iç yapısındaki parçacıklar değişeceğinden bu da işlenebilirliği etkileyecektir. Örneğin çeliklerde karbon miktarı arttıkça malzemenin sertliği arttığından takım ömrü azalır. Alaşım elementlerinden kükürt, fosfor ve kurşun işlenebilirliği artırır. Karbon oranı %0.3 ile

% 0.6 arasında ise işlenebilirliği olumlu etkiler. Malzemenin iç yapısındaki kristallerin boyutları arttıkça takım ömrü de artar. Isıl işlemle malzemenin mikro yapısı değişeceğinden, ısıl işlemi işlenebilirliği etkileyecektir.

## 2.2. İş Parçası Malzemesi

Parçalara düşük takım aşınması ve iyi işlenebilirlik veren malzeme özellikleri aşağıda sıralanmıştır. Bunlar:

- ❖ Düşük akma mukavemeti ve dolayısıyla düşük iş parçası sertliğine sahip olma,
- ❖ Takım ve atmosferle düşük kimyasal reaksiyona sahip olma,
- ❖ Yüksek termal iletkenliğe sahip olma,
- ❖ Düşük kırılma tokluğuna sahip olma,
- ❖ İyi mikro yapıya sahip olmadır.

Talaşlı imalat uygulamalarında işleme parametreleri seçimine göre iş parçası malzemeleri aşağıdaki şekilde gruplandırılmıştır.

- Çelikler (48 HRC seviyesine kadar) (ISO P)
  - Karbon çelikleri
  - Alaşımli çelikler
  - Takım çelikleri
- Paslanmaz Çelikler (ISO M)
- Dökme Demirler (ISO K)
  - Sfero dökme demirler
  - Gri dökme demirler
- Demir Dışı Malzemeler (N)
  - Bakır, pirinç, çinko

- Plastikler
- Kompozitler
- Alüminyum alaşımlar
- Isıl Dirençli Alaşımlar (HR) veya Süper Alaşımlar (S)
  - Demir esaslı ısıya dayanıklı alaşımlar
  - Kobalt esaslı ısıya dayanıklı alaşımlar
  - Nikel esaslı ısıya dayanıklı alaşımlar
  - Titanyum alaşımları
- Sertleştirilmiş Çelik ve Demirler (48-65 HRC) (H)

İş malzemelerini iyi işlenebilirlikten kötüye doğru sıralamak gerekirse, aşağıdaki gibi bir grupta yapılabilir<sup>(52)</sup>.

### ***Magnezyum ve alaşımları***

Düşük kayma mukavemetine ve düşük erime sıcaklığına (650°C) sahip olan magnezyum işlenmesi en kolay malzemelerdendir<sup>(52)</sup>.

### ***Alüminyum alaşımları***

Düşük erime sıcaklıklarına (659°C) sahip olan alüminyum alaşımlarının işlenmesi, kesme bölgesinde oluşacak sıcaklık değerlerinin kesici takım ucuna zarar verecek seviyede olmayacağından, kolaydır. Saf alüminyumun işlenmesi, sürtünme katsayısı alaşımlarına oranla daha yüksek olduğu için kesici takım yapışma eğilimi göstereceğinden daha zordur. Alüminyum alaşımlarında genellikle yanal (serbest) yüzey aşınması ortaya çıkar<sup>(52)</sup>.

### ***Bakır, pirinç ve bakır alaşımları***

Bakır da alüminyum gibi yüksek sünekliğe sahip olmasına karşın erime noktası yüksektir (1083°C). Bakır alaşımları da alüminyum alaşımlarında olduğu gibi iyi işlenebilirlik özelliklerine sahiptirler. Saf bakırın işlenmesi, kesici takım ile arasındaki yüksek sürtünme katsayısından dolayı zordur. Aşınma tipi olarak ise genelde yanal yüzey aşınması veya krater aşınması veya ikisi birden görülür. Bakırın işleme kalitesi soğuk şekillendirme ve alaşımlandırma neticesinde artar. Pirinç malzemedeki çinko oranının artırılması veya kurşun ilavesi kesme kuvvetini düşürür. Bakır alaşımları arasından işlenmesi güç olanlar, düşük çinkolu pirinçler, fosfor bronzlar ve yüksek demir ve nikel içeren, yüksek mukavemete sahip magnezyum ve alüminyum bronzlarıdır<sup>(52)</sup>.

### ***Saf demir***

Saf demirin işlenebilirliği de saf bakır ve alüminyumun işlenmesinde olduğu gibi zayıftır<sup>(52)</sup>.

### ***Çelikler: Alaşımlı çelikler ve ısı işlem görmüş çelikler***

Çelikteki karbon, mangan, krom, molibden, vanadyum, tungsten, kobalt vb. alaşım elementleri malzemenin mukavemetini artırır. Bu da kesici takım uca etkileyen gerilmeleri ve oluşacak sıcaklığı etkilemektedir. Elementlerin alaşımlandırmaya katkısı aşağıda verilmiştir.

❖ Karbon çeliğin mekanik özelliklerini en fazla etkileyen elemandır. Artan karbon oranı ile çeliğin dövme, kaynak, talaş kaldırma ve derin çekme ile şekillendirme yeteneği azalırken, sertleşme kabiliyeti artar.

- ❖ Mangan sertleştirilebilirliği ve sertliği artırırken kükürten kaynaklanan kırılmanın etkisini azaltır.
- ❖ Krom çeliğin mukavemetini artırırken kopma uzamasını azaltır, sertleşme derinliğini ve sertliği, korozyon ve oksidasyona karşı direnci artırır. Malzemede oluşan çok sayıdaki sert krom karbür parçacıkları işlenebilirliği olumsuz yönde etkiler.
- ❖ Molibden oluşturduğu özel karbürlerle kızıl sertliği artırır. Molibdenin az miktarı bile meneviş gevrekliğini giderir, ayrıca tane küçültücü etkisiyle sertliği artırır. Kroma benzer molibden karbür parçacıkları işlenebilirliği azaltır.
- ❖ Vanadyum da molibden gibi özel VC karbürleri sayesinde çeliğin aşırı ısıtılmasına karşı hassasiyeti azaltır. Vanadyum aşınma dirençlerini, meneviş tavlmasına dayanıklılığını, sıcağıdaki mukavemet değerini, sertleşme derinliğini ve sertliği artırır. Krom ve molibden gibi sert vanadyum karbür parçacıkları işlenebilirliği olumsuz yönde etkiler.
- ❖ Kobalt malzemeye su vermede sertleşme derinliğini azaltır, ferriti sertleştirir, böylece kızıl sertliği artırır. Ayrıca korozyon ve aşınma direncini, akma ve çekme mukavemetini az da olsa artırır. Buna karşın çekilebilme özelliğini düşürür.
- ❖ Nikel alaşımın mukavemetini ve özellikle perlitik-ferlitik çeliğin tokluğunu artırır.
- ❖ Tungsten yüksek sıcaklıklarda bile malzemenin dayanımını artırır. Ayrıca takım çeliklerinde sürtünmeden kaynaklanan aşınma direncini artırır.
- ❖ Fosfor özellikle düşük alaşımlı çeliklerde işlenebilirliği, korozyon direncini ve malzemenin dayanımını artırır. Malzemelerin akma mukavemeti ve sertliği, hem kompozisyona bağlı olarak hem de ısı işlemleriyle değişmektedir. Malzemeler mukavemet ve sertlik artırımı için ısı işleme tabi tutulduktan sonra kesici takım uca

uyguladıkları basma kuvvetleri bazen o kadar yüksek değere ulaşır ki, kesici takım ucun özelliğini yitirmesine neden olur. Malzemelerin tanecik boyutları küçüldükçe sertlikleri artar. Malzemeler kolay işlenebilmeleri için ısıl işlemlerle en az sertliğe indirilmelidir<sup>(52)</sup>.

### ***Düşük alaşımlı çelikler***

Çelikler içinde işlenmesi en kolay olanlarıdır<sup>(52)</sup>. Fakat uygun olmayan işleme parametreleri neticesinde, oluşan talaşın kesici takıma sıvanması (BUE) ihtimali yüksektir.

### ***Paslanmaz çelikler***

Sertleştirilmemiş karbon çeliklerine göre işleme için gereken güç daha fazladır. Östenitik paslanmaz çelikler, yüksek yüzey pekleşmesi ve düşük termal iletkenliklere sahip olması neticesinde daha fazla enerjiye ihtiyaç duyarlar. Bu özellikleriyle martenzitik ve ferritik paslanmaz çeliklere göre işlenmeleri daha güçtür. Aşındırıcı karbürlere sahip yüksek alaşımlı paslanmaz çelikler ise yüksek aşınma meydana getirirler<sup>(52)</sup>.

### ***Dökme demirler***

Çok sayıda sert karbürlere sahip olan beyaz dökme demirin ve fosfor oranı % 0.15'den büyük olan dökme demirlerin işlenmesi güçtür. Buna mukabil ferritik gri dökme demirlerin işlenmesi daha kolaydır<sup>(52)</sup>.

### ***Nikel ve nikel alaşımları***

Özellikle uzay endüstrisinde kullanılan kayma direnci yüksek olan nikel alaşımları işlenmesi en güç malzemelerdendir. Bunun ana sebepleri yüksek yüzey pekleşmesi ve titanyum karbür veya niobyum karbür benzeri sert aşındırıcı fazlara sahip olmalarıdır<sup>(52)</sup>.

### ***Titanyum ve titanyum alaşımları***

Düşük termal iletkenlikleri, kesici takıma basınç uygulama eğilimleri ve düşük elastisite modülüne sahip olmaları sonucunda burkulma oluşumuna sebebiyet verme özelliklerinden dolayı işlenmesi güç malzemelerdir<sup>(52)</sup>.

### ***Zirkonyum***

Zirkonyumun işlenebilirlik özellikleri titanyuma çok benzerdir ve çok güçtür<sup>(52)</sup>.

## **2.3. Takım Malzemeleri**

Kesici takımın sahip olması gereken özellikler yüksek sertlik, tokluk, aşınmaya karşı direnci, şiddetli darbelere karşı dayanıklılık, ısıl işlemlere karşı göstereceği direnç yani yüksek sıcaklıklarda bu özelliklerini koruyabilmesidir.

### ***Karbon çeliği***

Endüstriyel devrimin başlamasından 1860'lı yıllara değin kesici takım malzemesi olarak yalnız karbon çeliği kullanılmıştır. Yaklaşık % 0,8 ila %2

karbonlu karbon çeliği takım malzemesi olarak kullanılır. Takımın içindeki özellikleri iyileştirmek için birçok alaşım malzemeye ilave edilebilir. Bunlardan krom ve mangan sertliği, tungsten ise aşınmaya karşı direnci artırır. Günümüzde bu kesici takım malzemelerinin kullanımı bitmiştir denilebilir<sup>(53)</sup>.

### ***Yüksek hız çeliği***

Yüksek hız çelikleri (HSS), yüksek oranlarda tungsten (%18.91), krom (%5.47), düşük oranlarda da vanadyum (%0.29) ve mangan (%0.11) içeren çelik alaşımlardır. Düşük kesme hızları (en fazla 30-40 m/dak) ile hemen hemen bütün talaş kaldırma alanlarında ve yüksek tokluklarıyla özellikle delme ve parmak frezeleme işlemlerinde kullanılırlar. En büyük dezavantajı ısı ile sertleştirildiklerinden 600°C üzerindeki kesme bölgesi sıcaklıklarında yumuşama eğilimi gösterirler. HSS'lerin sahip olduğu sertlik 62-68 HRC (800-900VDH) değerleri arasındadır<sup>(53)</sup>.

### ***Stellit***

Stellit kobalt tabanlı krom, tungsten ve karbon içeren bir alaşımdır. Sertleştirmeye gerek duymadan doğal olarak 535 VDH sertliğe sahiptir. Kullanım alanı dar olup tokluğu yüksektir. Özellikle kaynakların işlenilmesinde kullanılır<sup>(53)</sup>.

### ***Sermetler***

Sermetler karbonitrür tabanlı malzemelerdir. TiCN esas sert fazını oluşturur ve birleştirici eleman olarak kobalt ya da nikel kullanılır. Sermetler, yan yüzey ve krater aşınmasına karşı yüksek dirence, yüksek kimyasal kararlılığa ve sıcak sertliğe



sahiptir. Difüzyon ve oksidasyondan kaynaklanan aşınma eğilimleri sert metallere göre düşüktür. Ayrıca WC'ye göre düşük kırılma tokluğuna sahiptirler. Sertlikleri 1600 VDH civarındadır<sup>(53)</sup>.

### ***Sert metalller***

Sert metal adını taşıyan sinterlenmiş karbürler, bağlayıcı malzemesi kobalt olan; tungsten, titanyum ve tantalyum karbürlerinden sinterleme yolu ile elde edilen malzemelerdir. Serttirler, sıcaklığa ve aşınmaya karşı dayanıklıdırlar. Dezavantajları darbe dayanımlarının düşük olmasıdır. Kesme özelliklerini etkileyen iki adet faktör vardır. Bunlar kobalt bileşim oranı ve karbürün tanecik boyutudur. Bileşimdeki kobalt oranının artırımı tokluğu artırırken sertliği ve dolayısıyla aşınma dayanımını düşürür. Karbürün tanecik boyutu azaldıkça sertlik ve aşınma dayanımı artar. Sertlikleri 1500-2000 HDV değerleri arasında değişmektedir. Özellikle kullanılacak yere uygun kaplama seçimi ile iyi sonuçlar elde edilebilir<sup>(53)</sup>.

### ***Seramikler***

Seramikler, ana malzemesi alüminyum oksit ( $Al_2O_3$ ), silisyum nitrür ( $Si_3N_4$ ) olan veya saylon denilen silika( $Si_2O_2$ )+alüminyum oksit( $Al_2O_3$ )+silisyum nitrür ( $Si_3N_4$ ) tozlarının birleşimine az miktarda yitra ( $Y_2O_3$ ) karıştırılarak sinterleme yolu ile imal edilen malzemelerdir. Sertlikleri ve ısıl dayanımları çok yüksek, fakat darbe ve eğilme mukavemeti çok düşük olan bu malzemeler daha çok ince talaş kaldırma işlemleri için kullanılır. Saylonların sertlikleri 1700 HDV civarındadır ve özellikle ısıl-dirençli alaşımların işlenmesinde, dökme demirlerin yüksek hızlarda işlenmesinde kullanılması uygundur. Çeliklerin işlenmesi için uygun değildir.

Silisyum nitür ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) tabanlı seramiklerin sertliği 1800 HDV civarındadır ve özellikle gri-dökme demirlerin işlenmesi için önerilmektedir. Alüminyum oksit ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) tabanlı seramiklerin sertliği ise 2000 HDV civarındadır ve kızıl sertlikleri yüksek olduğundan sert metallere nazaran daha yüksek kesme hızlarına ulaşılabilmekte ve çok düşük yüzey pürüzlülükleri elde edilebilmektedir<sup>(53)</sup>.

### ***Kübik bor nitür (CBN)***

Kübik bor nitrit (CBN), 4000 HDV gibi çok yüksek sertlik değerine sahip takım malzemelerinden biri olup, aşırı sertlik, çok yüksek sıcaklıklarda sıcak sertlik, aşındırıcı aşınma direnci ve işleme sırasındaki iyi kimyasal kararlılığının kombinasyonu ile özellikle yüksek sertliğe sahip malzemelerin işlenmesinde kullanılan bir takım malzemesidir. Dezavantajı ise maliyetinin yüksek olmasıdır<sup>(53)</sup>.

### ***Yapay Elmas (Çok kristalli elmas-PCD)***

Çok kristalli elmas (PCD), sertliği sebebi ile aşınma direnci çok yüksek olduğundan çoğu kez bileme taşı imalatında kullanılır. İnce elmas kristaller yüksek sıcaklık ve basınç altında sinterleme yoluyla imal edilir. Mükemmel gibi görünen bu takım malzemesi için bazı sınırlamalar söz konusudur. Kesme bölgesinde sıcaklık  $600^\circ\text{C}$ 'yi geçmemelidir. Kimyasal etkileşimleri fazla olduğundan demir alaşımlarında kullanılmamalıdır. Özellikle demir dışı alaşımların yüksek hızlarda işlemelerinde önerilmektedir<sup>(53)</sup>.

### ***Doğal elmas***

En sert malzeme olan elmas, sıcaklığa ve aşınmaya karşı çok dayanıklı fakat çok kırılğan ve pahalı bir malzemedir.

### ***Kaplamalı takımlar***

Özellikle sert metallerin dış yüzeyinde daha sert bir tabaka oluşturmak için fiziksel ya da kimyasal yöntemlerle TiC, TiN, TiCN, TiAlN veya Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> benzeri malzemelerin takım yüzeyine kaplanması gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Bu kaplamalar sert bir tabaka oluşturmanın yanında yağlama özellikleriyle kesme kuvvetlerini ve kesici takım köşede oluşan sıcaklığı düşürürler, takım ile malzeme arasındaki etkileşimi engeller, aşınma direncini artırır, aynı zamanda difüzyona karşı engel görevi görürler.

## **2.4. Takım Ömrü**

Talaşlı imalatta kesme işlemi gerçekleşirken, iş parçası ile kesici takım yüzeyi arasındaki etkileşimden dolayı takım zamanla aşınır. Takım aşınması belirli değerlere ulaştığında, yapılan işlerde talaşlı imalat işleminden beklenen neticelere ulaşmak zorlaşır. İstenilen yüzey pürüzlülüğüne ulaşamaz, ölçüsel doğruluk sağlanamaz, kesme kuvveti ve dolayısıyla enerji sarfiyatı artar ve sistemde istenmeyen ölçülerde titreşim meydana gelir. Aşınma sonucunda istenilen neticelerin elde edilememeye başladığı sınıra kadar geçen işleme zamanına takım ömrü denir. Kısaca tanımlayacak olursak takım ömrü, kesici takım uçta meydana gelen aşınma belirli bir değerin üzerine çıktığı zamana kadar geçen işleme zamanıdır. Takım ömrü genelde T ile gösterilir ve dakika ile ölçülür<sup>(54)</sup>.

Takım ömrü yapılacak işleme göre kabul edilen aşınma kriterine bağlıdır. Aşınma kriteri birçok faktöre bağlı olduğundan belirli bir standardı yoktur. Örneğin etkin faktörü yüzey kalitesi olarak alırsak, çok küçük aşınma değerleri bile istenilen yüzey kalitesinin elde edilmesine mani olabilir. Yüzey kalitesinin önemli olmadığı kaba talaş veya ön boşaltma işlemlerindeki etkin faktör ise enerji artması, titreşim veya takım kırılması olabilir.

## **2.5. Takım Aşınması**

Takımın orijinal geometrisini kaybetmesi, yani etkili kesme zamanının sona ermesine “Takım Aşınması” denir. Aşınmanın daha iyi anlaşılabilmesi için aşınmaların nasıl meydana geldiğinin ve aşınma tiplerinin bilinmesi gerekmektedir.

Aşınmaya sebep olan birçok faktör vardır. Bu faktörlerin ortaya çıkardığı aşınma mekanizmaları aşağıdaki gibi sıralanabilir.

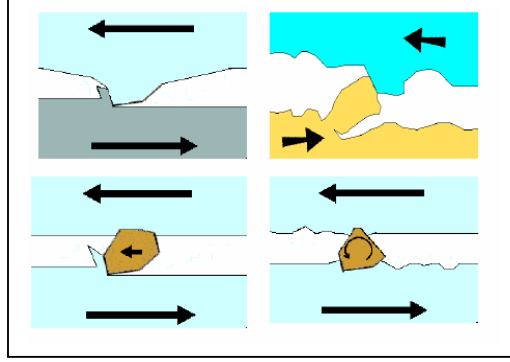
### **2.5.1. Aşınma Mekanizmaları**

Kesme işleminin meydana geldiği bölgede iş parçası ve kesici takım etkileşiminin sonucu aşınma meydana gelir. Aşınmayı oluşturan etmenlere aşınma mekanizmaları denir. Başlıca aşınma mekanizmaları aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- a. Aşındırıcılarla aşınma
- b. Yapışma aşınması
- c. Difüzyon ile aşınma
- d. Yorulma ile aşınma
- e. Oksidasyon ile aşınma

### ***Aşındırıcılarla aşınma***

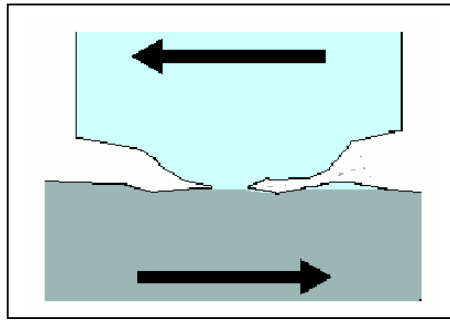
Kesme işlemi esnasında, sert yüzey diğer yüzeyden talaş kaldırırken, aşınma sırasında malzeme bünyesinden çeşitli küçük kabür parçacıkları da kopar ve bu parçacıklar Şekil 2.1’de görüleceği üzere bu iki yüzey arasında aşındırıcı gibi çalışırlar<sup>(55)</sup>.



**Şekil 2.1** Aşındırıcılarla aşınma mekanizması<sup>(55)</sup>

### ***Yapışma aşınması***

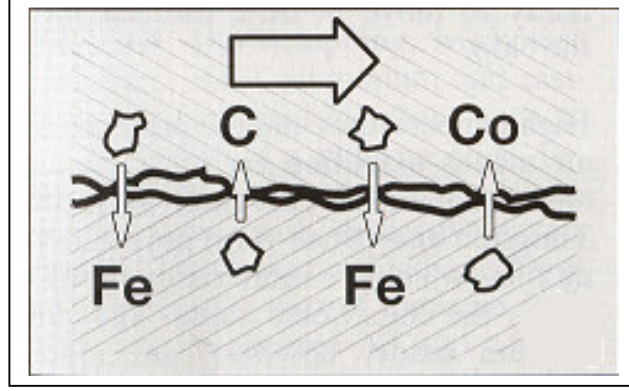
Kesme işlemi esnasında, birbiri ile temas halinde olan yüzeyler arasında yüksek sıcaklık ve basınç meydana gelir. Bu yüksek sıcaklık ve basınç nedeniyle metaller akma sınırına ulaşır ve bunun sonucunda temas bölgesinde mikro kaynaklar oluşur<sup>(55)</sup> (Şekil 2.2).



**Şekil 2.2** Yapışma aşınması mekanizması<sup>(55)</sup>

### ***Difüzyon ile aşınma***

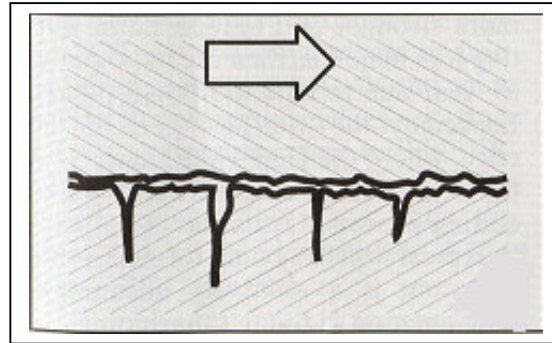
Talaş kaldırma esnasında takım malzemesi ve iş malzemesi arasındaki sürtünmeden dolayı yüksek sıcaklıklar açığa çıktığından atomlar birinden diğerine kimyasal etkileşim neticesinde hareket eder. Yani difüzyon ortaya çıkar<sup>(55)</sup> (Şekil 2.3).



**Şekil 2.3** Difüzyon aşınma mekanizması<sup>(55)</sup>

### ***Yorulma ile aşınma***

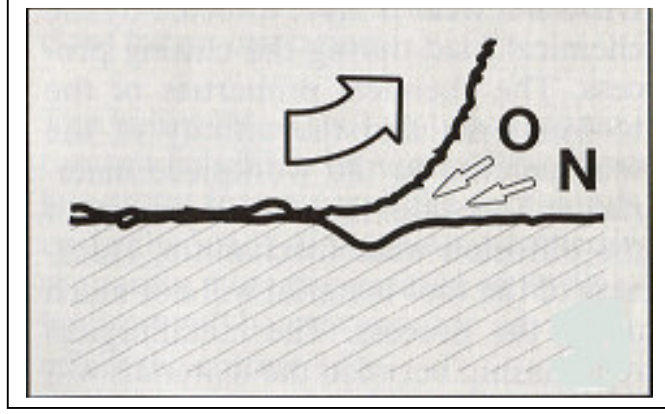
Yüksek sıcaklığa maruz kalan ve periyodik yük değişimine maruz kalan takım termal ya da mekanik yorulma sonucunda kırılabilir<sup>(55)</sup> (Şekil 2.4).



**Şekil 2.4** Yorulma aşınma mekanizması<sup>(55)</sup>

### ***Oksidasyon ile aşınma***

Yüksek sıcaklık ve havanın birarada olduğu ortamlarda oksidasyon muhtemeldir. Oksidasyon sonucu talaş derinliği bitiminde çentik aşınması meydana gelir<sup>(55)</sup> (Şekil 2.5).

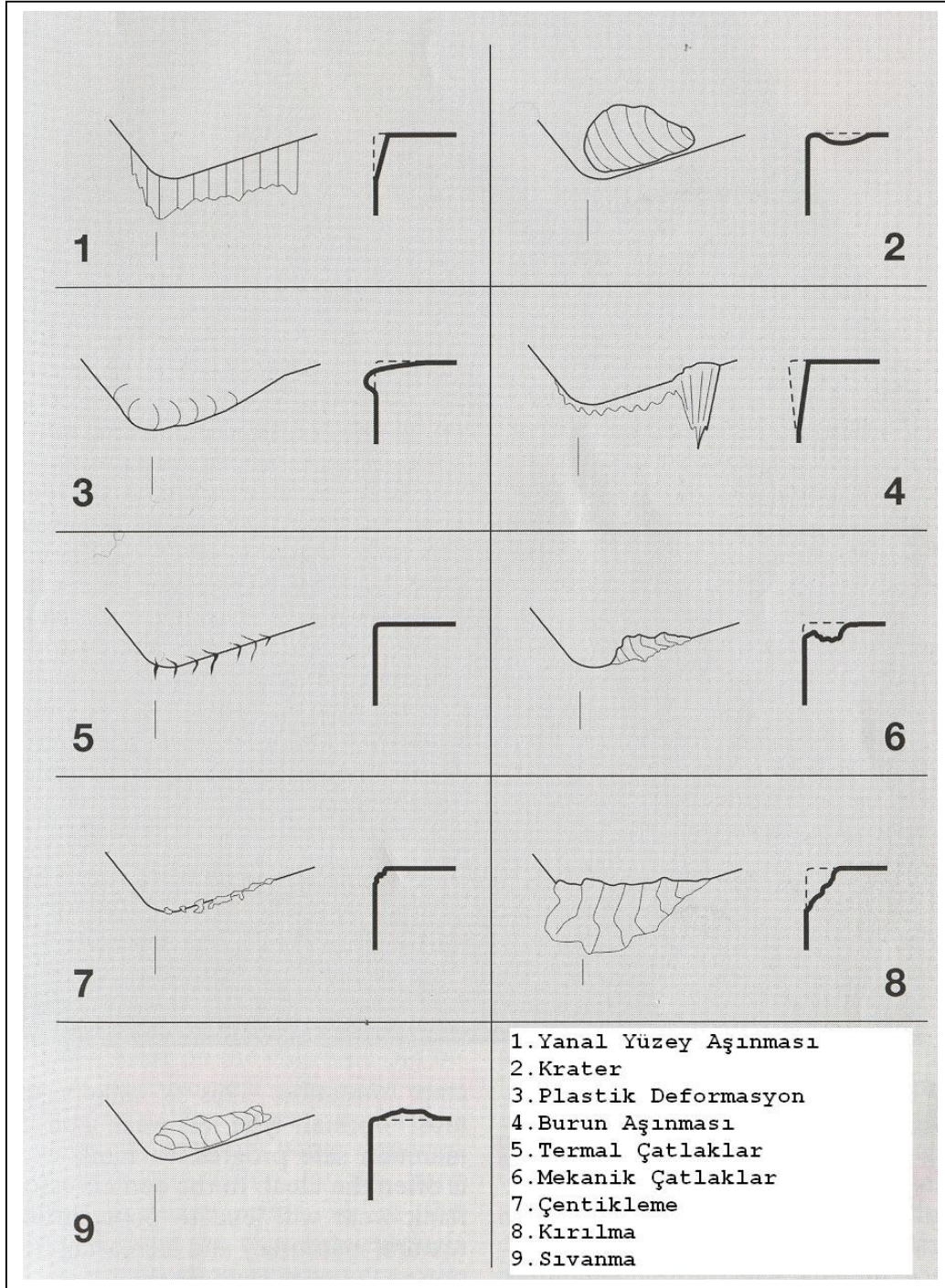


**Şekil 2.5** Oksidasyon aşınma mekanizması<sup>(55)</sup>

Bu aşınma mekanizmaları sonucunda çeşit çeşit aşınma meydana gelir. Bunlara aşınma tipleri adı verilir<sup>(55)</sup>.

#### **2.5.2. Aşınma Tipleri**

Yukarıda da belirtildiği üzere çeşitli aşınma mekanizmaları sonucunda kesici takım köşede farklı farklı aşınma tipleri ortaya çıkar. Bu aşınma tiplerini Şekil 2.6'da verildiği şekilde sıralayabiliriz<sup>(55)</sup>.

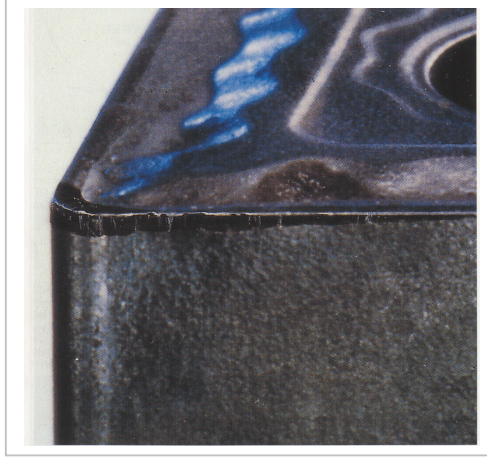


Şekil 2.6 Aşınma tipleri<sup>(55)</sup>



### ***Yanal yüzey aşınması (Boşluk yüzeyi-serbest yüzey aşınması)***

Yanal yüzey aşınması, boşluk yüzeyinde daha çok abrasif aşınma mekanizması neticesinde meydana gelir. Muhtemel sebebi yüksek kesme hızı ya da uygun olmayan aşınma dayanımıdır. Bu aşınma tipinin oluşumu Şekil 2.7’de verilmiştir<sup>(55)</sup>. Bu aşınma tipi takım aşınmasına karar vermede öncelikli referans alınan bir aşınma tipidir.



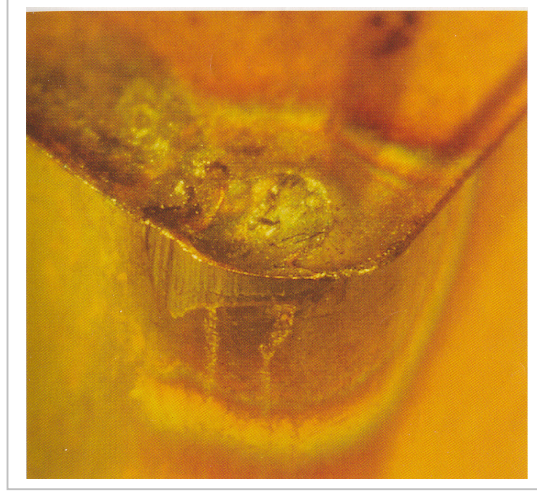
**Şekil 2.7** Yanal yüzey aşınması<sup>(55)</sup>

### ***Krater aşınması (Talaş yüzeyi aşınması)***

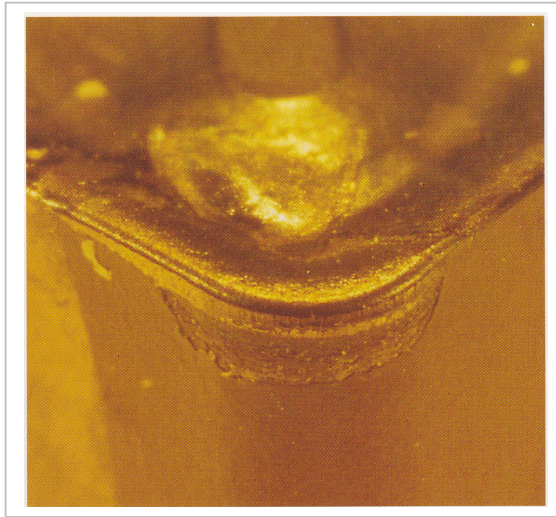
Krater aşınması, talaş yüzeyinde daha çok abrasif ve difüzyon aşınma mekanizması neticesinde meydana gelir. Sertlik, kızıl sertlik ve düşük afinite krater aşınmasına eğilimi azaltır. Muhtemel sebebi talaş yüzeyindeki yüksek sıcaklığın sebep olduğu difüzyondur. Şekil 2.8’de bu tip aşınma örneği verilmiştir<sup>(55)</sup>.

### ***Plastik deformasyon***

Plastik deformasyon kesici takım kenarına etkiyen yüksek sıcaklık ve basınç neticesinde oluşur. Yüksek hız, ilerleme ve sert malzemelerin işlenmesinde yüksek sıcaklık ve basınç oluşur. Muhtemel sebebi yüksek basınçla birleşik yüksek kesme sıcaklığıdır. Şekil 2. 9’da bu tip aşınma örneği verilmiştir<sup>(55)</sup>.



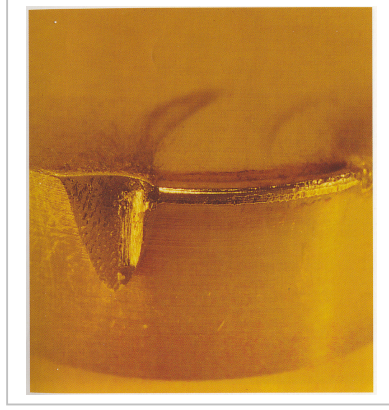
**Şekil 2.8** Krater aşınması<sup>(55)</sup>



**Şekil 2.9** Plastik deformasyon<sup>(55)</sup>

### ***Burun aşınması***

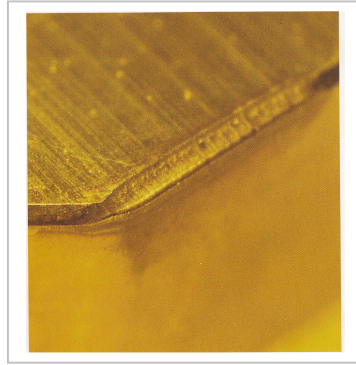
Burun aşınması, kesme kenarında daha çok yapışma aşınması ve oksidasyon aşınma mekanizması neticesinde meydana gelir. Muhtemel sebebi oksidasyon ve birbirine ilgili malzemelerin reaksiyonudur<sup>(55)</sup> (Şekil 2.10).



**Şekil 2.10** Burun aşınması<sup>(55)</sup>

### ***Termal çatlaklar***

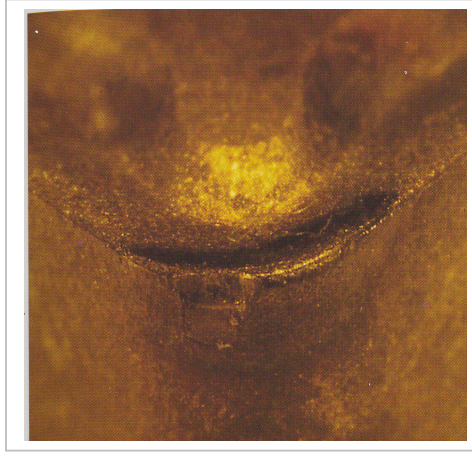
Termal çatlaklar, yüksek sıcaklık değişimleri neticesinde ve kesici takım kenarına dik şekilde meydana gelir. Muhtemel sebepleri kesintili işleme veya kesintili soğutma sıvısıdır<sup>(55)</sup> (Şekil 2.11).



**Şekil 2.11** Termal çatlaklar<sup>(55)</sup>

### ***Mekanik yorulma çatlaklar***

Mekanik çatlaklar, kesme kuvveti şokları büyük olduğunda kesme kenarına paralel olarak meydana gelir. Muhtemel sebepleri yüksek yük değişimleri veya ağır başlangıç şokları ya da titreşimdir. Kesici takımın dayanım ve tokluğunun artırılması gerekir<sup>(55)</sup> (Şekil 2.12).



**Şekil 2.12** Mekanik yorulma çatlakları<sup>(55)</sup>

### ***Çentiklenme***

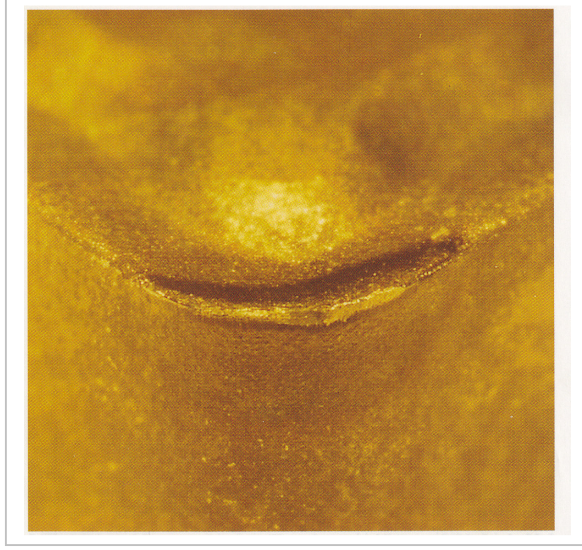
Çentikler süreksiz yükleme sonucu oluşur. Muhtemel sebepleri kırılğan kaliteli kesici takım kullanılması, zayıf kesici takım geometrisi ya da köşede oluşan sıvanmalardır<sup>(55)</sup> (Şekil 2.13).

### ***Kırılma***

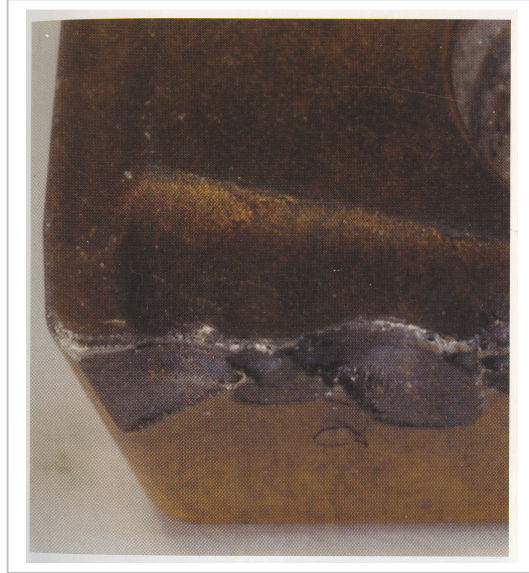
Sert ve kırılğan malzemelerde aşırı yükleme neticesinde ani kırılma görülebilir. Muhtemel sebepleri olarak aşağıdakiler sayılabilir<sup>(55)</sup> (Şekil 2.14).

- ❖ Kırılğan kalite kesici takım kullanılması.

- ❖ Kesici takım uca aşırı yükleme yapılması.
- ❖ Zayıf kesici takım geometrisi kullanılması.
- ❖ Küçük boyutlu kesici takım kullanılması.



**Şekil 2.13** Çentiklenme<sup>(55)</sup>



**Şekil 2.14** Kırılmaya ait fotoğraf<sup>(55)</sup>

### **Sıvanma (BUE)**

Kesici takım malzemesi ile iş parçası malzemesinin etkileşimi yüksek olduğunda açığa çıkar (Şekil 2.15). Sıvanma sebebi olarak aşağıdakiler sıralanabilir<sup>(55)</sup>:

- ❖ Düşük kesme hızı.
- ❖ Negatif kesme geometrisi.
- ❖ Paslanmaz çelik ve alüminyum gibi yapışkan malzeme.



**Şekil 2.15** Sıvanma<sup>(55)</sup>

### **2.6. Talaş Kaldırmayı Etkileyen Faktörler**

Kesici takım takımla iş parçasından talaş kaldırma işlemi sırasında bir çok faktör kesme işlemine etki eder. Bunlardan önemli olanlarını belirtmek gerekirse;

- ❖ İşleme değişkenleri (kesme hızı, ilerleme, kesme derinliği vb.)
- ❖ Takım geometrisi,
- ❖ Takımın uç yarıçapı,
- ❖ Titreşim, sayılabilir.

### ***İşleme değişkenleri***

Kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliği talaş kaldırma işlemini etkileyen en önemli faktörlerdir. Aynı zamanda bu parametrelerin değiştirilmesi, aşınmayı dolayısıyla takım ömrünü de etkilemektedir. Bu sebeple optimizasyon çalışmalarının büyük bölümü bu parametrelerin değiştirilmesi ile gerçekleştirilir ve en uzun takım ömrünü dolayısıyla daha fazla parça üretimi sağlayarak maliyeti düşürecek kombinasyon bulunmaya çalışılır. Takım ömründe kesme hızı en önemli etkiye sahipken, sırasıyla ilerleme miktarının ve kesme derinliğinin daha az etkiye sahip olduğu bilinmektedir. Kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliğinin optimize edilmesi ile en az takım değiştirme ve daha fazla parça üretimi sağlanabilir.

### ***Takım geometrisi***

Uygun takım geometrisi seçimi, kesici takım aşınmasını azaltarak daha uzun takım ömrü elde edilmesini sağlar. Takım geometrisine etkileyen en önemli açılar talaş açısı ( $\gamma$ ), kama açısı ( $\beta$ ), boşluk açısı ( $\alpha$ )'dır. Talaş açısı talaşın kolay akıp akmamasını belirleyerek, talaş oluşumuna, kesme kuvvetine ve aşınmaya etkileyen bir değişkendir. Kama açısı malzemenin dayanımına ve boşluk açısı da yüzey kalitesi ve sürtünmeye etkileyen önemli değişkenlerdir.

Ayrıca yaklaşma açısı, kesici takım kenar ile ilerleme yönü arasında kalan açıdır ve talaşın oluşumunu etkilediği gibi kesme kuvvetlerinin yönünü, kesici takım kenar uzunluğunu, kesici takım kenar ile iş parçası arasındaki temas yüzeyini, dolayısıyla talaş kaldırma işlemlerini etkiler. Yaklaşma açısının seçimi, kesici takım kenar üzerindeki birim alana gelen basıncı belirlemesi nedeni ile takım ömrünü

etkiler. Talaş kalınlığı, yaklaşma açısı ve kesici takım kenarının dayanabileceği basınç ile ilişkilidir.

### ***Takım uç yarıçapı***

Talaş kaldırma işleminin küçük bir kesit alanında gerçekleşmesi nedeniyle köşe noktası kesici takım takımının en zayıf noktasıdır. Talaş kaldırma esnasında iş parçasına önce bu kısım temas etmekte, dolayısıyla malzeme deformasyonundan dolayı ortaya çıkan gerilmeleri önce bu kısım karşılamak zorunda kalmaktadır.

İki kesici takım kenarını birleştiren noktanın sadece kesme işlemini gerçekleştirecek kadar güçlü olması değil, aynı zamanda kesme işlemini yerine getirecek geometride de olması gerekir. Bu ise iki kenar arasına bir kavis verilerek gerçekleştirilir. Uç yarıçapının bir yararı da uca mukavemet kazandırmaktır. Büyük bir uç yarıçapı kesmeyi daha uzun bir kenar boyunca dağıtır ve böylelikle daha iyi bir takım ömrü sağlar. Fakat büyük uç yarıçapı tırlamaya da yol açabilir.

### ***Titreşim***

Titreşimin artması, takım ömrünü ve işlenen yüzey kalitesini olumsuz yönde etkiler. Talaş kaldırma sırasında genellikle zorlanmış titreşim ve kendiliğinden doğan titreşim olmak üzere iki türlü titreşim ortaya çıkmaktadır. Kendiliğinden doğan titreşim, tezgahın mekanik hareketlerinden meydana gelirken, zorlanmış titreşim ise talaş kaldırma sırasında meydana gelen titreşimdir. Titreşimden dolayı işlenen yüzeyde izler ve iş parçası geometrisinde değişimler oluşur bu da yüzey pürüzlüğüne olumsuz etki yapar. Talaş kaldırma sırasında oluşan titreşimi ortadan kaldırmak için takım ve tezgahın rijitliği sağlanmalı ve kesme şartları optimize edilmelidir.



### 3. MATERYAL VE METOD

Deneyleer farklı malzeme çiftleri için Vc-T grafiklerinin oluşturulup “n” ve “c” sabitlerinin belirlenmesine yönelik olarak ISO 8688-1 standardında belirtilen hususlar göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmiştir<sup>(54)</sup>.

#### 3.1. Takım Tezgahı

Deneyleerin gerçekleştirilmesi için kullanılacak tezgah, MAZAK VTC 20 B bilgisayarla sayısal denetimli bir dik-işleme merkezidir. Bu tezgaha ait teknik özellikler Çizelge 3.1’de verilmiştir.

**Çizelge 3.1** Mazak VTC 20 B dik-işleme merkezinin teknik özellikleri

Tezgah Özellikleri	Birim	VTC-20B
X Ekseni hareket aralığı	mm	1120
Y Ekseni hareket aralığı	mm	510
Z Ekseni hareket aralığı	mm	510
Motor gücü	kW	11 (10 dak.) 7.5 (30 dak.) 5.5 (devamlı)
Devir sayısı	dak <sup>-1</sup>	40 - 7000
Tabla çalışma alanı	mm	1460-510
X-ekseni hızlı ilerleme hızı	mm/dak	24000
X-ekseni kesme ilerleme hızı	mm/dak	1 - 5000
Y-ekseni hızlı ilerleme hızı	mm/dak	24000
Y-ekseni kesme ilerleme hızı	mm/dak	1 - 5000
Z-ekseni hızlı ilerleme hızı	mm/dak	20000
Z-ekseni kesme ilerleme hızı	mm/dak	1 - 5000

### 3.2. Deney Numuneleri

İncelenen çalışmalar neticesinde yüksek hızlarda talaşlı imalatın en önemli kullanım alanın kalıp ve takım çeliklerinin işlenmesi olduğu görülmüştür. Bunun sebebi, yüksek hızlarda talaşlı üretim yönteminin, imalat sektöründe önemli bir yere sahip olan plastik şekil verme ve talaşlı imalat işlemleri için gerekli olan takım ve kalıpların hazırlanmasının, büyük oranlarda talaş kaldırılması, hassas geometrik ve yüzey bitirme toleransı sağlaması ve sonuç olarak istenilen özelliklere sahip kalıp ve takımların hazırlanmasında geçen zamanı ve maliyeti azaltıcı özelliğe sahip olmasıdır.

Gerçekleştirilen çalışmada ise, deney numuneleri olarak 300x200x100 ebadında Çizelge 3.2’de sertlikleri verilen kalıp ve takım çelikleri kullanılmıştır.

**Çizelge 3.2** Deney numune malzemeleri

	<b>Malzeme</b>	<b>Sertlik</b>
1	Haddelenmiş 1.2379 soğuk-iş takım çeliği	255 HB
2	Haddelenmiş 1.2080 soğuk-iş takım çeliği	255 HB
3	Haddelenmiş 1.2344 sıcak-iş takım çeliği	230 HB
4	Haddelenmiş 1.2738 plastik kalıp çeliği	300 HB
5	Sertleştirilmiş 1.2379 soğuk-iş takım çeliği	56 HRc
6	Sertleştirilmiş 1.2080 soğuk-iş takım çeliği	55 HRc
7	Sertleştirilmiş 1.2344 sıcak-iş takım çeliği	58 HRc
8	Sertleştirilmiş 1.2738 plastik kalıp çeliği	55 HRc

Bu malzemelere ait bilgiler aşağıda verilmiştir.

### 3.2.1. 1.2080 Soğuk-İş Takım Çeliği

Deforme olmaması, kesme kabiliyetinin yüksek oluşu, sürtünmeye karşı dayanıklı oluşundan ötürü fazla darbe etkisine maruz kalmayan her nevi kesme-bükme ve şekillendirme işlerinde kullanılır.

Bileşimi ve diğer standartlardaki gösterimi çizelge 3.3'te verilmiştir.

**Çizelge 3.3** 1.2080 Soğuk-iş takım çeliğinin kompozisyonu

Malzeme Numarası	DIN Normu	AISI Normu	Kompozisyonu							
			C:	Si:	Mn:	V:	Cr:	Mo:	W:	Ni:
1.2080	X210Cr12	D3	2,00	0,25	0,30	-	11,50	-	-	-
			Cr: 11,50	Mo: -	W: -	Ni: -				

### 3.2.2. 1.2344 Sıcak-İş Takım Çeliği

Yüksek aşınma dayanımı ve tokluğa sahiptir. Hafif metallerin enjeksiyon kalıplarında, dövme kalıpları ve çekirdekleri, ekstrüzyon kalıpları, sıcak kesme takımları ve aşındırıcı plastiklerin kalıplarında vb. kullanılır.

Bileşimi ve diğer standartlardaki gösterimi Çizelge 3.4'te verilmiştir.

**Çizelge 3.4** 1.2344 Sıcak-iş takım çeliğinin kompozisyonu

Malzeme Numarası	DIN Normu	AISI Normu	Kompozisyonu							
			C:	Si:	Mn:	V:	Cr:	Mo:	W:	Ni:
1.2344	X40CrMoV5-1	H13	0,39	1,10	0,40	0,95	5,20	1,40	-	-
			Cr: 5,20	Mo: 1,40	W: -	Ni: -				

### 3.2.3. 1.2379 Soğuk-İş Takım Çeliği

Cıvata ovalama makaraları ve taraklarında, soğuk şekil verme kalıplarında, sac kesme kalıplarında, soğuk zımbalarda, derin çekme kalıplarında, yüksek aşındırıcı özelliğe sahip plastiklerin kalıplarında, plastik kırma bıçaklarında, soğuk hadde makaralarında, ağaç işçiliği takımlarında, kırılmaya maruz kalan kesitlerde, makas bıçaklarında, çapak alma kalıplarında, ağaç işleme takımlarında kullanılır.

Bileşimi ve diğer standartlardaki gösterimi Çizelge 3.5'te verilmiştir.

**Çizelge 3.5** 1.2379 Soğuk-iş takım çeliğinin kompozisyonu

Malzeme Numarası	DIN Normu	AISI Normu	Kompozisyonu			
			C: 1,55	Si: 0,25	Mn: 0,35	V: 0,95
1.2379	X155CrVMo12-1	D2	Cr: 11,80	Mo: 0,80	W: -	Ni: -

### 3.2.4. 1.2738 Plastik Kalıp Çeliği

Desenleme özelliği iyi olan bu malzeme 400 mm kalınlığa kadar olan plastik kalıpların yapımında, televizyon panellerinin kalıplarında, araba tampon kalıplarında, müzik aletlerinin panel kalıplarında, büyük gövdeli parçaların kalıplarında, metal enjeksiyon kalıplarında kullanılır.

Bileşimi ve diğer standartlardaki gösterimi Çizelge 3.6'da verilmiştir.

**Çizelge 3.6** 1.2738 plastik kalıp çeliğinin kompozisyonu

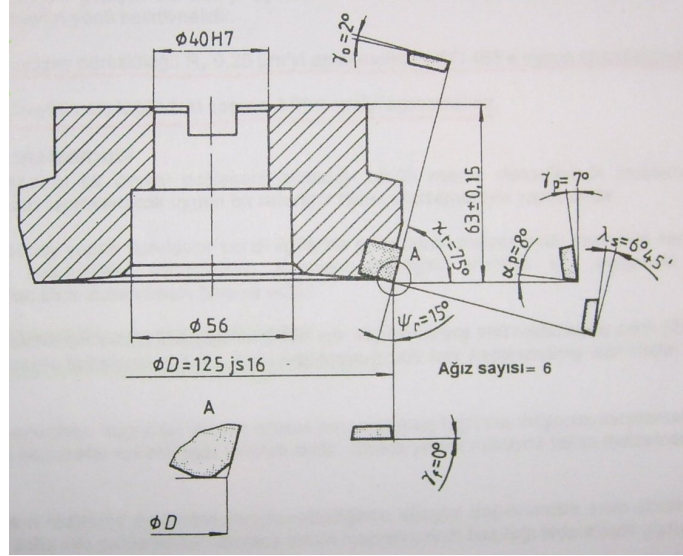
Malzeme Numarası	DIN Normu	AISI Normu	Kompozisyonu			
			C: 0,38	Si: 0,30	Mn: 1,50	V: -
1.2738	40CrMnNiMo8-6	-	Cr: 2,00	Mo: 0,20	W: -	Ni: 1,10

Ayrıca yukarıda bahsedilen bu malzemeler 55-58 HRC gibi yüksek sertlik değerlerine ısıtım işlemler yardımıyla sertleştirilmiş ve bu sertleştirilmiş bu takım çelikleri deneye tabi tutulmuşlardır. Bu malzemelerin kullanılacağı yerlerde sağlayacakları özellikler göz önünde bulundurulduğunda, aşınmaya dayanımları yani sertlikleri yüksek olmalı, darbe dayanımları yani toklukları iyi olmalıdır. Özellikle sıcak-ış ve plastik kalıp çeliklerinin yüksek sıcaklığa dayanımlarının iyi olması gerekmektedir. Bu da bu malzemelerin işlenebilmesini güçleştirmektedir. Bu sebeple bu malzemeler işlenmesi güç malzemeler olarak nitelendirilmektedir.

### **3.3. Kesici Takımlar ve Takımlama Sistemi**

Kesici takım geometrisi olarak ISO 8688-1<sup>(54)</sup> standardında kullanılması istenilen frezeleme kesici takım, Şekil 3.1’de verilen sert metal uç değiştirilebilir sisteme sahip 125 mm çapında yüzey frezeleme başlığıdır. Deneylerde kullanılmak üzere ISO 8688-1 standardına bağlı kalınarak seçilen yüzey frezeleme başlığı Şekil 3.2’de verilmiştir. Özellikle sonraki çalışmalarda da kullanılacak değişik kartuş seçeneklerine sahip bir yüzey frezeleme başlığı seçilmiştir. Bu kesici takım ile birlikte kullanılacak kartuş da yine standarda uygun olması açısından SP..1203.. geometrisinde kesici takım bağlanabilecek Şekil 3.2’de gösterilen 1 239 40 944 00 Widia koduna sahip kartuştur.

Buna ek olarak ISO 8688-1 standardında kullanılması tavsiye edilen kesici takım geometrisi Şekil 3.3’de verilen SPAN 1203EDR geometrisine sahip kare sert metal değiştirilebilir uçtur.



**Şekil 3.1** ISO 8688-1 standardında kullanılması istenilen sert metal uç değiştirilebilir uçlu 125 mm çapa sahip yüzey frezeleme başlığı<sup>(54)</sup>

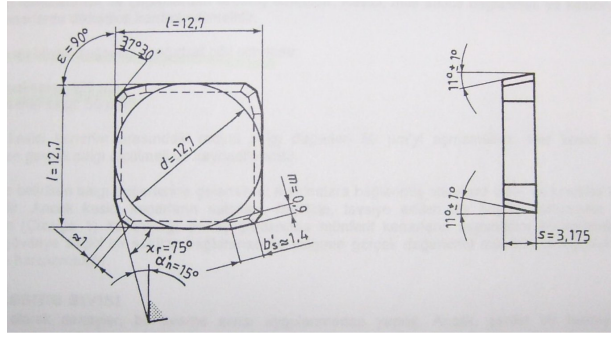
**WIDIA**

Indexable insert:  
SE..1203...      SP..1203...

1 239 40 946 00.      1 239 40 944 00

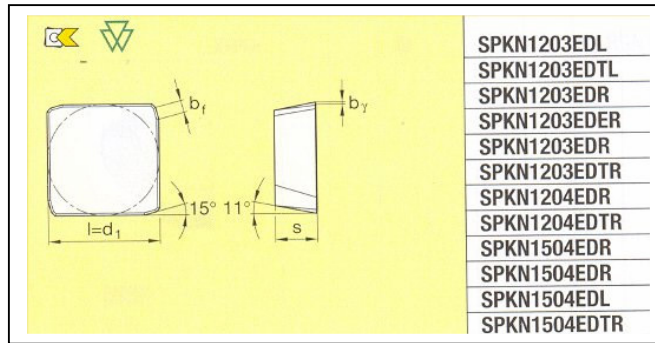
d <sub>1</sub>	Body with bearing ring but no cartridges	Bearing ring	d <sub>2</sub>	z	h	kg	Complete milling cutters with contact rim and cartridges for indexable inserts	
							SE..1203..	SP..1203..
	Roughing mills	Not adjustable					M68	M40
	Fine pitch							
125	1 239 42 020 00	1 239 42 220 00	40	8	63	3,8	1 239 40 820 00	1 239 40 620 00
160	1 239 42 030 00	1 239 42 230 00	40	12	63	6,0	1 239 40 830 00	1 239 40 630 00
200	1 239 42 040 00	1 239 42 240 00	60	14	63	9,0	1 239 40 840 00	1 239 40 640 00
250	1 239 42 050 00	1 239 42 250 00	60	18	63	16,7	1 239 40 850 00	1 239 40 650 00
315	1 239 42 060 00	1 239 42 260 00	60	22	80	30,0	1 239 40 860 00	1 239 40 660 00

**Şekil 3.2** Deneyleerde kullanılmak üzere ISO 8688-1 standardına bağlı kalmarak seçilen sert metal uç değiştirilebilir uçlu yüzey frezeleme başlığı ve kartuş<sup>(56)</sup>



**Şekil 3.3** ISO 8688-1 standardında kullanılması istenilen SPAN 1203EDR geometrisine sahip kare sert metal değiştirilebilir uç<sup>(54)</sup>

Deneylerde kullanılmak üzere ISO 8688-1 standardına bağlı kalınarak seçilen kesici takım geometrisi SPKN 1203EDR Şekil 3.4'te verilmiştir. SPAN ile SPKN geometri arasındaki fark sadece ölçüsel tolerans farkıdır. SPKN geometrinin seçilmesinin sebebi ise farklı kalitelere sahip kesici takım çeşitliliğinin SPKN geometride olmasıdır. Ayrıca bazı kalitelere SPKN ve SPAN uç geometrisi bulunmadığından SPGN geometrisi kullanılmıştır. PVD TiN kaplamalı  $Al_2O_3/TiCN$  tabanlı seramik, PCBN ve kaplamasız sermet kesici takımlarda ucunda pah bulunan geometri bulunmadığından, SPKN 120308 geometrisinde takım kullanılmıştır.



**Şekil 3.4** Deneylerde kullanılmak üzere ISO 8688-1 standardına bağlı kalınarak seçilen kesici takım geometrisi<sup>(56)</sup>

Çalışılabilecek malzeme çeşitliliği açısından en fazla çeşit kesici takım malzemesi tedarik eden Kennametal marka kesici takım uçlarla çalışmak uygun bulunmuş ve çalışılacak kesici takım kaliteleri “3.4. Kesici Takım Kaliteleri” başlığı altında verilmiştir. Ayrıca takım ömrü tespiti konusunda kesin sonuç almak ve hem kullanılan uç hem de malzeme miktarı bakımından ekonomik olması maksadıyla 8 kesici takım bağlanabilecek takıma, yalnız bir adet kesici takım bağlanmıştır. Diş başına ilerleme söz konusu olduğundan bir fark olmayacağı düşünülmüştür. Literatürde yapılan çalışmalarda da aynı metot kullanılmıştır<sup>(18,32)</sup>.

Ayrıca takımlama sistemi tezgaha bağlandıktan sonra ibreli kontrol aletleri ile radyal ve aksel salgı kontrolleri yapılmıştır. Ölçülen değerlerin ISO 8688-1<sup>(54)</sup>, de tavsiye edilen en büyük radyal salgı 100 µm ve aksel salgı 50 µm değerlerinin altında olması sağlanmıştır.

### **3.4. Kesici Takım Kaliteleri**

Farklı kesici takım kalitelerinin denenebilmesi amacıyla aşağıda verilen kesici takım malzemeleri kullanılmıştır.

#### ***Seramik kesici takım***

Bileşiminde alüminyum oksit ve titanyum karbo-nitrür ( $Al_2O_3/TiCN$ ) üzerine PVD yöntemle TiN kaplanmış uçtur. Kennametal kalitesi KY4400 ve ISO kalitesi H05-H10 olan kesici takım özellikle sertleştirilmiş çeliklerin ve dökme demirlerin (45 HRC üzeri) son işlemleri için önerilmektedir<sup>(56)</sup>.



### ***PCBN kesici takım uç***

Bileşiminde yüksek yoğunlukta CBN mevcuttur ve karbür uca lehimlenmiştir. Deneilerde kullanılan Kennametal kalitesi KD120 ISO kalitesi H25-H30 olan kesici takım özellikle sertleştirilmiş çeliklerin ve demirlerin (45 HRC üzeri) kaba ve son işlemleri için önerilmektedir<sup>(56)</sup>.

### ***CVD kaplamalı sert metal kesici takım***

Bileşiminde tungsten karbür olan sert metalin üzerine kimyasal yöntemle 7 µm kalınlığında çok katmanlı (TiN-TiCN-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) kaplama mevcuttur. Kennametal kalitesi KC935M ve ISO kalitesi P35-M30-K30 olan kesici takım özellikle çeliklerin, paslanmaz çeliklerin ve sünek dökme demirlerin genel ve ağır şartlarda işlenilmesi için önerilmektedir<sup>(56)</sup>.

### ***PVD kaplamalı sermet kesici takım***

Sermetin üzerine fiziksel yöntemle TiAlN kaplama yapılmıştır. Kennametal kalitesi KT530M ve ISO kalitesi P20-M20-k20 olan kesici takım özellikle çeliklerin, paslanmaz çeliklerin ve bazı dökme demirlerin genel ve hafif şartlarda işlenilmesi için önerilmektedir<sup>(56)</sup>.

### ***PVD kaplamalı sert metal kesici takım***

Sert metalin üzerine fiziksel yöntemle TiN kaplama yapılmıştır. Kennametal kalitesi KC735M ve ISO kalitesi P35-M40 olan kesici takım özellikle her çeşit çeliğin, nodular dökme demirlerin genel ve ağır şartlarda işlenilmesi için önerilmektedir<sup>(56)</sup>.

### ***Kaplamasız sert metal kesici takım***

Kennametal kalitesi THM ve ISO kalitesi K15-N15-S15-H15 olan, kaplamasız sert metal kesici takım özellikle hafif ve genel şartlarda, dökme demirlerin, demir dışı metallerin ve metal olmayan malzemelerin işlenilmesi için önerilmektedir<sup>(56)</sup>.

### ***Kaplamasız sermet kesici takım uç***

Kennametal kalitesi TT125 ve ISO kalitesi P15-K15-M15 olan kesici takım, özellikle hafif ve genel şartlarda, malzemelerin yüksek hızlarda işlenilmesi için önerilmektedir<sup>(56)</sup>.

Deneylerde kullanılan kesici takım malzemeleri topluca Çizelge 3.7’de verilmiştir.

**Çizelge 3.7** Deneylerde kullanılan kesici takım malzemeleri

	<b>Kesici Takım Malzemesi</b>	<b>Kaplama</b>
1	PVD Kaplamalı Seramik	TiN
2	PCBN	-
3	CVD Kaplamalı Sert Metal	TiN-TiCN-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
4	PVD Kaplamalı Sermet	TiAlN
5	PVD Kaplamalı Sert Metal	TiN
6	Kaplamasız Sert Metal	-
7	Kaplamasız Sermet	-

### 3.5. Bağlama Aparatları

İş parçası bağlama işlemi, tam rijitliğin sağlanması amacıyla Şekil 3.5'te görüldüğü gibi pabuçlar vasıtasıyla gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.5 İş parçası bağlama şekli

### 3.6. Ölçüm Cihazları

Deneylerden hedeflenen çıktıları olan aşınma ve yüzey pürüzlülük değerlerini almak için takım mikroskobu ve yüzey pürüzlülük cihazı kullanılmıştır.

Kesme işlemi sonrasında, kesici takım uçlarda oluşan aşınmanın tespiti için 50X ve 100X büyültme ile Olympus DP-70 kamera sistemine sahip Olympus GX41 takım mikroskobu, talaş kaldırılan yüzeyde oluşan yüzey pürüzlülüğünün tespiti için ise Hommel Tester T1000 yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı kullanılmıştır.

### 3.7. Deney Deseninin Oluşturulması

Deney deseni oluşturulurken ISO 8688-1 standardı göz önünde bulundurulmuştur. Buna göre standartta Çizelge 3.8'de verilen değerlerin kullanılması tavsiye edilmiştir.

**Çizelge 3.8** ISO 8688-1 standardında tavsiye edilen işleme parametreleri<sup>(54)</sup>

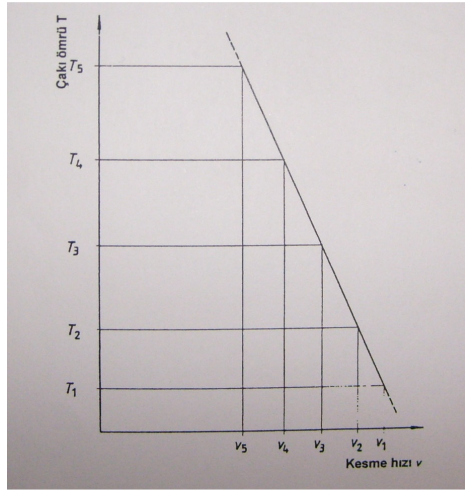
Kesme Şartı	I	II	II	IV
Eksenel Kesme Derinliği (mm)	2.5	2.5	2.5	4
Radyal Kesme Derinliği (mm)	0.6* Kesici takım çapı			
İlerleme(mm/diş)	0.125	0.2	0.315	0.5

Belirtilen ilerleme değerlerinin pratik olmadığı durumlarda ise eksenel kesme derinliği ( $a_a$ ) ile diş başına ilerleme ( $f_z$ ) arasında  $a_a=8f_z$  ilişkisinin kullanılabilceği öngörülmüştür. Deneylede 125 mm ( $125 = 1,6 * 75$ ) çapında bir kesici takım kullanıldığı için radyal kesme derinliği olarak 75 mm kullanılmıştır. Ayrıca eksenel kesme derinliği ve ilerleme değerinin tespiti için ise  $a_a=8f_z$  eşitliği kullanılmıştır. Haddelenmiş malzemelerde eksenel kesme derinliği 1 mm, buna bağlı olarak ilerleme 0,125 mm olarak alınmıştır. Sertleştirilmiş malzemelerde ise eksenel kesme derinliği 0,25 mm, buna bağlı olarak ilerleme 0,032 mm olarak alınmıştır. Deneylede kullanılan işleme parametreleri aşağıdaki Çizelge 3.9’da verilmiştir.

**Çizelge 3.9** Deneylede kullanılan işleme parametreleri

	Malzemeler	
	Haddelenmiş	Sertleştirilmiş
Eksenel Kesme Derinliği (mm)	1	0,25
Radyal Kesme Derinliği (mm)	75	75
İlerleme (mm/diş)	0,125	0,032

İlgili standart incelendiğinde düşünülen çalışmaya en uygun prosedürün B tipi deney prosedürü olduğu görülmüştür. B tipi deney prosedürü, diğer kesme değişkenlerinin belirli bir birleşimi için kesme hızının bir değişken olduğu  $V_c$ - $T$  eğrisi oluşturulmasına yönelik çalışmayı öngörür. Takım ömrünü kesme hızının bir fonksiyonu olarak ( $V_c$ - $T$  grafiği) grafiğe dökmek için, 5 kesme hızı değerine karşılık gelen en az 5 veri noktası gereklidir. Sonuçta standartta verilen ve Şekil 3.6'da gösterilen grafik oluşturulmalıdır.



**Şekil 3.6** Bir  $V_c$ - $T$  eğrisi örneği (logaritmik ölçü)

Belirlenen kesme hızlarına karşılık gelen, yanal yüzey aşınmasının en fazla 0,6 mm olduğu takım ömürleri bulunduktan sonra  $Vc \times T^n = c$  eşitliğindeki malzeme ve kesici takım çiftine ait “n” ve “c” sabitleri aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$Vc \times T^n = c \rightarrow Vc_1 \times T_1^n = Vc_2 \times T_2^n = c$$

$$\rightarrow \log Vc_1 + n \cdot \log T_1 = \log Vc_2 + n \cdot \log T_2$$

$$n_{1,2} = (\log Vc_2 - \log Vc_1) / (\log T_1 - \log T_2)$$

$$n = (n_{1,2} + n_{2,3} + n_{3,4} + n_{4,5}) / 4$$

Daha sonra “c” değeri ise  $V_c \times T^n = c$  denkleminde ilgili yere belirli bir noktadaki kesme hızı ve ömür değeri konularak hesaplanır.

Bu denklem yardımıyla deney sonucunda hesaplanan değerler Bölüm 5’te verilecektir. Bölüm 6’da ise grafikten eğri uydurma yöntemiyle elde edilen yöntemle Bölüm 5’te bulunan değerler karşılaştırılacak ve % sapma miktarı hesaplanacaktır.

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Çalışmada elde edilen deney sonuçları, her bir malzeme için aşağıdaki sıra ile denenilen;

- ❖ PVD TiN kaplamalı alüminyum oksit ve titanyum karbo-nitrür tabanlı seramik,
- ❖ PCBN,
- ❖ CVD TiN-TiCN-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kaplamalı sert metal,
- ❖ PVD TiAlN kaplamalı sermet,
- ❖ PVD TiN kaplamalı sert metal,
- ❖ Kaplamasız sert metal,
- ❖ Kaplamasız sermet,

kesici takımların arasından kullanılabilir sonuçlar veren kesici takımların takım ömrü grafikleri ve sabitleri, işlenen malzemelere göre sırasıyla irdelenmiştir. Ayrıca buna ek olarak yüzey pürüzlülüğü-kesme hızı ve aşınma sağlanana kadar kaldırılan talaş hacmi-kesme hızı değerleri ve grafikleri de tartışılmıştır.

##### 4.1. Haddelenmiş 1.2379 Soğuk-İş Takım Çeliğine Ait Sonuçlar

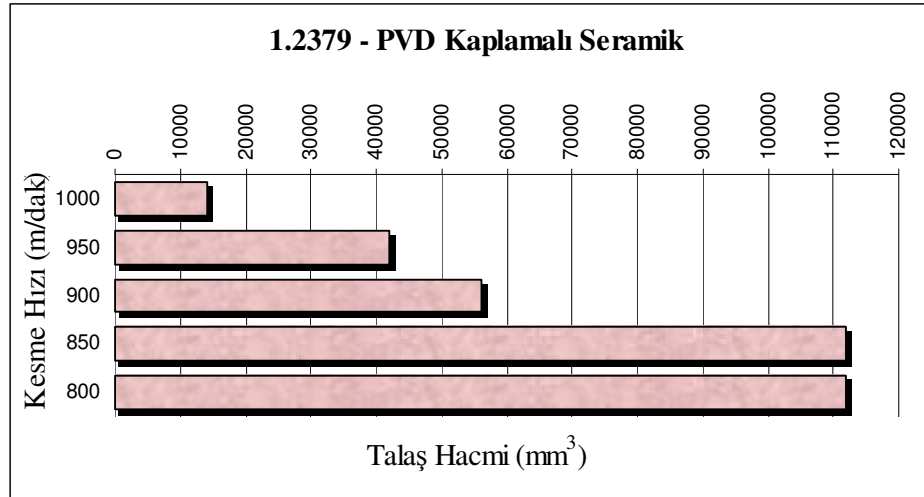
Haddelenmiş 1.2379 soğuk-iş takım çeliğinin yukarıda belirtilen 7 farklı kesici takım ile işlenmesi sonucunda yalnızca 4 kesici takım malzemesinden takım ömrünün değerlendirilebilmesi açısından uygun sonuçlar alınmıştır. Bunlar sırasıyla, PVD TiN kaplamalı Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiCN tabanlı seramik, PCBN, CVD TiN-TiCN-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kaplamalı sert metal ve kaplamasız sermettir. PVD TiN kaplamalı Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiCN tabanlı seramik kesici takımla farklı kesme hızlarında elde edilen takım ömrü, yüzey pürüzlülüğü, talaş hacmi ve takım ömrü sabitleri gibi sonuçlar Çizelge 4.1'de verilmiştir.

**Çizelge 4.1** 1.2379 soğuk-iş takım çeliğinin PVD TiN kaplamalı Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiCN

tabanlı seramik kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar

<b>Malzeme: Haddelenmiş 1.2379</b>			<b>(255HB)</b>		
<b>Kesici Takım Malzemesi</b>			<b>İşleme Parametreleri</b>		
<b>(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiCN) tabanlı Seramik</b>			İlerleme(mm/dev) :	0,125	
<b>Kaplama : PVD TiN</b>			Radyal Kes. Der. (mm) :	68,3	
			Eksenel Kes. Der (mm) :	1	
Kesme Hızı (m/dak)	Takım Ömrü (dak)	Yüzey Pür. Ra, (µm)	Talaş Hacmi (mm <sup>3</sup> )	Tak. Öm. Sabitleri	
				n	c
1000	1,00	0,594	14002	0,154	1133
950	3,10	1,490	42005		
900	4,46	0,824	56006		
850	8,56	1,350	112012		
800	10,26	1,241	112012		

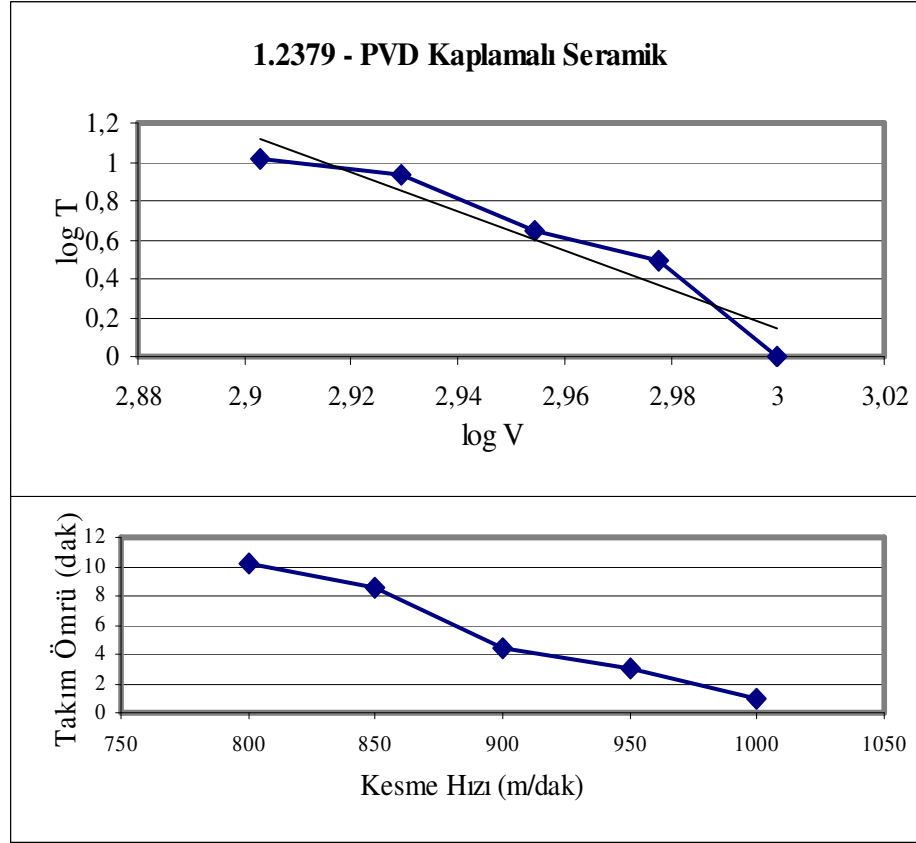
Farklı kesme hızlarında takım aşımına kadar kaldırılan talaş hacimleri açısından en iyi sonuç ise 850 m/dak kesme hızıyla 112012 mm<sup>3</sup> talaş kaldırılarak elde edilmiştir (Şekil 4.1).



**Şekil 4.1** 1.2379 soğuk-iş takım çeliğinin PVD kaplamalı seramik kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri



Takım ömrü açısından en iyi sonuç 800 m/dak kesme hızında 10,26 dak. ile elde edilmiştir (Şekil 4.2).

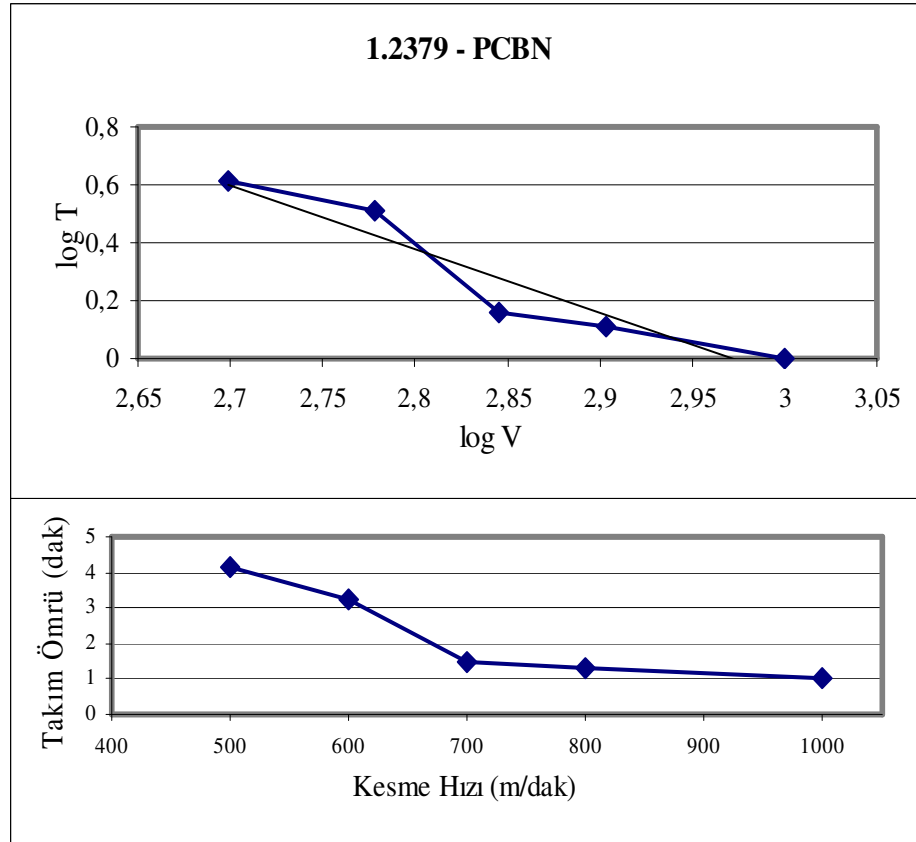


**Şekil 4.2** 1.2379-PVD kaplamalı seramik, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi

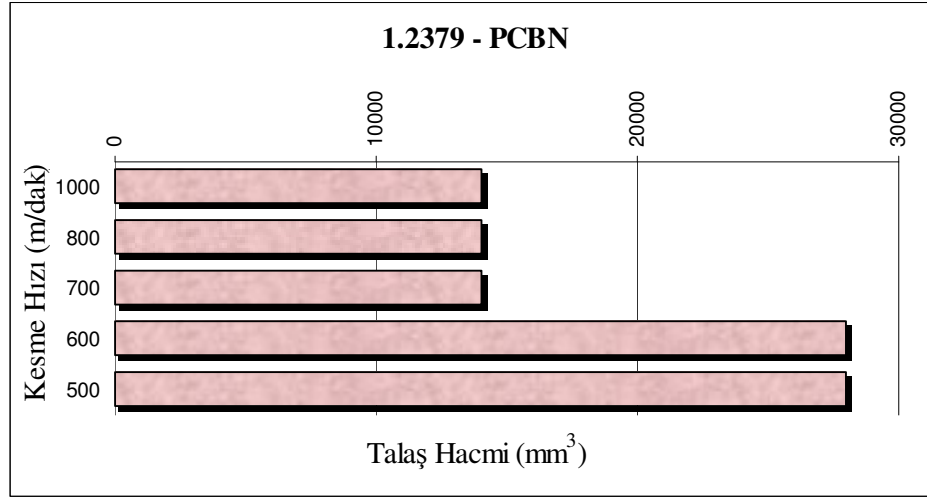
1.2379 soğuk-iş takım çeliğinin PCBN kesici takımla farklı kesme hızlarında işlenmesi sonucunda elde edilen takım ömrü, yüzey pürüzlülüğü, talaş hacmi ve takım ömrü sabitleri gibi sonuçlar Çizelge 4.2’de verilmiştir. Takım ömrü açısından en iyi sonuç 500 m/dak kesme hızında 4,13 dakika ile elde edilmiştir (Şekil 4.3). Farklı kesme hızlarında takım aşınıncaya kadar kaldırılan talaş hacimleri açısından en iyi sonuç ise 600 m/dak kesme hızıyla 28003 mm<sup>3</sup> talaş kaldırılarak elde edilmiştir (Şekil 4.4).

**Çizelge 4.2** 1.2379 soğuk-iş takım çeliğinin PCBN kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar

<i>Malzeme: Haddelenmiş 1.2379</i>				<i>(255HB)</i>	
<i>Kesici Takım Malzemesi</i>			<i>İşleme Parametreleri</i>		
PCBN			İlerleme(mm/dev)	: 0,125	
Kaplama : -			Radyal Kes. Der. (mm)	: 68,3	
			Eksenel Kes. Der (mm)	: 1	
Kesme Hızı (m/dak)	Takım Ömrü (dak)	Yüzey Pür. Ra, (µm)	Talaş Hacmi (mm <sup>3</sup> )	Tak. Öm. Sabitleri	
				n	c
1000	1,00	2,004	14002	0,730	918
800	1,28	1,492	14002		
700	1,45	1,143	14002		
600	3,23	0,990	28003		
500	4,13	0,614	28003		



**Şekil 4.3** 1.2379-PCBN, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi



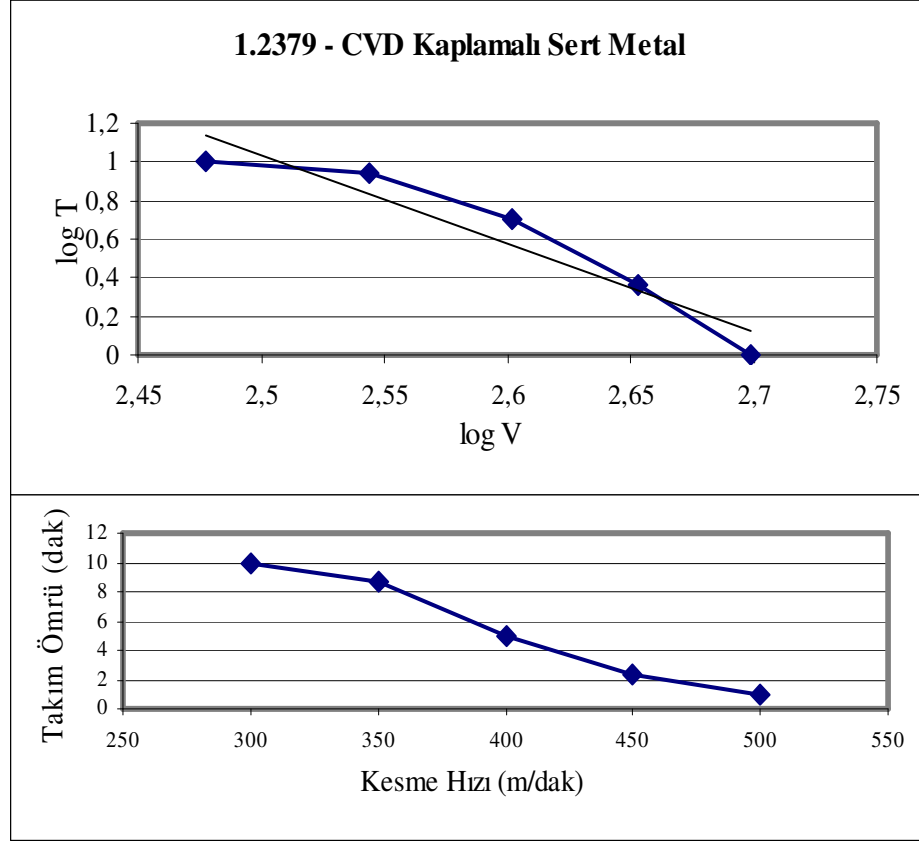
**Şekil 4.4** 1.2379 soğuk-iş takım çeliğinin PCBN kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri

1.2379 soğuk-iş takım çeliğinin TiN-TiCN-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kaplamalı sert metal kesici takım ile farklı kesme hızlarında işlenmesinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.3'de verilmiştir.

**Çizelge 4.3** 1.2379 soğuk-iş takım çeliğinin CVD TiN-TiCN-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kaplamalı sert metal kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar

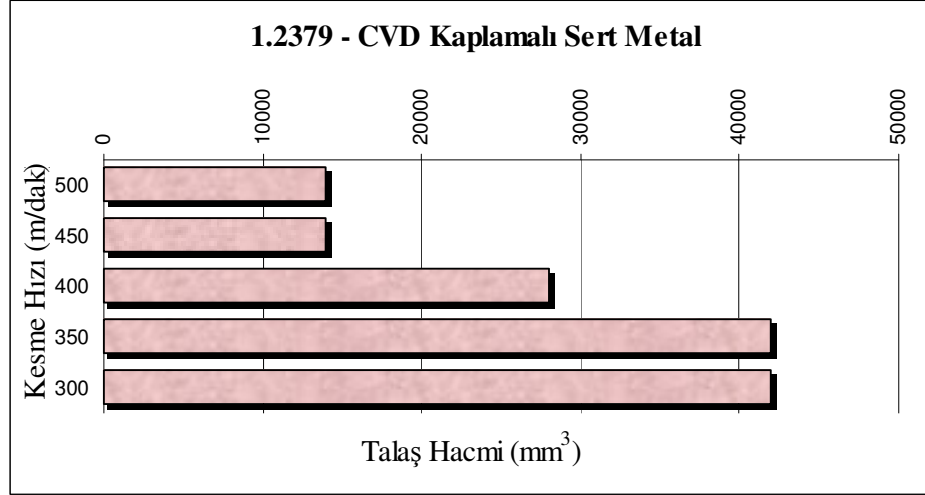
<b>Malzeme: Haddelenmiş 1.2379 (255HB)</b>			
<b>Kesici Takım Malzemesi</b>		<b>İşleme Parametreleri</b>	
<b>CVD Kaplamalı Sert Metal</b>		İlerleme(mm/dev) :	0,125
<b>Kaplama : TiN-TiCN-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>		Radyal Kes. Der. (mm) :	68,3
		Eksenel Kes. Der (mm) :	1
Kesme Hızı	Takım	Yüzey Pür.	Talaş Hacmi
Vc, (m/dak)	Ömrü T, (dak)	Ra, (µm)	(mm <sup>3</sup> )
500	1,00	0,200	14002
450	2,30	0,271	14002
400	5,00	0,438	28003
350	8,75	0,672	42005
300	10,00	0,518	42005

Takım ömrü açısından en iyi sonuç 300 m/dak kesme hızında 10 dak. ile elde edilmiştir (Şekil 4.5).



**Şekil 4.5** 1.2379-CVD kaplamalı sert metal, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi

Farklı kesme hızlarında takım aşımına kadar kaldırılan talaş hacimleri açısından en iyi sonuç ise 350 m/dak kesme hızıyla 42005 mm<sup>3</sup> talaş kaldırılarak elde edilmiştir (Şekil 4.5).



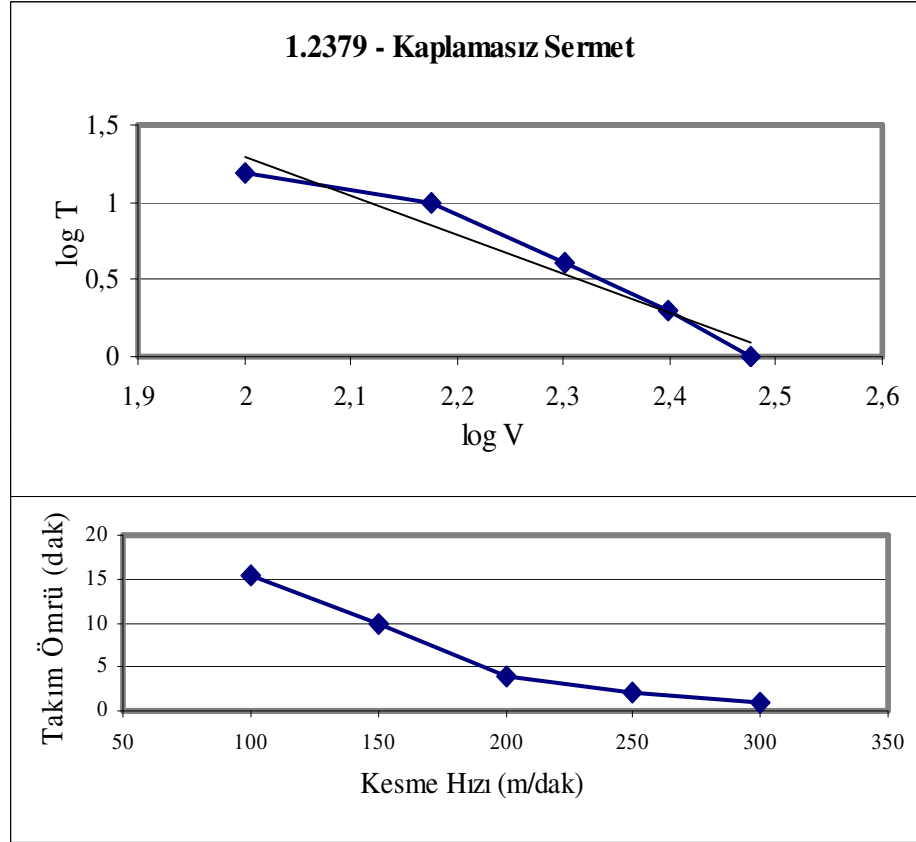
**Şekil 4.6** 1.2379 soğuk-iş takım çeliğinin CVD kaplamalı sert metal kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri

1.2379 Soğuk-iş takım çeliğinin kaplamasız sermet kesici takımla farklı kesme hızlarında işlenmesinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.4'te verilmiştir.

**Çizelge 4.4** 1.2379 soğuk-iş takım çeliğinin kaplamasız sermet kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar

<b>Malzeme: Haddelenmiş 1.2379</b>				<b>(255HB)</b>	
<b>Kesici Takım Malzemesi</b>			<b>İşleme Parametreleri</b>		
<b>Kaplamasız Sermet</b>			İlerleme(mm/dev)	: 0,125	
<b>Kaplama : -</b>			Radyal Kes. Der. (mm)	: 68,3	
			Eksenel Kes. Der (mm)	: 1	
Kesme Hızı (m/dak)	Takım Ömrü (dak)	Yüzey Pür. Ra, (µm)	Talaş Hacmi (mm <sup>3</sup> )	Tak. Öm. Sabitleri	
				n	c
300	1,00	0,119	14002	0,463	380
250	2,00	0,199	14002		
200	4,00	0,186	14002		
150	10,00	0,476	28003		
100	15,30	0,394	28003		

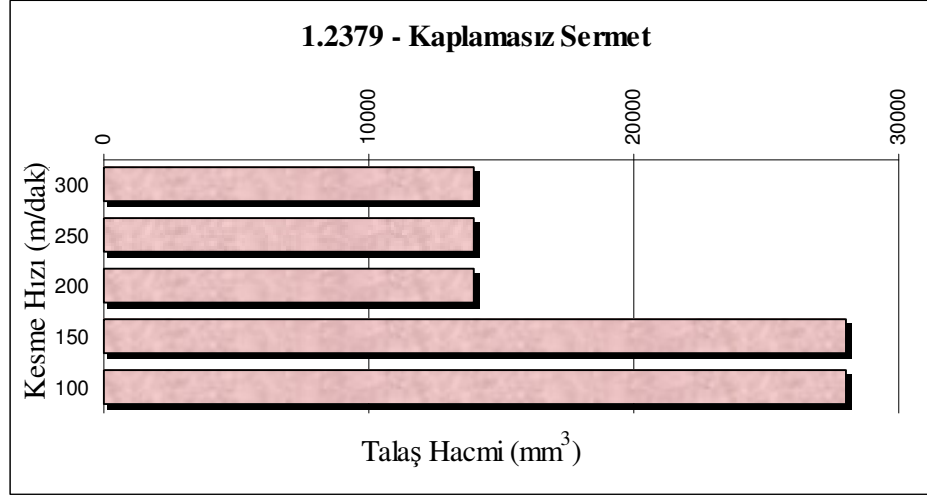
Takım ömrü açısından en iyi sonuç 100 m/dak kesme hızında 15,30 dakika ile elde edilmiştir (Şekil 4.7).



**Şekil 4.7** 1.2379-kaplamasız sermet, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi

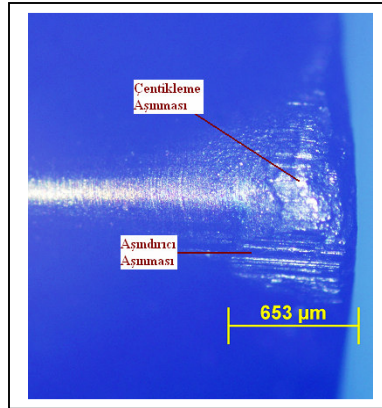
Farklı kesme hızlarında takım aşımına kadar kaldırılan talaş hacimleri açısından en iyi sonuç ise 150 m/dak kesme hızıyla 28003 mm<sup>3</sup> talaş kaldırılarak elde edilmiştir (Şekil 4.8).

Ayrıca takım mikroskobunda yapılan incelemeler sonucunda aşınma karakteristiklerinin ISO 8688-1 standardı ile tanımlanabilecek şekilde olduğu görülmüştür.



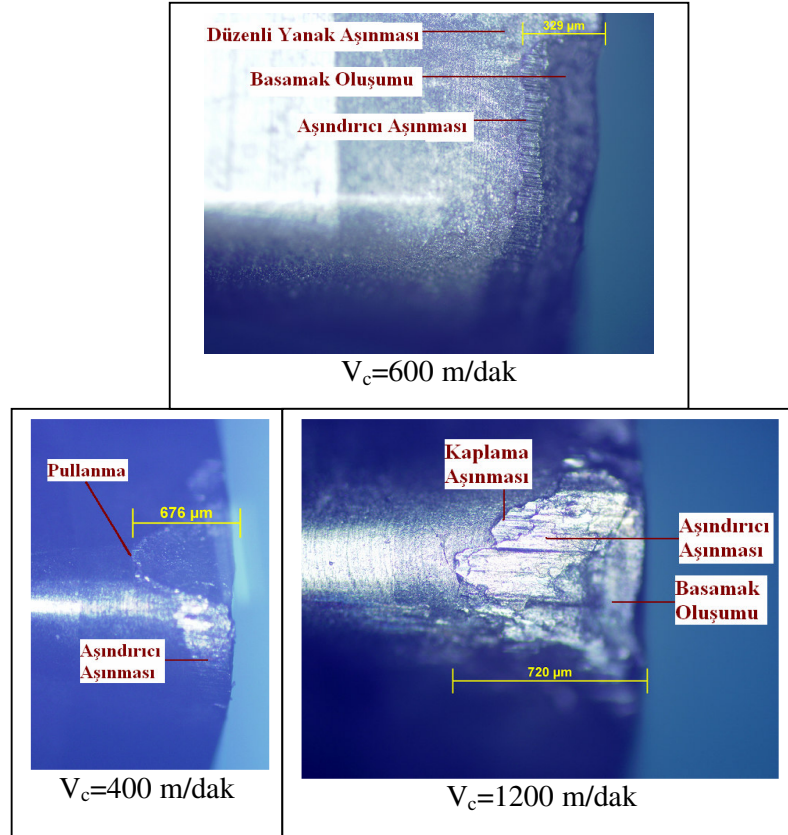
**Şekil 4.8** 1.2379 soğuk-iş takım çeliğinin kaplamasız sermet kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri

İlk olarak PVD TiN kaplamalı  $Al_2O_3/TiCN$  tabanlı seramik kesici takım için aşınma karakteristiği Şekil 4.9’da verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi aşınma ISO 8688-1/7.3.2.2’de tanımlanan düzensiz yanak aşınması şeklindedir.



**Şekil 4.9** 800 m/dak kesme hızında PVD TiN kaplamalı  $Al_2O_3/TiCN$  tabanlı seramik kesici takımdaki yanal yüzey aşınması

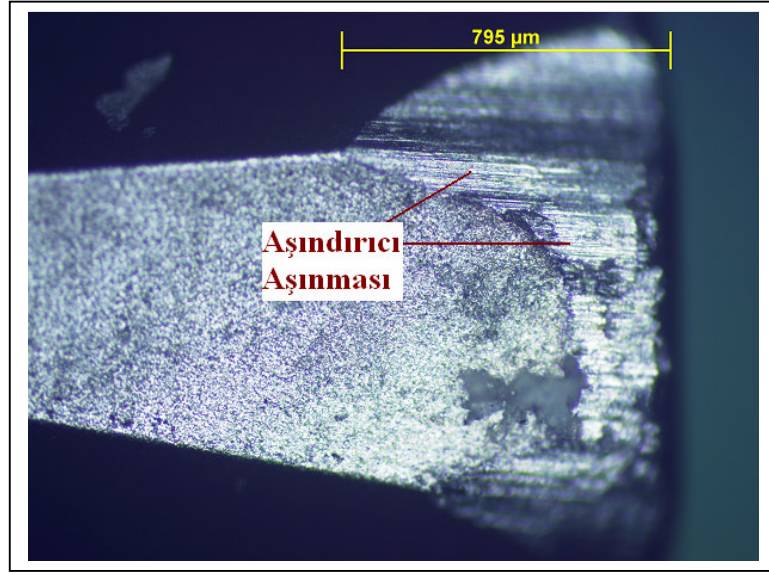
PCBN kesici takım için aşınma değerlendirmesi 400, 600, 1200 m/dak kesme hızlarıyla oluşmuş aşınmalar ile açıklanmış ve Şekil 4.10'da verilmiştir. 400 ve 1200 m/dak'da ISO 8688-1/7.3.2.2'de tanımlanan düzensiz yanak aşınması meydana gelmiş olup 600 m/dak'da ise ISO 8688-1/7.3.2.1'de tanımlanan düzenli yanak aşınması meydana gelmiştir. PCBN kesici takımında ise dikkat çeken husus, en düşük hız olan 400 m/dak ve en yüksek hız olan 1200 m/dak'da da yaklaşık aynı aşınmanın oluşmasıdır. Bu davranış uygun kesme hızı kavramını desteklemektedir. Uygun kesme hızının altında ve üstündeki değerlerde düzensiz yanak aşınması oluşmaktadır.



Şekil 4.10 400, 600 ve 1200 m/dak kesme hızında PCBN kesici takımında oluşan yanak yüzey aşınmaları

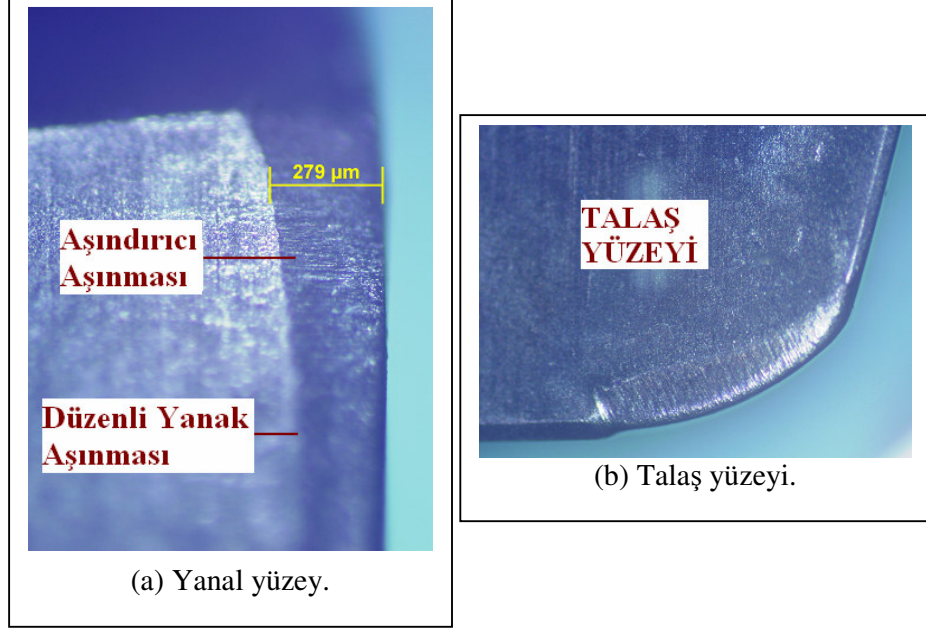


Şekil 4.11’de CVD TiN-TiCN-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kaplamalı sert metal için aşınma değeri verilmiştir. Buradaki aşınma tipi de düzensiz yanak aşınmasıdır. Burada 2. pasoda 0,28 mm olan aşınma 3. pasoda birden 0,795 mm’ye çıkmıştır. Bu ani artışın sebebinin de talaş yüküne bağlı olarak artan kuvvet-ısı yükselmesi ve sonuçta yumuşayan takım malzemesinin aşınması olduğu düşünülmektedir.



**Şekil 4.11** 300 m/dak kesme hızında CVD TiN-TiCN-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kaplamalı sert metal için yanal yüzey aşınması

1.2379 malzemesi için son olarak kaplamasız sermet kesici takıma ait 100 m/dak kesme hızına karşılık gelen aşınma değerleri Şekil 4.12’de verilmiştir. Burada ortalama yanal yüzey aşınması 0,3 mm’nin üstüne çıkmıştır. Ayrıca talaş yüzeyinde mekanik yorulma ve plastik deformasyon benzeri bir şekil bozukluğu görülmektedir.



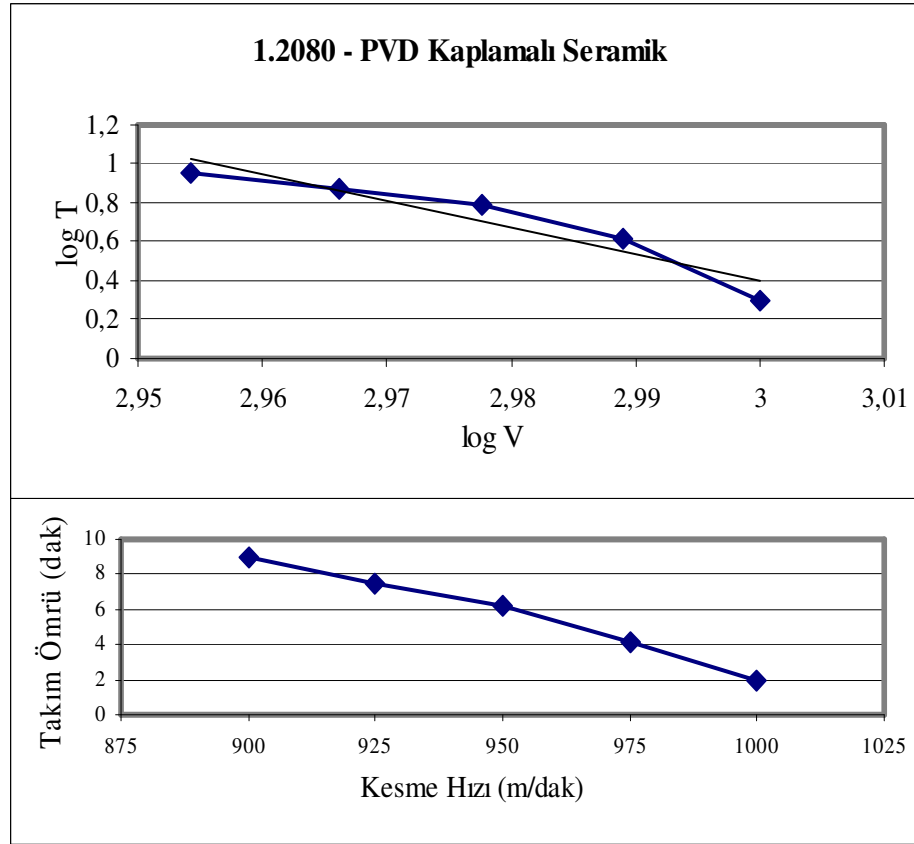
**Şekil 4.12** 100 m/dak kesme hızında kaplamasız sermet uçtaki için aşınma değerleri (a)Yanal yüzey, (b) Talaş yüzeyi

#### 4.2. Haddelenmiş 1.2080 Soğuk-İş Takım Çeliğine Ait Sonuçlar

1.2080 soğuk iş takım çeliğinin işlenmesi neticesinde takım ömrünün değerlendirilebilmesi açısından 4 farklı kesici takımdan uygun neticeler alınmıştır. Bunlar PVD kaplamalı seramik, PCBN, PVD kaplamalı sermet ve kaplamasız sermettir. PVD TiN kaplamalı  $Al_2O_3/TiCN$  tabanlı seramik kesici takımla farklı kesme hızlarında işlenmesinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.5'te verilmiştir. Takım ömrü açısından en iyi sonuç 900 m/dak kesme hızında 8,93 dak. ile elde edilmiştir (Şekil 4.13).

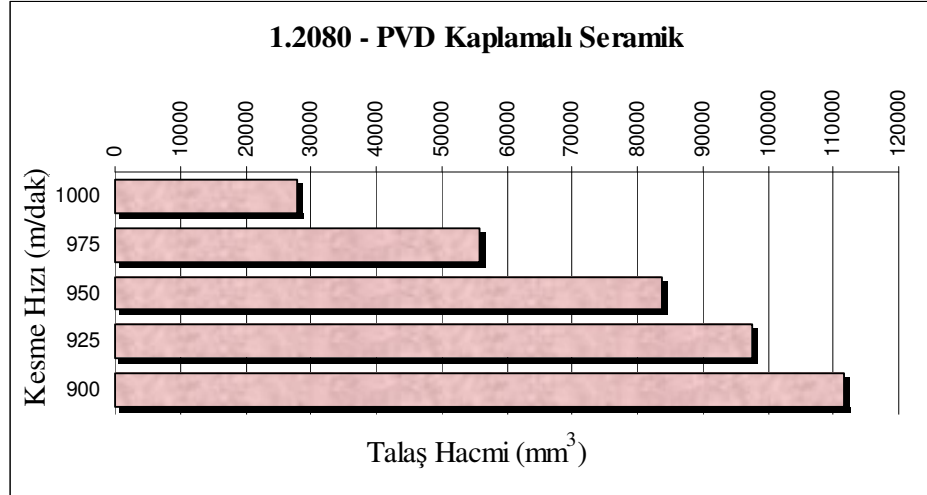
**Çizelge 4.5** 1.2080 soğuk-iş takım çeliğinin PVD kaplamalı seramik kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar

<i>Malzeme:Haddelenmiş 1.2080</i>			<i>(250 HB)</i>		
<i>Kesici Takım Malzemesi</i>			<i>İşleme Parametreleri</i>		
<b>(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiCN) tabanlı Seramik</b>			İlerleme(mm/dev) : 0,125		
<b>Kaplama : TiN</b>			Radyal Kes. Der. (mm) : 68		
			Eksenel Kes. Der (mm) : 1		
Kesme Hızı (m/dak)	Takım Ömrü (dak)	Yüzey Pür. Ra, (µm)	Talaş Hacmi (mm <sup>3</sup> )	Tak. Öm. Sabitleri	
				n	c
1000	2,00	2,369	27880	0,099	1138
975	4,10	2,218	55760		
950	6,20	2,201	83640		
925	7,50	2,421	97580		
900	8,93	2,621	111520		



**Şekil 4.13** 1.2080-PVD TiN kaplamalı seramik, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi

Farklı kesme hızlarında takım aşınıncaya kadar kaldırılan talaş hacimleri açısından en iyi sonuç ise 900 m/dak kesme hızıyla 111520 mm<sup>3</sup> talaş kaldırılarak elde edilmiştir (Şekil 4.14).



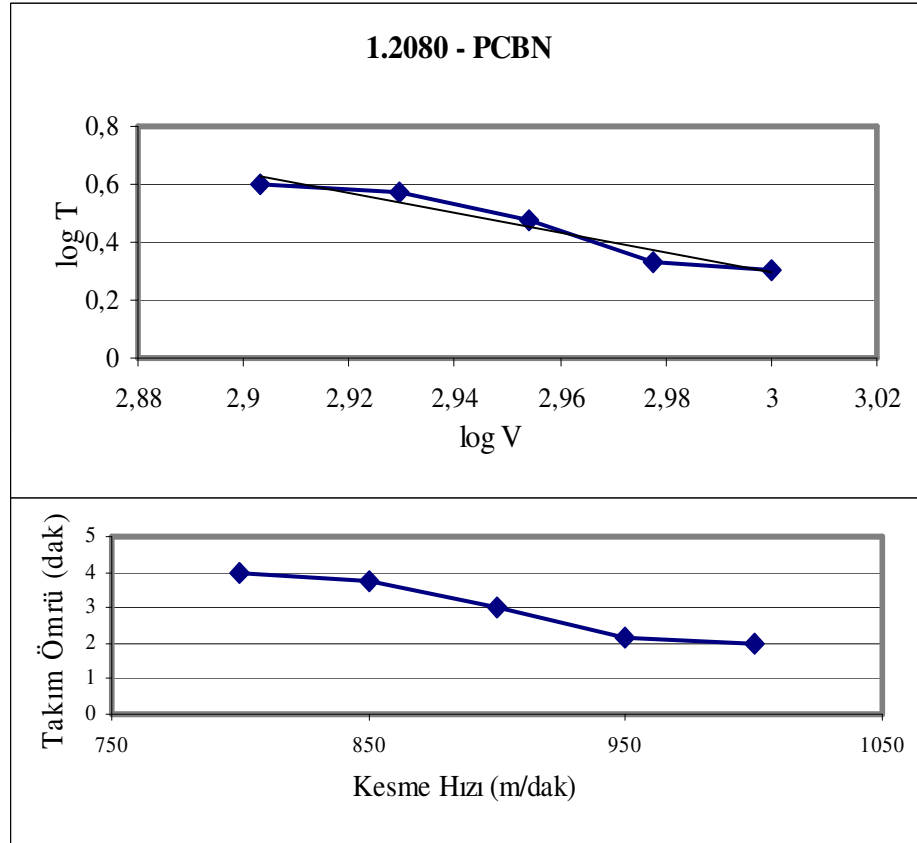
**Şekil 4.14** 1.2080 soğuk-iş takım çeliğinin PVD kaplamalı seramik kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri

1.2080 soğuk-iş takım çeliğinin PCBN kesici takımla farklı kesme hızlarında işlenmesinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.6'da verilmiştir. Takım ömrü açısından en iyi sonuç 800 m/dak kesme hızında 4 dak. ile elde edilmiştir (Şekil 4.15). Farklı kesme hızlarında takım aşınıncaya kadar kaldırılan talaş hacimleri açısından en iyi sonuç ise 850 m/dak kesme hızıyla 41820 mm<sup>3</sup> talaş kaldırılarak elde edilmiştir (Şekil 4.16).

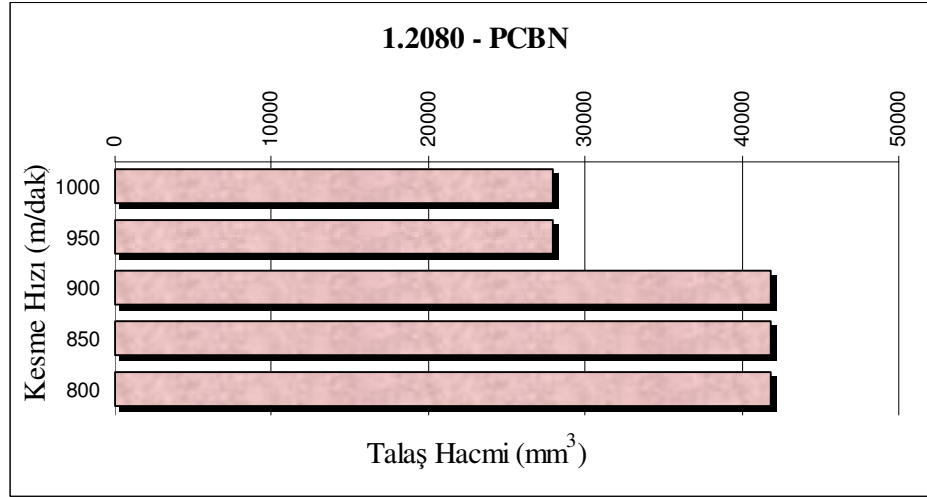
**Çizelge 4.6** 1.2080 soğuk-iş takım çeliğinin PCBN kesici takım ile işlenmesi

neticesinde elde edilen sonuçlar

<i>Malzeme: Haddelenmiş 1.2080</i>				<i>(250 HB)</i>	
<i>Kesici Takım Malzemesi</i>			<i>İşleme Parametreleri</i>		
<b>PCBN</b>			İlerleme(mm/dev)	: 0,125	
<b>Kaplama : -</b>			Radyal Kes. Der. (mm)	: 68	
			Eksenel Kes. Der (mm)	: 1	
Kesme Hızı (m/dak)	Takım Ömrü (dak)	Yüzey Pür. Ra, (µm)	Talaş Hacmi (mm <sup>3</sup> )	Tak. Öm. Sabitleri	
				n	c
1000	2,00	2,441	27880	0,507	1570
950	2,16	1,765	27880		
900	3,00	2,096	41820		
850	3,75	1,533	41820		
800	4,00	1,559	41820		



**Şekil 4.15** 1.2080-PCBN, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi



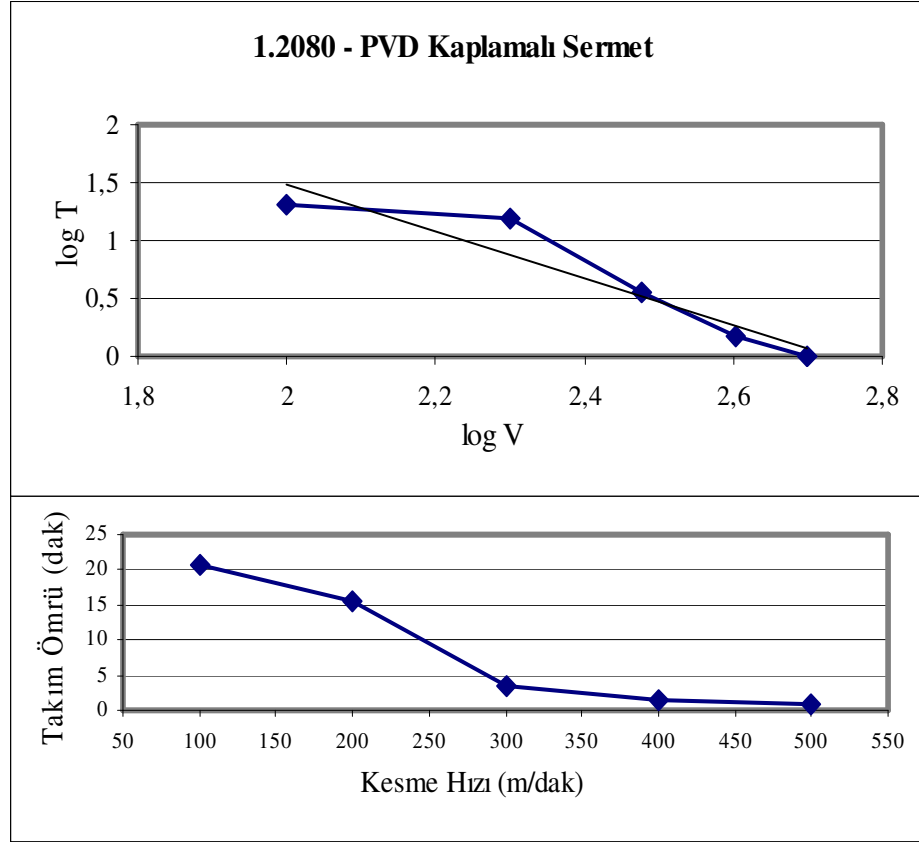
**Şekil 4.16** 1.2080 soğuk-iş takım çeliğinin PCBN kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri

1.2080 soğuk-iş takım çeliğinin PVD TiAlN kaplamalı sermet kesici takımla farklı kesme hızlarında işlenmesinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.7’de verilmiştir.

**Çizelge 4.7** 1.2080 soğuk-iş takım çeliğinin PVD TiAlN kaplamalı sermet kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar

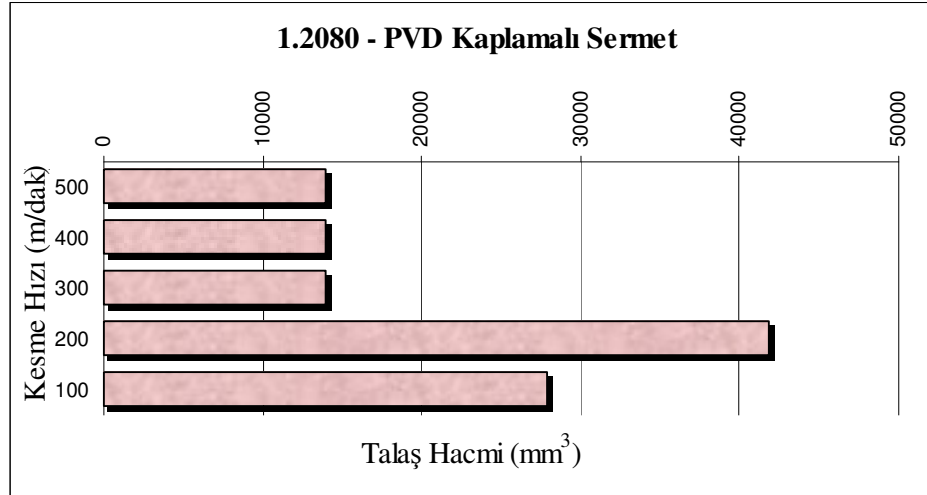
<i>Malzeme: Haddelenmiş 1.2080</i>				<i>(250 HB)</i>	
<i>Kesici Takım Malzemesi</i>			<i>İşleme Parametreleri</i>		
<b>PVD Kaplamalı Sermet</b>			İlerleme(mm/dev)	: 0,125	
<b>Kaplama :</b> PVD TiAlN			Radyal Kes. Der. (mm)	: 68	
			Eksenel Kes. Der (mm)	: 1	
Kesme Hızı (m/dak)	Takım Ömrü (dak)	Yüzey Pür. Ra, (µm)	Talaş Hacmi (mm <sup>3</sup> )	Tak. Öm. Sabitleri	
				n	c
500	1,00	0,169	13940	0,894	919
400	1,50	0,181	13940		
300	3,50	0,191	13940		
200	15,50	0,298	41820		
100	20,66	0,514	27880		

Takım ömrü açısından en iyi sonuç 100 m/dak kesme hızında 20,66 dakika ile elde edilmiştir (Şekil 4.17).



**Şekil 4.17** 1.2080 - PVD TiAlN kaplamalı sermet, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi

Farklı kesme hızlarında takım aşımına kadar kaldırılan talaş hacimleri açısından en iyi sonuç ise 200 m/dak kesme hızıyla 41820 mm<sup>3</sup> talaş kaldırılarak elde edilmiştir (Şekil 4.18).



**Şekil 4.18** 1.2080 soğuk-iş takım çeliğinin PVD TiAlN kaplamalı sermet kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri

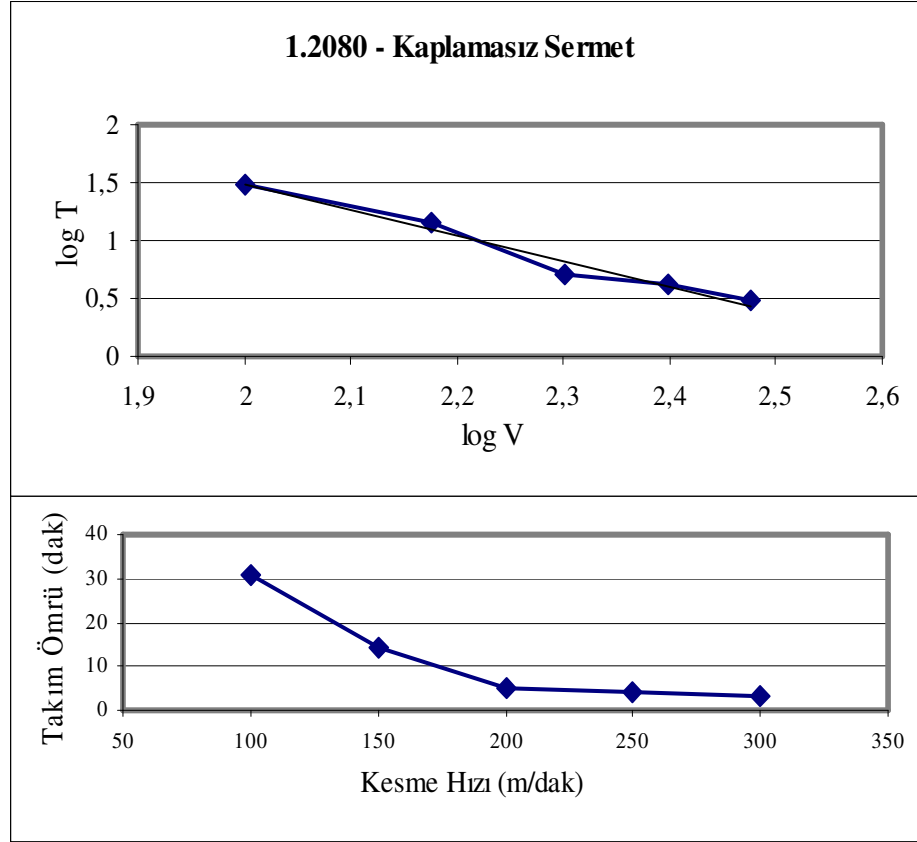
1.2080 soğuk-iş takım çeliğinin kaplamasız sermet kesici takımla farklı kesme hızlarında işlenmesinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.8’de verilmiştir.

**Çizelge 4.8** 1.2080 soğuk-iş takım çeliğinin kaplamasız sermet kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar

<i>Malzeme: Haddelenmiş 1.2080</i>			<i>(250 HB)</i>		
<i>Kesici Takım Malzemesi</i>			<i>İşleme Parametreleri</i>		
<b>Kaplamasız Sermet</b>			İlerleme(mm/dev) : 0,125		
<b>Kaplama : -</b>			Radyal Kes. Der. (mm) : 68		
			Eksenel Kes. Der (mm) : 1		
Kesme Hızı (m/dak)	Takım Ömrü (dak)	Yüzey Pür. Ra, (µm)	Talaş Hacmi (mm <sup>3</sup> )	Tak. Öm. Sabitleri	
				n	c
300	3,00	0,397	13940	0,593	530
250	4,13	2,582	13940		
200	5,17	0,233	13940		
150	14,17	0,409	27880		
100	31,00	0,102	41820		



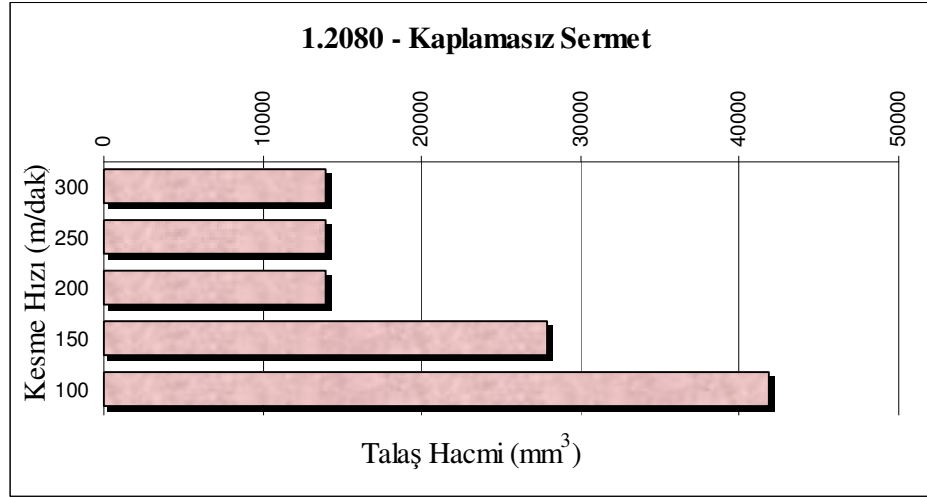
Takım ömrü açısından en iyi sonuç 100 m/dak kesme hızında 31 dakika ile elde edilmiştir (Şekil 4.19).



**Şekil 4.19** 1.2080- kaplamasız sermet, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi

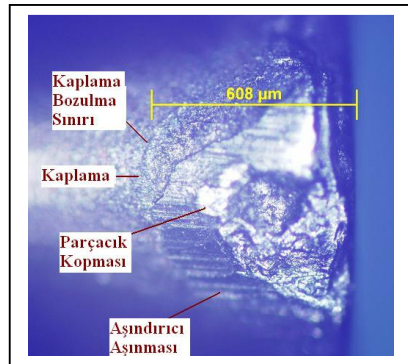
Farklı kesme hızlarında takım aşımına kadar kaldırılan talaş hacimleri açısından en iyi sonuç ise 100 m/dak kesme hızıyla 41820 mm<sup>3</sup> talaş kaldırılarak elde edilmiştir (Şekil 4.20).

1.2080 malzemesinin işlenmesinde kesici takımlarda meydana gelen yanıl yüzey aşınmaları her bir kesici takım için takımçı mikroskobundan elde edilen görüntüler yardımıyla açıklanmıştır.



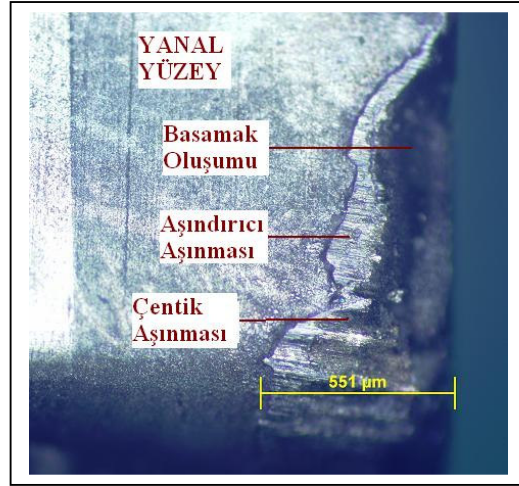
**Şekil 4.20** 1.2080 soğuk-iş takım çeliğinin kaplamasız sermet kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri

PVD TiN kaplamalı  $Al_2O_3/TiCN$  tabanlı seramik kesici takımında 1000 m/dak kesme hızında meydana gelen aşınma Şekil 4.21’de verilmiştir.



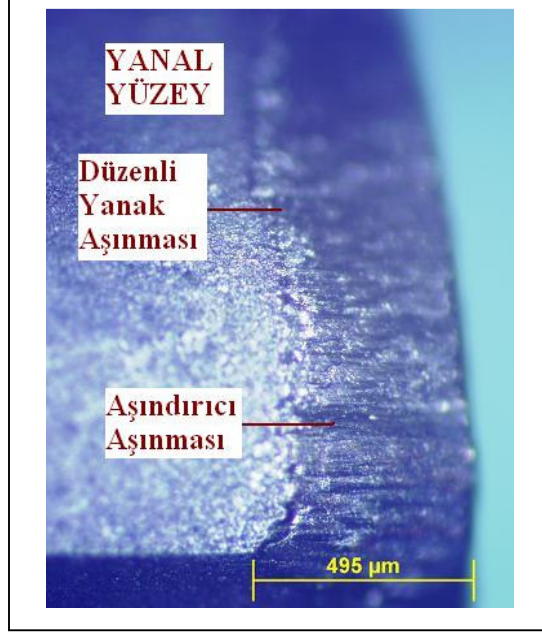
**Şekil 4.21** 1000 m/dak kesme hızında PVD TiN kaplamalı  $Al_2O_3/TiCN$  tabanlı seramik kesici takım için aşınma karakteristiği

PCBN kesici takım için aşınma karakteristiği ise yanal yüzey aşınması şeklinde ortaya çıkmış, 900 m/dak kesme hızına karşılık gelen yanal yüzey aşınması Şekil 4.22’de verilmiştir. Her iki takım da ISO 8688-1/7.3.2.2’de tanımlanan düzensiz yanak aşınması meydana gelmiş olup, aşındırıcı parçacıklarla oluşan aşınmanın yanında parçadan malzeme kopması da meydana gelmiştir. Ayrıca PCBN kesici takım da ISO 8688-1/7.3.3.2’de tanımlanan basamaklı yüz aşınması da meydana gelmiştir.

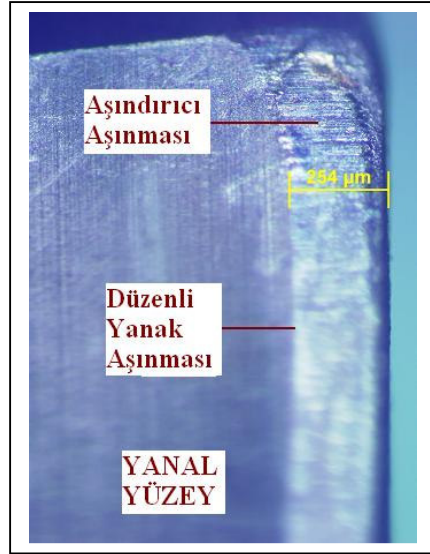


**Şekil 4.22** 900 m/dak kesme hızında PCBN kesici takım için aşınma bölgeleri

Şekil 4.23’de PVD TiAlN kaplamalı sermet için aşınma değeri gösterilmiştir. 1.2080 malzemesi için son olarak kaplamasız sermet kesici takıma ait 200 m/dak kesme hızına karşılık gelen aşınma karakteristiği Şekil 4.24’te verilmiştir. Şekillerden de görüleceği üzere aynı kesme hızlarında kaplamalı ve kaplamasız sermet uçlar benzer kesme karakteristiğini göstermiş ve aşındırıcı etkisi ile ISO 8688-1/7.3.2.1’de tanımlanan düzenli yanak aşınması meydana gelmiştir.



**Şekil 4.23** 200 m/dak kesme hızında PVD TiAlN kaplamalı sermet için aşınma değeri



**Şekil 4.24** 200 m/dak kesme hızında kaplamasız sermet uç için aşınma karakteristiği

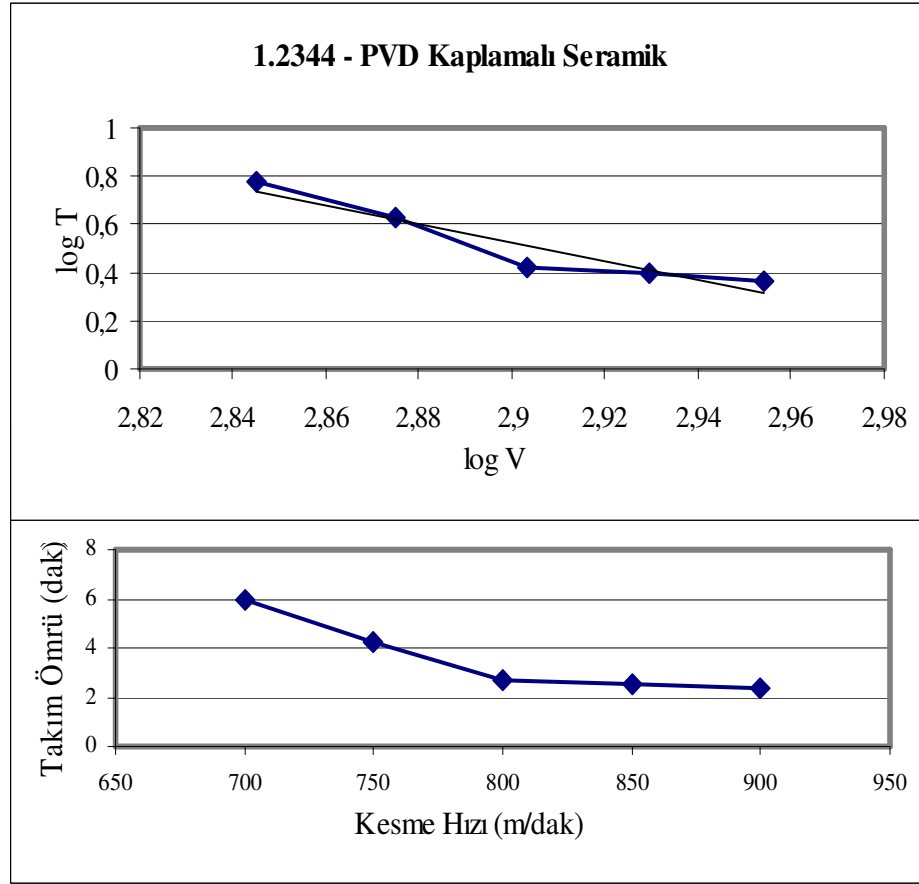
### 4.3. Haddelenmiş 1.2344 Sıcak -İş Takım Çeliğine Ait Sonuçlar

Haddelenmiş 1.2344 sıcak iş takım çeliğinin işlenmesi neticesinde kaplamasız sert metal dışındaki tüm kesici takımlardan takım ömrünün değerlendirilebilmesi açısından uygun neticeler alınmıştır. PVD TiN kaplamalı  $Al_2O_3/TiCN$  tabanlı seramik kesici takımla farklı kesme hızlarında işlenmesinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.9'da verilmiştir.

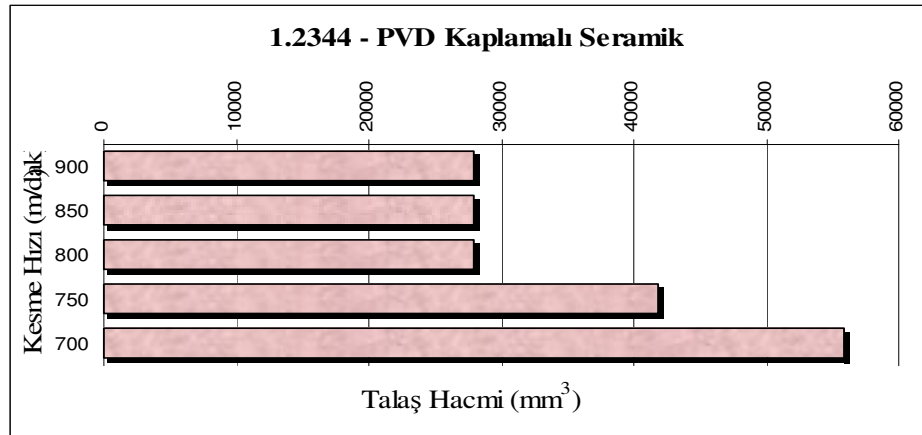
**Çizelge 4.9** 1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin PVD kaplamalı seramik kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar

<b>Malzeme: Haddelenmiş 1.2344</b>				<b>(230 HB)</b>	
<b>Kesici Takım Malzemesi</b>			<b>İşleme Parametreleri</b>		
<b>(<math>Al_2O_3/TiCN</math>) tabanlı Seramik</b>			İlerleme(mm/dev) : 0,125		
<b>Kaplama : TiN</b>			Radyal Kes. Der. (mm) : 68,1		
			Eksenel Kes. Der (mm) : 1		
Kesme Hızı (m/dak)	Takım Ömrü (dak)	Yüzey Pür. Ra, ( $\mu m$ )	Talaş Hacmi ( $mm^3$ )	Tak. Öm. Sabitleri	
				n	c
900	2,33	0,164	27921	0,532	1346
850	2,50	0,211	27921		
800	2,66	0,231	27921		
750	4,25	0,254	41882		
700	6,00	0,287	55842		

Takım ömrü açısından en iyi sonuç 700 m/dak kesme hızında 6 dak. ile elde edilmiştir (Şekil 4.25). Farklı kesme hızlarında takım aşınıncaya kadar kaldırılan talaş hacimleri açısından en iyi sonuç ise 700 m/dak kesme hızıyla  $55842 mm^3$  talaş kaldırılarak elde edilmiştir (Şekil 4.26).



**Şekil 4.25** 1. 2344-PVD TiN kaplamalı seramik, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi



**Şekil 4.26** 1.2344 sıcak-ış takım çeliğinin PVD kaplamalı seramik kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri

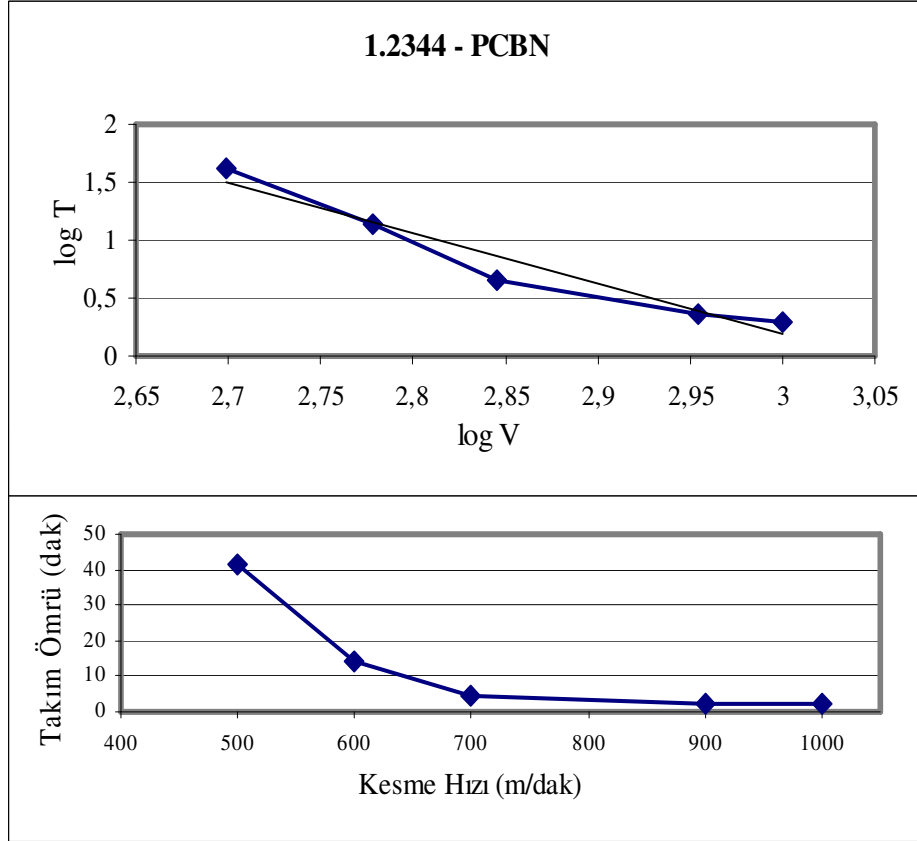
1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin PCBN kesici takımla farklı kesme hızlarında işlenmesinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.10'da verilmiştir.

**Çizelge 4.10** 1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin PCBN kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar

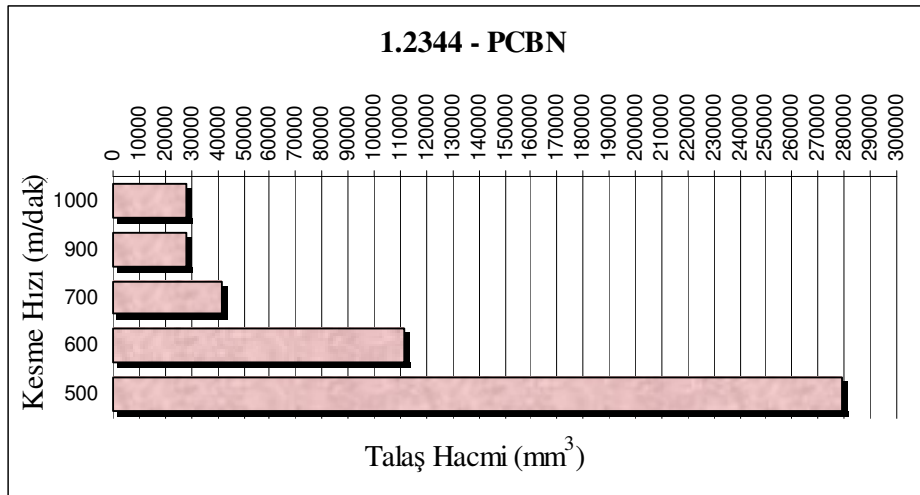
<i>Malzeme: Haddelenmiş 1.2344</i>				<i>(230 HB)</i>	
<i>Kesici Takım Malzemesi</i>			<i>İşleme Parametreleri</i>		
PCBN			İlerleme(mm/dev)	: 0,125	
Kaplama : -			Radyal Kes. Der. (mm)	: 68,1	
			Eksenel Kes. Der (mm)	: 1	
Kesme Hızı (m/dak)	Takım Ömrü (dak)	Yüzey Pür. Ra, (µm)	Talaş Hacmi (mm <sup>3</sup> )	Tak. Öm. Sabitleri	
				n	c
1000	2,00	0,915	27921	0,344	1174
900	2,33	0,436	27921		
700	4,50	0,711	41882		
600	14,00	1,029	111684		
500	41,66	1,608	279210		

Takım ömrü açısından en iyi sonuç 500 m/dak kesme hızında 41,66 dak. ile elde edilmiştir (Şekil 4.27). Farklı kesme hızlarında takım aşınıncaya kadar kaldırılan talaş hacimleri açısından en iyi sonuç ise 500 m/dak kesme hızıyla 279210 mm<sup>3</sup> talaş kaldırılarak elde edilmiştir (Şekil 4.28).

1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin CVD kaplamalı sert metal kesici takımla farklı kesme hızlarında işlenmesinde elde edilen takım ömrü, yüzey pürüzlülüğü, talaş hacmi ve takım ömrü sabitleri gibi sonuçlar Çizelge 4.11'de verilmiştir. Farklı kesme hızlarında takım aşınıncaya kadar kaldırılan talaş hacimleri açısından en iyi sonuç ise 300 m/dak kesme hızıyla 181487 mm<sup>3</sup> talaş kaldırılarak elde edilmiştir (Şekil 4.29).



Şekil 4.27 1. 2344-PCBN, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi

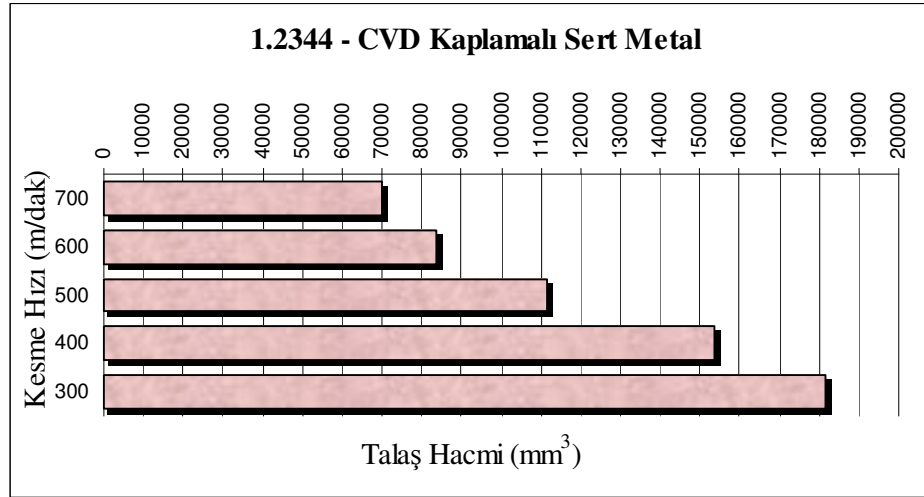


Şekil 4.28 1.2344 sıcak-ış takım çeliğinin PCBN kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri



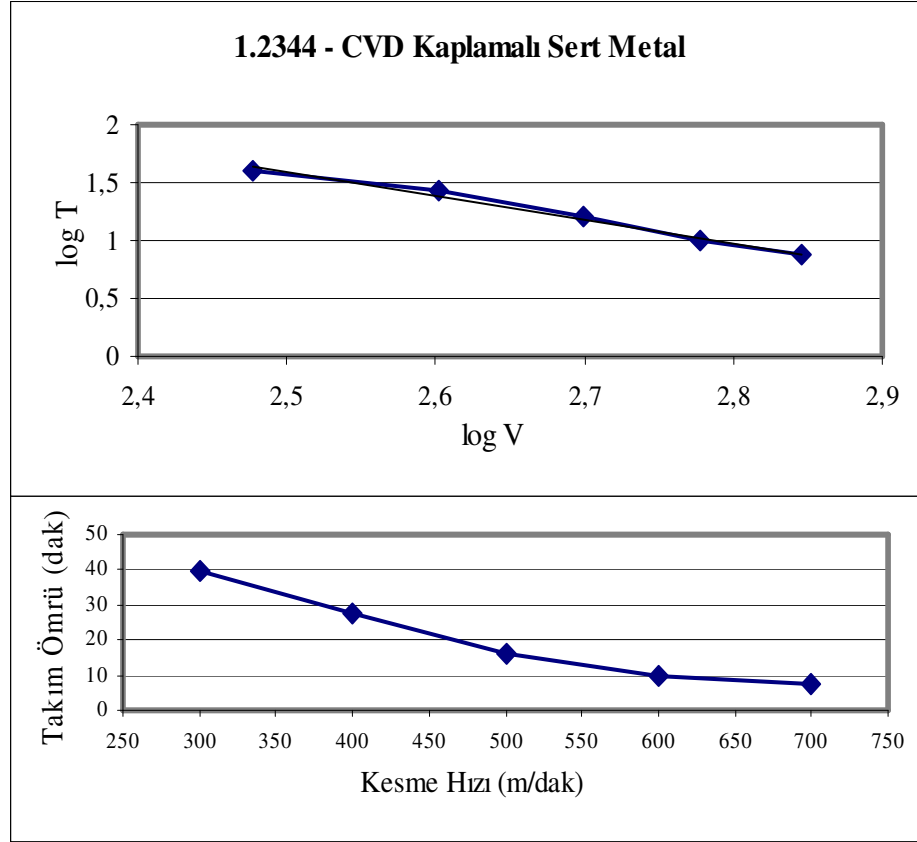
**Çizelge 4.11** 1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin CVD kaplamalı sert metal kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar

<i>Malzeme: Haddelenmiş 1.2344</i>				<i>(230 HB)</i>	
<i>Kesici Takım Malzemesi</i>			<i>İşleme Parametreleri</i>		
<b>CVD Kaplamalı Sert Metal</b>			İlerleme(mm/dev)	: 0,125	
<b>Kaplama : CVD TiN-TiCN-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>			Radyal Kes. Der. (mm)	: 68,1	
			Eksenel Kes. Der (mm)	: 1	
Kesme Hızı (m/dak)	Takım Ömrü (dak)	Yüzey Pür. Ra, (µm)	Talaş Hacmi (mm <sup>3</sup> )	Tak. Öm. Sabitleri	
				n	c
700	7,50	0,588	69803	0,527	2155
600	10,00	0,263	83763		
500	16,00	0,603	111684		
400	27,50	0,794	153566		
300	39,92	0,571	181487		



**Şekil 4.29** 1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin CVD kaplamalı sert metal kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri

Takım ömrü açısından en iyi sonuç 300 m/dak kesme hızında 39,92 dakika ile elde edilmiştir (Şekil 4.30).



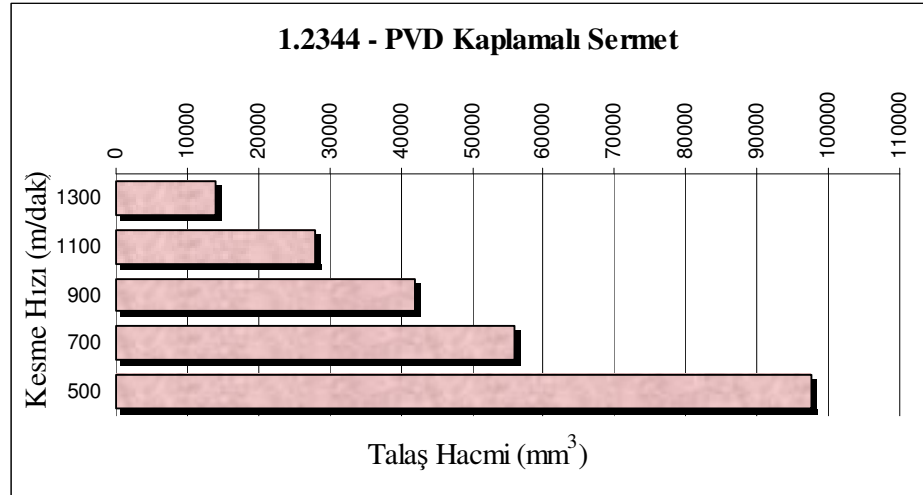
**Şekil 4.30** 1. 2344- CVD kaplamalı sert metal, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi

1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin PVD kaplamalı sermet kesici takımla farklı kesme hızlarında işlenmesinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.12’de verilmiştir. Farklı kesme hızlarında takım aşınıncaya kadar kaldırılan talaş hacimleri açısından en iyi sonuç ise 500 m/dak kesme hızıyla 97724 mm<sup>3</sup> talaş kaldırılarak elde edilmiştir (Şekil 4.31).

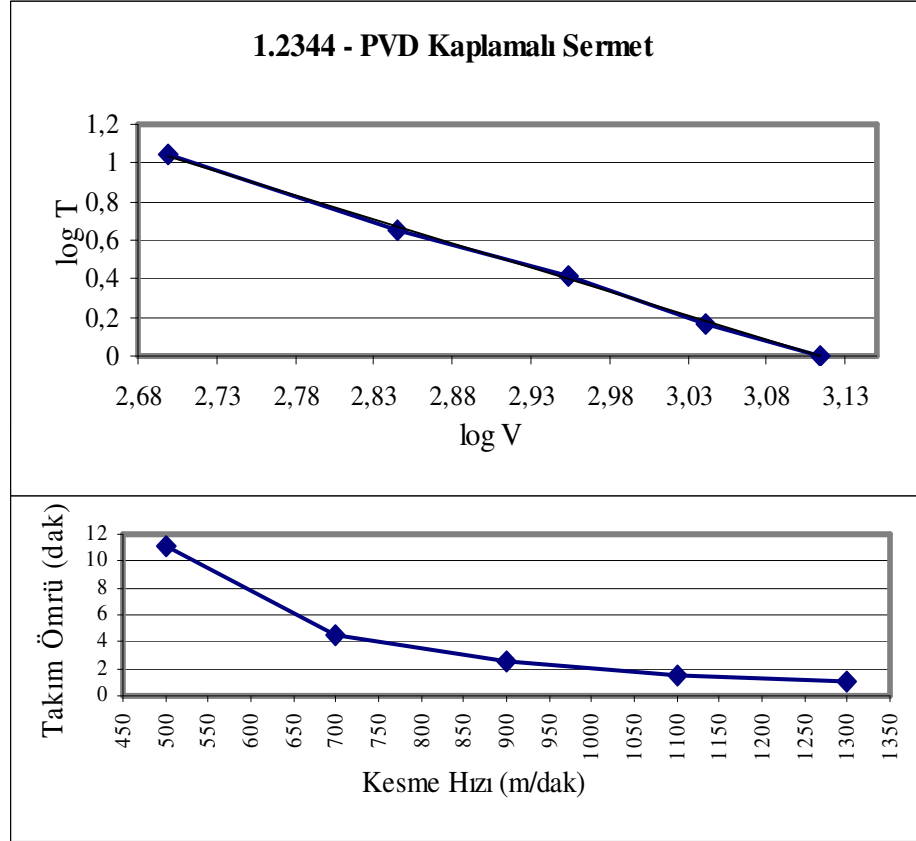
**Çizelge 4.12** 1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin PVD kaplamalı sermet kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar.

<b>Malzeme: Haddelenmiş 1.2344</b>				<b>(230 HB)</b>	
<b>Kesici Takım Malzemesi</b>			<b>İşleme Parametreleri</b>		
<b>PVD Kaplamalı Sermet</b>			İlerleme(mm/dev)	: 0,125	
<b>Kaplama : PVD TiAlN</b>			Radyal Kes. Der. (mm)	: 68,1	
			Eksenel Kes. Der (mm)	: 1	
Kesme Hızı (m/dak)	Takım Ömrü (dak)	Yüzey Pür. Ra, (µm)	Talaş Hacmi (mm <sup>3</sup> )	Tak. Öm. Sabitleri	
				N	C
1300	1,00	0,153	13961	0,404	1323
1100	1,47	0,088	27921		
900	2,60	0,071	41882		
700	4,53	0,110	55842		
500	11,08	0,088	97724		

Takım ömrü açısından en iyi sonuç 500 m/dak kesme hızında 11,08 dakika ile elde edilmiştir (Şekil 4.32).



**Şekil 4.31** 1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin PVD kaplamalı sermet kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri

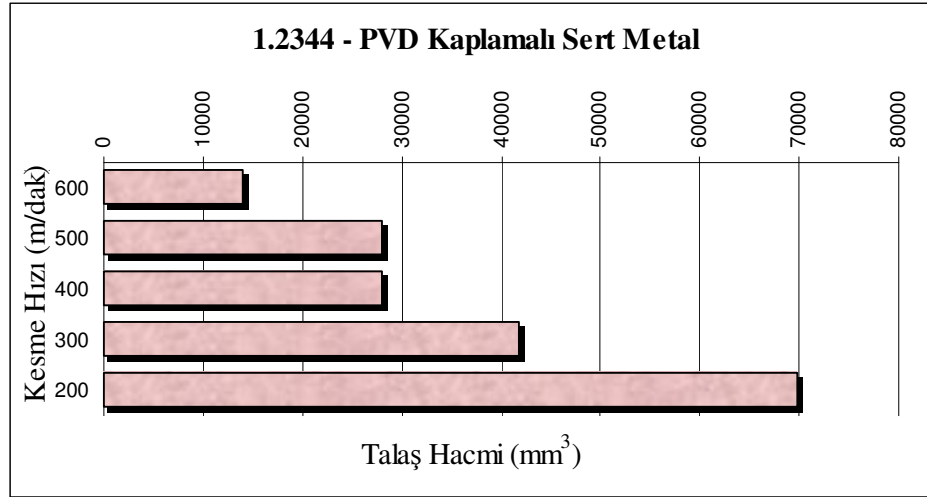


**Şekil 4.32** 1. 2344- PVD TiAlN kaplamalı sermet, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi

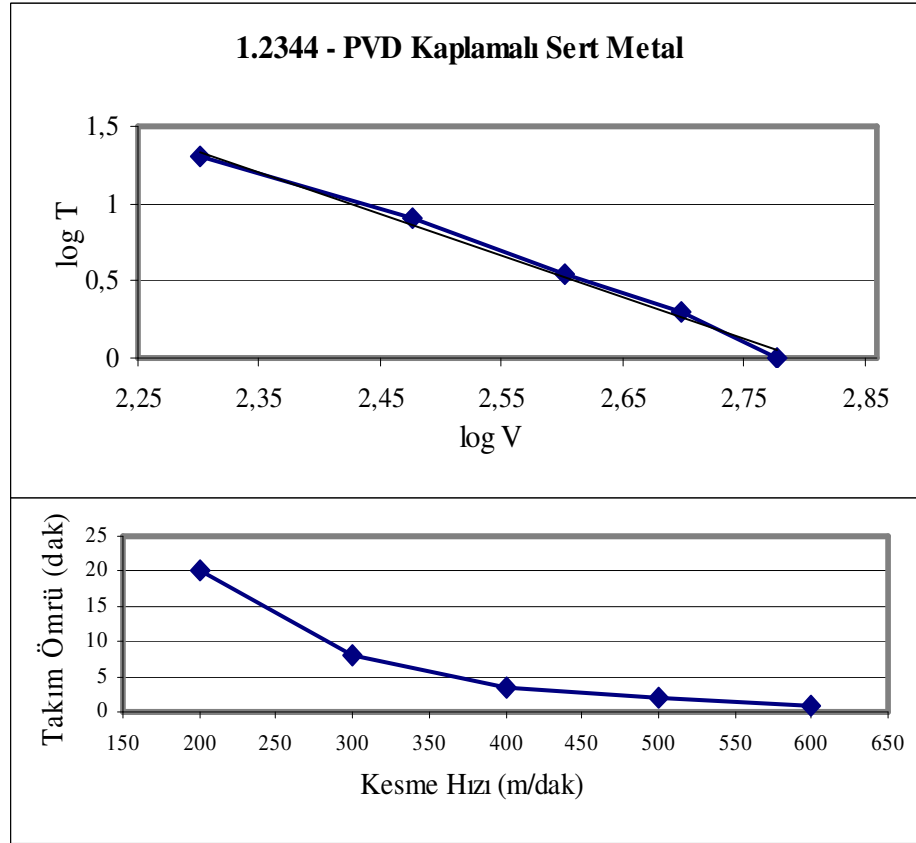
1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin PVD kaplamalı sert metal kesici takımla farklı kesme hızlarında işlenmesinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.13'te verilmiştir. Farklı kesme hızlarında takım aşınıcaya kadar kaldırılan talaş hacimleri açısından en iyi sonuç ise 100 m/dak kesme hızıyla 69803 mm<sup>3</sup> talaş kaldırılarak elde edilmiştir (Şekil 4.33). Takım ömrü açısından en iyi sonuç 200 m/dak kesme hızında 20 dakika ile elde edilmiştir (Şekil 4.34).

**Çizelge 4.13** 1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin PVD kaplamalı sert metal kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar

<i>Malzeme: Haddelenmiş 1.2344</i>				<i>(230 HB)</i>	
<i>Kesici Takım Malzemesi</i>			<i>İşleme Parametreleri</i>		
<b>PVD Kaplamalı Sert Metal</b>			İlerleme(mm/dev)	: 0,125	
<b>Kaplama : PVD TiN</b>			Radyal Kes. Der. (mm)	: 68,1	
			Eksenel Kes. Der (mm)	: 1	
Kesme Hızı (m/dak)	Takım Ömrü (dak)	Yüzey Pür. Ra, (µm)	Talaş Hacmi (mm <sup>3</sup> )	Tak. Öm. Sabitleri	
				n	c
600	1,00	0,163	13961	0,363	630
500	2,00	0,250	27921		
400	3,50	0,337	27921		
300	8,00	0,355	41882		
200	20,00	0,332	69803		



**Şekil 4.33** 1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin PVD kaplamalı sert metal kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri

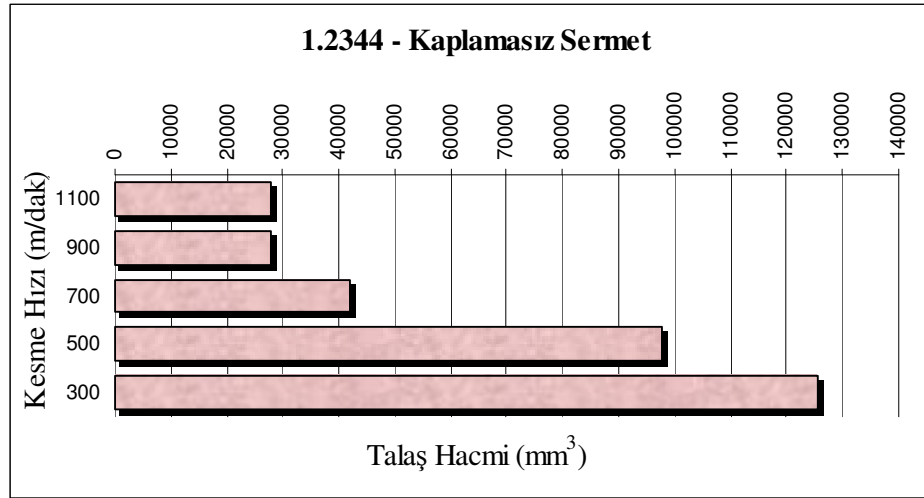


**Şekil 4.34** 1. 2344- PVD kaplamalı sert metal, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi

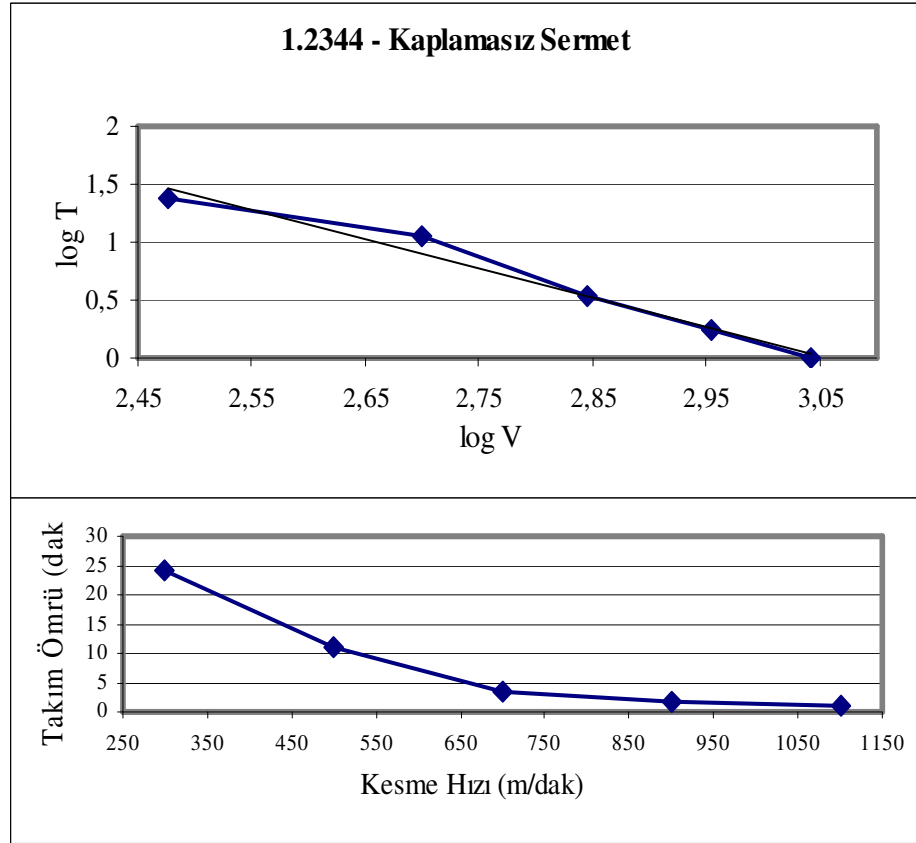
1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin kaplamasız sermet kesici takımla farklı kesme hızlarında işlenmesinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.14'te verilmiştir. Farklı kesme hızlarında takım aşınıncaya kadar kaldırılan talaş hacimleri açısından en iyi sonuç ise 300 m/dak kesme hızıyla 125645 mm<sup>3</sup> talaş kaldırılarak elde edilmiştir (Şekil 4.35). Takım ömrü açısından en iyi sonuç 300 m/dak kesme hızında 24 dakika ile elde edilmiştir (Şekil 4.36).

**Çizelge 4.14** 1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin kaplamasız sermet kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar

<i>Malzeme: Haddelenmiş 1.2344</i>			<i>(230 HB)</i>		
<i>Kesici Takım Malzemesi</i>			<i>İşleme Parametreleri</i>		
<b>Kaplamasız Sermet</b>			İlerleme(mm/dev) : 0,125		
<b>Kaplama : -</b>			Radyal Kes. Der. (mm) : 68,1		
			Eksenel Kes. Der (mm) : 1		
Kesme Hızı (m/dak)	Takım Ömrü (dak)	Yüzey Pür. Ra, (µm)	Talaş Hacmi (mm <sup>3</sup> )	Tak. Öm. Sabitleri	
				n	c
1100	1,00	0,074	27921	0,421	1172
900	1,73	0,057	27921		
700	3,40	0,101	41882		
500	11,08	0,281	97724		
300	24,00	0,089	125645		



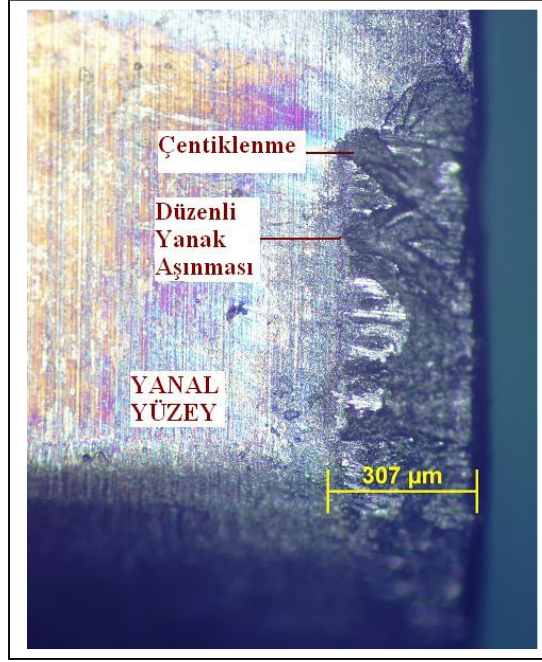
**Şekil 4.35** 1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin kaplamasız sermet kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri



**Şekil 4.36** 1. 2344- kaplamasız sermet, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi

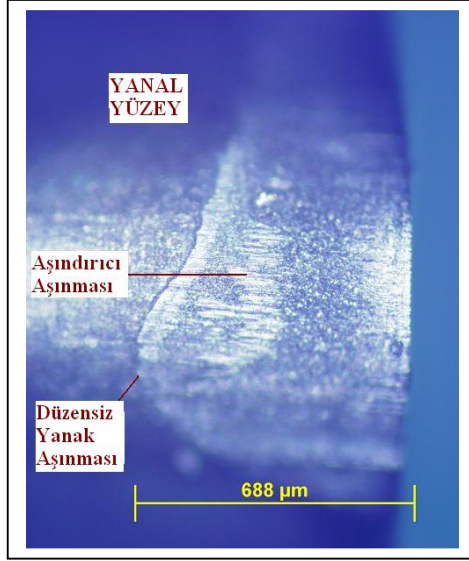
1.2344 malzemesinin işlenmesinde kesici takımlarda meydana gelen aşınmalar her bir kesici takım için genel ömür karakteristiği en iyi veren takım mikroskobu görüntüsü yardımıyla değerlendirilmiştir. PVD TiN kaplamalı  $Al_2O_3/TiCN$  tabanlı seramik kesici takım için aşınma karakteristiğini açıklayan görüntü 800 m/dak kesme hızında meydana gelen aşınma, ISO 8688-1/7.3.2.1'de tanımlanan düzenli yanak aşınması olup şekil 4.37'de verilmiştir. Ayrıca buna ek olarak ISO 8688-1/7.3.4.1'de tanımlanan düzenli çentiklenme de görülmektedir.



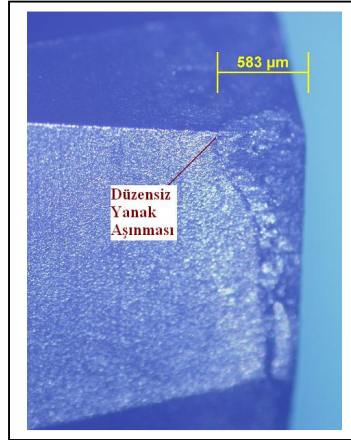


**Şekil 4.37** 800 m/dak kesme hızında PVD TiN kaplamalı  $Al_2O_3/TiCN$  tabanlı seramik kesici takımdaki yanıl yüzey aşınması

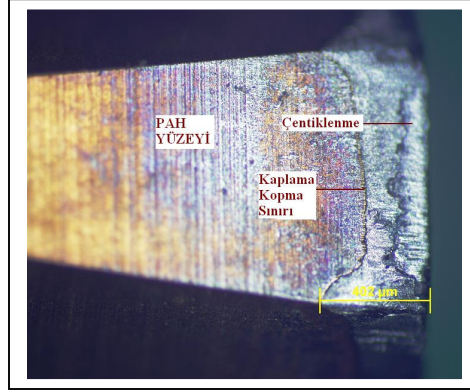
PCBN kesici takım için aşınma karakteristiği 900 m/dak kesme hızında elde edilmiş olup aşındırıcı aşınma mekanizmayla oluşan ISO 8688-1/7.3.2.2’de tanımlanan düzensiz yanak aşınması şekil 4.38’de verilmiştir. Şekil 4.39’da CVD TiN-TiCN- $Al_2O_3$  kaplamalı sert metal için düzensiz yanak aşınması değeri verilmiştir. PVD TiN kaplamalı sert metal için şekil 4.40’da görülen aşınma tipleri ISO 8688-1/7.3.2.2’de tanımlanan düzensiz yanak aşınması ve ISO 8688-1/7.3.4.1’de tanımlanan düzenli çentiklenmedir.



**Şekil 4.38** 900 m/dak kesme hızında PCBN kesici takım için yanak yüzey aşınması

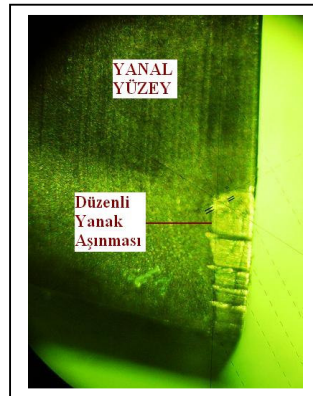


**Şekil 4.39** 400 m/dak kesme hızında CVD TiN-TiCN-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kaplamalı sert metal takımda yanak yüzey aşınması



**Şekil 4.40** 200 m/dak kesme hızında PVD TiN kaplamalı sert metal için yanıl yüzey aşınması

1.2344 malzemesi için son olarak kaplamasız sermet kesici takıma ait 500 m/dak kesme hızına karşılık gelen aşınma değeri şekil 4.41’de verilmiştir. CVD ve PVD kaplamalı sert metal kesici takım uçlarda ortalama yanıl yüzey aşınmasının yanında burun kısmında en büyük yanıl yüzey aşınması görülmektedir. Kaplamasız sermet kesici takım haricindeki diğer tüm kesici takımlardaki aşınmalar sürtünmeden kaynaklanan aşınmaya benzerdir.



**Şekil 4.41** 500 m/dak kesme hızında kaplamasız sermet uç için yanıl yüzey aşınması

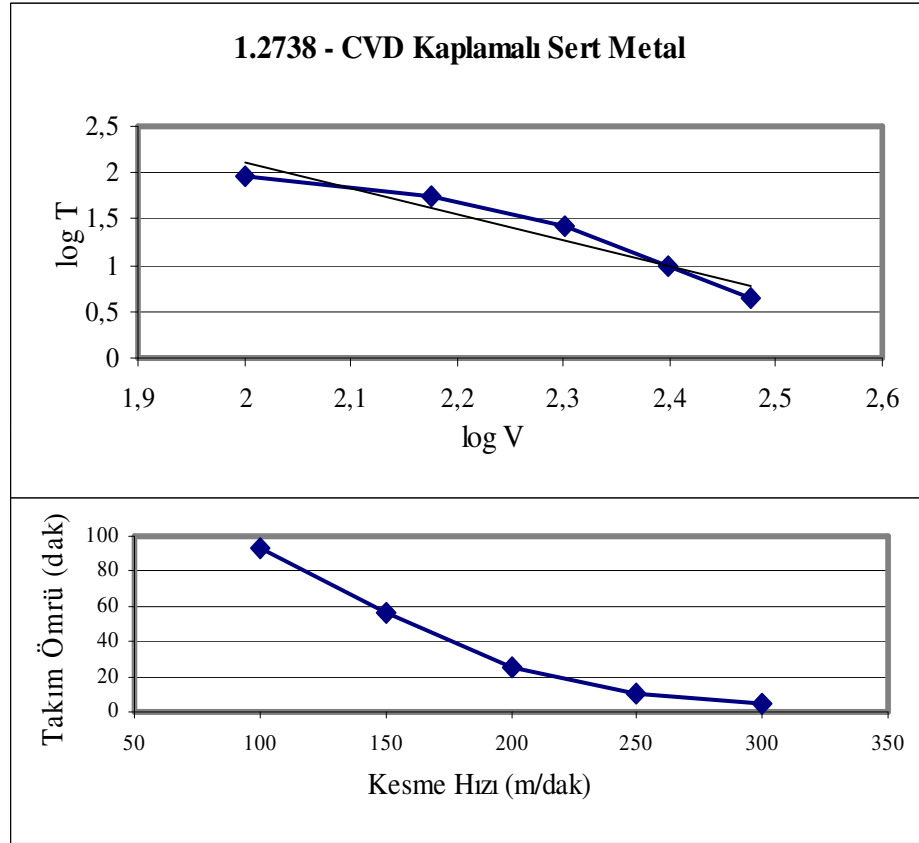
#### 4.4. Haddelenmiş 1.2738 Plastik Kalıp Çeliğine Ait Sonuçlar

Haddelenmiş 1.2778 plastik kalıp çeliğinin işlenmesi neticesinde 4 farklı kesici takımdan takım ömrünün değerlendirilebilmesi açısından uygun neticeler alınmıştır. CVD TiN-TiCN-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kaplamalı sert metal kesici takım ile farklı kesme hızlarında işlenmesinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.15'te verilmiştir.

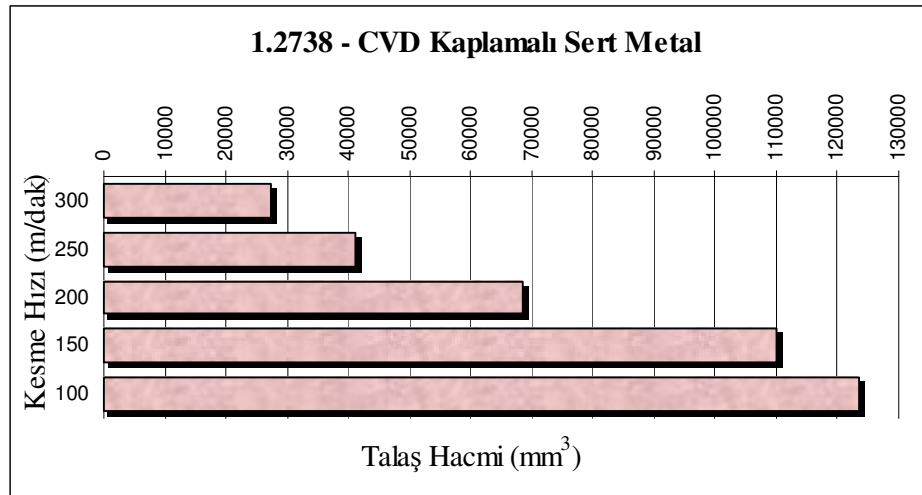
**Çizelge 4.15** .2738 plastik kalıp çeliğinin CVD kaplamalı sert metal kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar

<i>Malzeme : Haddelenmiş 1.2738</i>				<i>(300 HB)</i>	
<i>Kesici Takım Malzemesi</i>			<i>İşleme Parametreleri</i>		
<b>CVD Kaplamalı Sert Metal</b>			İlerleme(mm/dev)	: 0,125	
<b>Kaplama : CVD TiN-TiCN-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>			Radyal Kes. Der. (mm)	: 67	
			Eksenel Kes. Der (mm)	: 1	
Kesme Hızı (m/dak)	Takım Ömrü (dak)	Yüzey Pür. Ra, (µm)	Talaş Hacmi (mm <sup>3</sup> )	Tak. Öm. Sabitleri	
				n	c
300	4,43	0,400	27470	0,411	761
250	9,80	0,184	41205		
200	25,83	0,731	68675		
150	56,66	0,233	109880		
100	93,00	1,667	123615		

Takım ömrü açısından en iyi sonuç 100 m/dak kesme hızında 93 dakika ile elde edilmiştir (Şekil 4.42). Farklı kesme hızlarında takım aşınımına kadar kaldırılan talaş hacimleri açısından en iyi sonuç ise 100 m/dak kesme hızıyla 123615 mm<sup>3</sup> talaş kaldırılarak elde edilmiştir (Şekil 4.43).



**Şekil 4.42** 1. 2738- CVD kaplamalı sert metal, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi



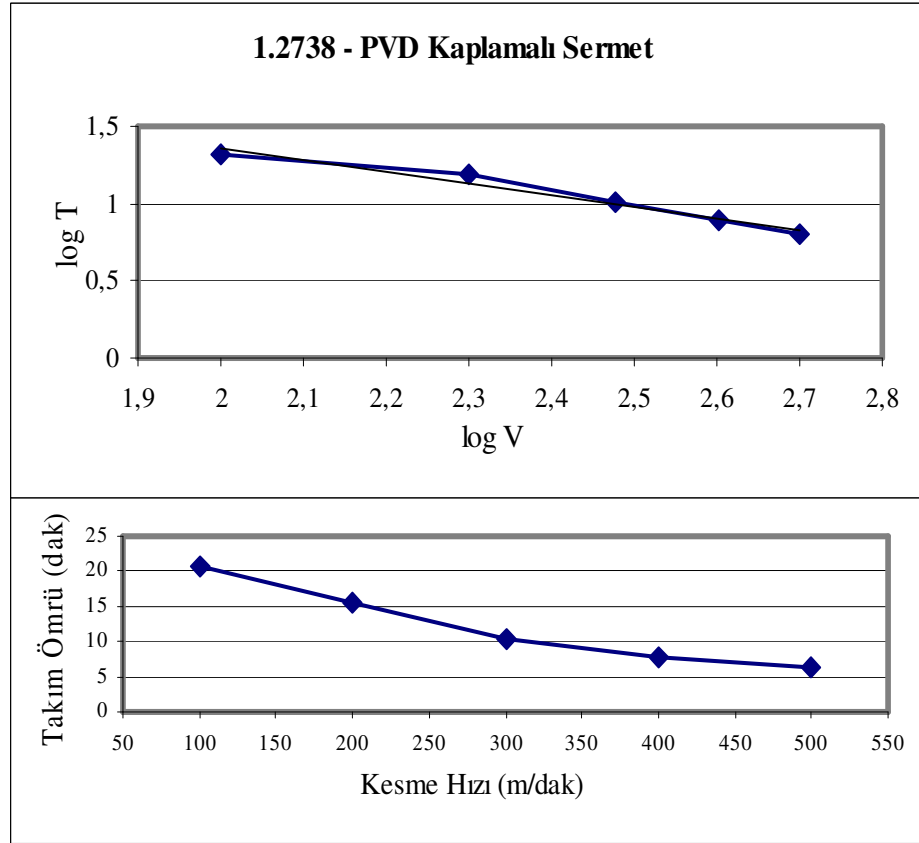
**Şekil 4.43** 1.2738 plastik kalıp çeliğinin CVD kaplamalı sert metal kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri

1.2738 plastik kalıp çeliğinin PVD kaplamalı sermet kesici takım ile farklı kesme hızlarında işlenmesinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.16'da verilmiştir.

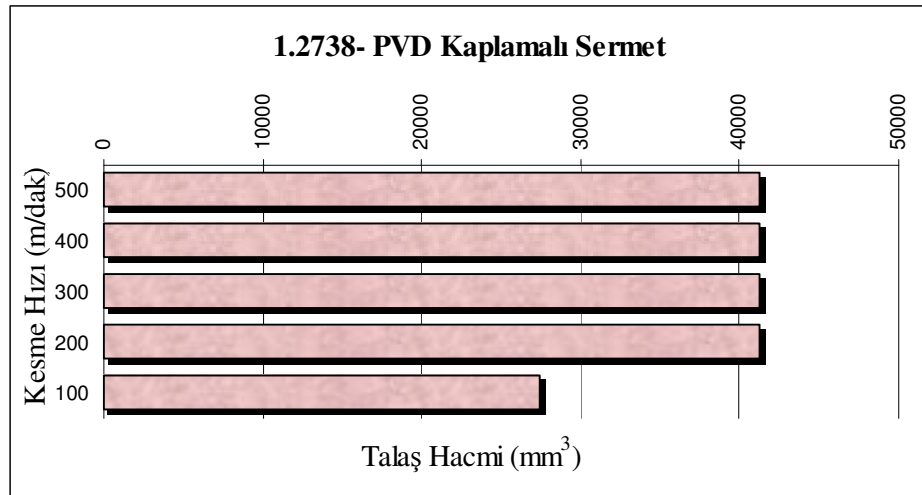
**Çizelge 4.16** 1.2738 plastik kalıp çeliğinin PVD kaplamalı sermet kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar

<b>Malzeme: Haddelenmiş 1.2738</b>				<b>(300 HB)</b>	
<b>Kesici Takım Malzemesi</b>			<b>İşleme Parametreleri</b>		
<b>PVD Kaplamalı Sermet</b>			İlerleme(mm/dev)	: 0,125	
<b>Kaplama : PVD TiAlN</b>			Radyal Kes. Der. (mm)	: 67	
			Eksenel Kes. Der (mm)	: 1	
Kesme Hızı (m/dak)	Takım Ömrü (dak)	Yüzey Pür. Ra, (µm)	Talaş Hacmi (mm <sup>3</sup> )	Tak. Öm. Sabitleri	
				n	c
500	6,30	0,709	41205	1,373	7378
400	7,75	0,250	41205		
300	10,30	0,120	41205		
200	15,50	0,119	41205		
100	20,66	0,489	27470		

Takım ömrü açısından en iyi sonuç 100 m/dak kesme hızında 20,66 dak. ile elde edilmiştir (Şekil 4.44). Farklı kesme hızlarında takım aşınımına kadar kaldırılan talaş hacimleri açısından en iyi sonuç ise 100 m/dak kesme hızıyla 27470 mm<sup>3</sup> talaş kaldırılarak elde edilmiştir (Şekil 4.45).



**Şekil 4.44** 1. 2738- PVD kaplamalı sermet, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi



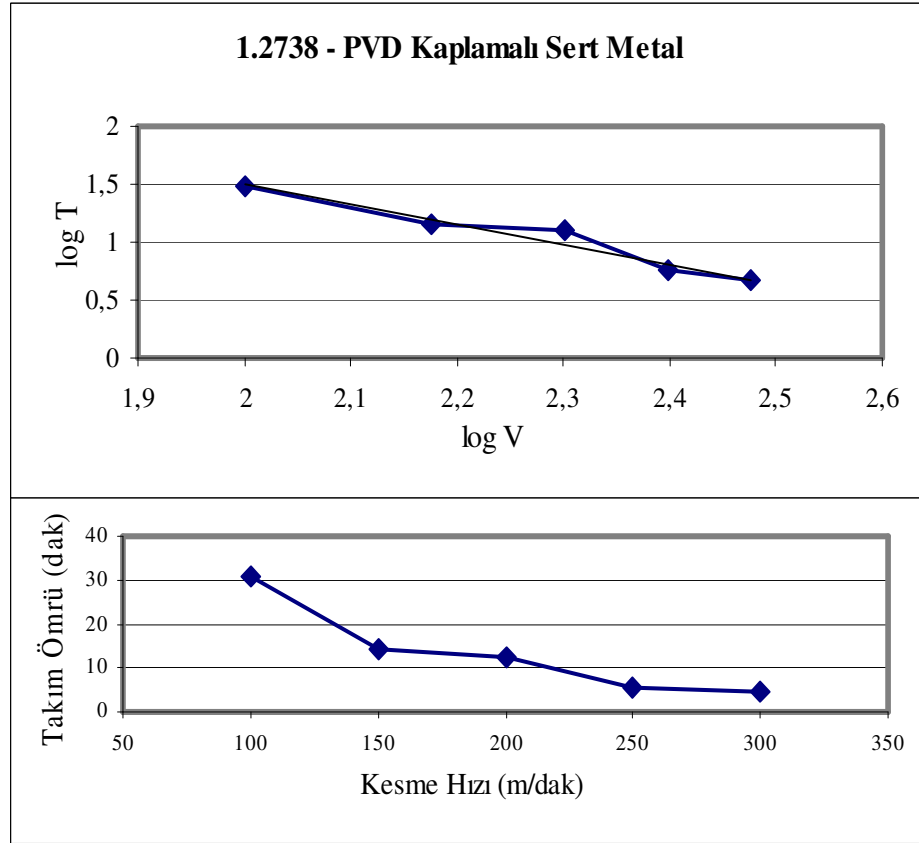
**Şekil 4.45** 1.2738 plastik kalıp çeliğinin PVD kaplamalı sermet kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri

**Çizelge 4.17** 1.2738 plastik kalıp çeliğinin PVD kaplamalı sert metal kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar

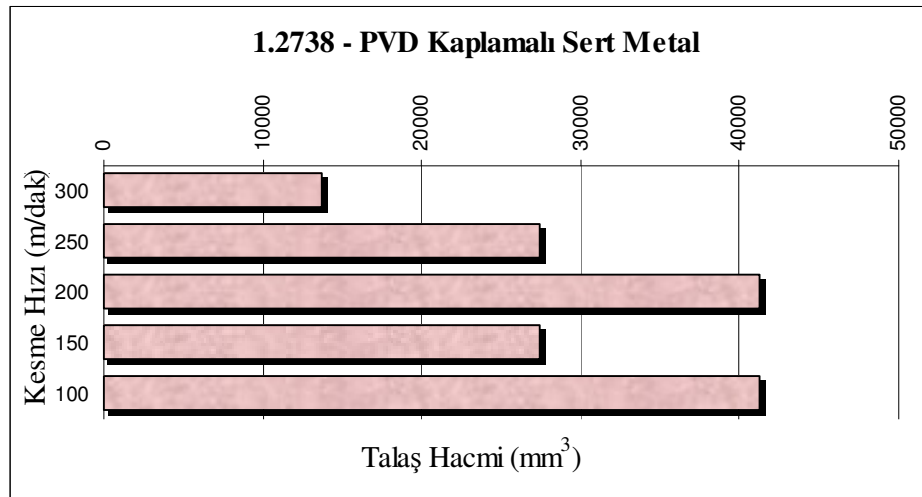
<i>Malzeme: Haddelenmiş 1.2738</i>				<i>(300 HB)</i>	
<i>Kesici Takım Malzemesi</i>			<i>İşleme Parametreleri</i>		
<b>PVD Kaplamalı Sert Metal</b>			İlerleme(mm/dev) : 0,125		
<b>Kaplama : PVD TiN</b>			Radyal Kes. Der. (mm) : 67		
			Eksenel Kes. Der (mm) : 1		
Kesme Hızı (m/dak)	Takım Ömrü (dak)	Yüzey Pür. Ra, (µm)	Talaş Hacmi (mm <sup>3</sup> )	Tak. Öm. Sabitleri	
				N	c
300	4,76	0,308	13735	1,048	3651
250	5,63	0,225	27470		
200	12,50	0,378	41205		
150	14,16	0,657	27470		
100	31,00	2,092	41205		

Takım ömrü açısından en iyi sonuç 100 m/dak kesme hızında 31 dakika ile elde edilmiştir (Şekil 4.46). Farklı kesme hızlarında takım aşınıcaya kadar kaldırılan talaş hacimleri açısından en iyi sonuç ise 100 m/dak kesme hızıyla 41805 mm<sup>3</sup> talaş kaldırılarak elde edilmiştir (Şekil 4.47).





**Şekil 4.46** 1. 2738- PVD kaplamalı sert metal, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi.



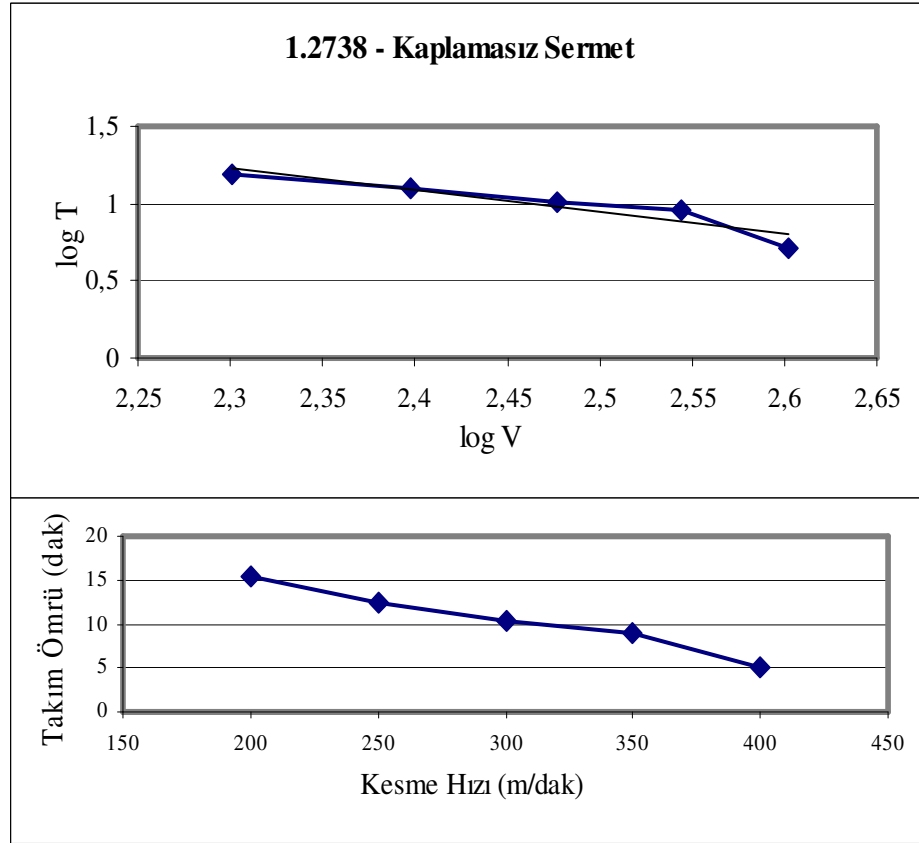
**Şekil 4.47** 1.2738 plastik kalıp çeliğinin PVD kaplamalı sert metal kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri

1.2738 plastik kalıp çeliğinin kaplamasız sermet kesici takım ile farklı kesme hızlarında işlenmesinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.18’de verilmiştir.

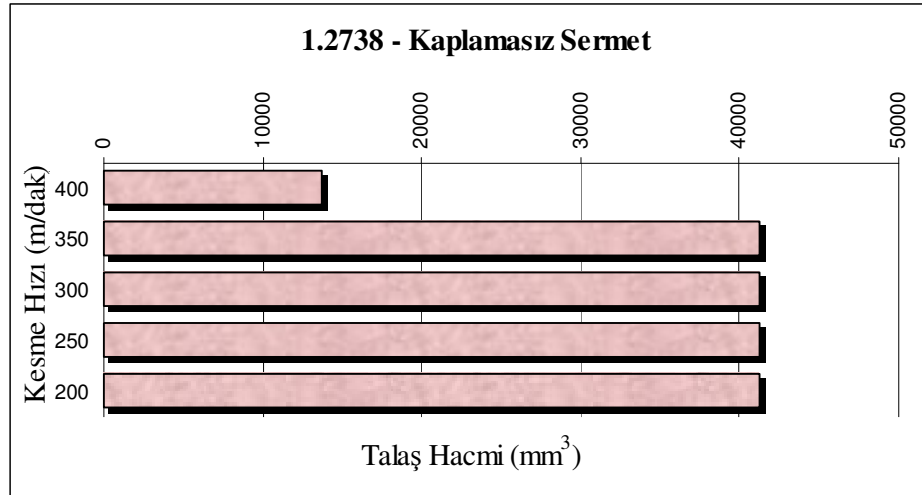
**Çizelge 4.18** 1.2738 plastik kalıp çeliğinin kaplamasız sermet kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar

<i>Malzeme: Haddelenmiş 1.2738</i>				<i>(300 HB)</i>	
<i>Kesici Takım Malzemesi</i>			<i>İşleme Parametreleri</i>		
<b>Kaplamasız Sermet</b>			İlerleme(mm/dev)	: 0,125	
<b>Kaplama : -</b>			Radyal Kes. Der. (mm)	: 67	
			Eksenel Kes. Der (mm)	: 1	
Kesme Hızı (m/dak)	Takım Ömrü (dak)	Yüzey Pür. Ra, (µm)	Talaş Hacmi (mm <sup>3</sup> )	Tak. Öm. Sabitleri	
				n	c
400	5,16	0,115	13735	0,841	2134
350	9,00	0,162	41205		
300	10,30	0,125	41205		
250	12,40	0,142	41205		
200	15,50	0,099	41205		

Takım ömrü açısından en iyi sonuç 200 m/dak kesme hızında 15,50 dakika ile elde edilmiştir (Şekil 4.48). Farklı kesme hızlarında takım aşımına kadar kaldırılan talaş hacimleri açısından en iyi sonuç ise 350 m/dak kesme hızıyla 41205 mm<sup>3</sup> talaş kaldırılarak elde edilmiştir (Şekil 4.49).

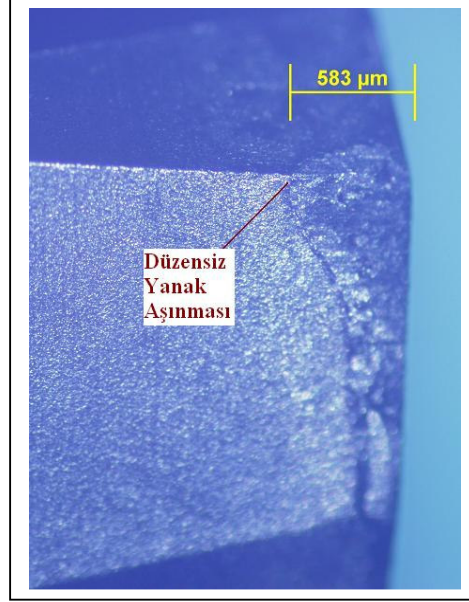


**Şekil 4.48** 1. 2738- kaplamasız sermet, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi



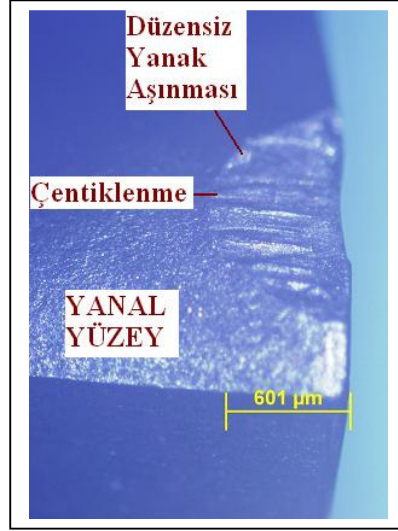
**Şekil 4.49** 1.2738 plastik kalıp çeliğinin kaplamasız sermet kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri

1.2738 malzemesinin işlenmesinde kullanılan kesici takımların performansları da takımçı mikroskobundan alınan görüntüler ile belirlenmiştir. Şekil 4.50’de CVD TiN-TiCN-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kaplamalı sert metal için aşınma değeri verilmiştir.

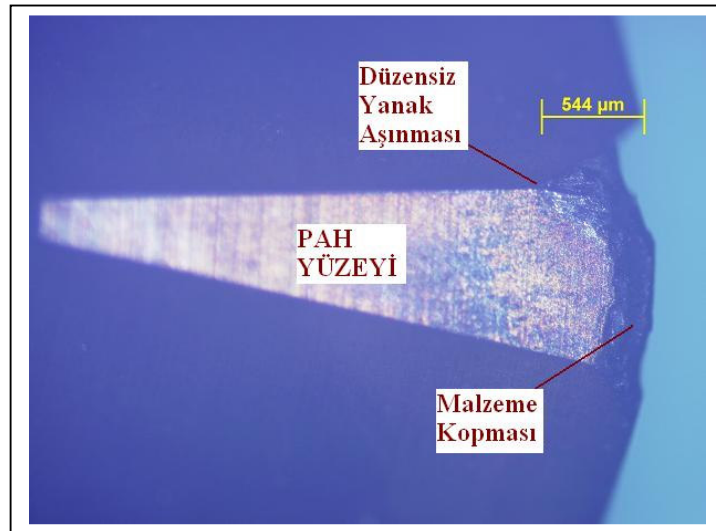


**Şekil 4.50** 100 m/dak kesme hızında CVD TiN-TiCN-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kaplamalı sert metal takım için yanal yüzey aşınması

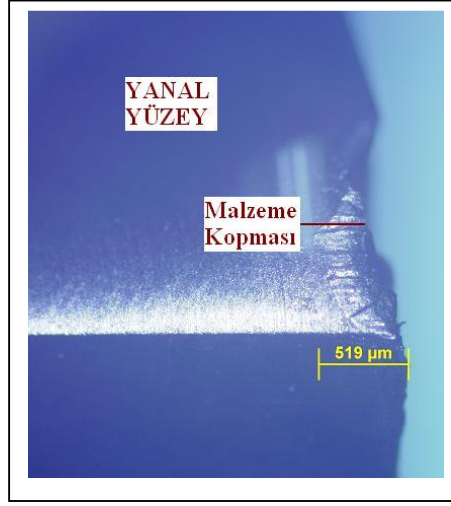
PVD TiAlN kaplamalı sermet için aşınma değerlendirmesi Şekil 4.51’de, PVD TiN kaplamalı sert metal için aşınma görüntüsü Şekil 4.52’de ve son olarak kaplamasız sermet kesici takıma ait aşınma karakteristiği de Şekil 4.53’de verilmiştir.



**Şekil 4.51** 200 m/dak kesme hızında PVD TiAlN kaplamalı sermet için aşınma değeri



**Şekil 4.52** 100 m/dak kesme hızında PVD TiN kaplamalı sert metal için yanıl yüzey aşınması



**Şekil 4.53** 250 m/dak kesme hızında kaplamasız sermet uç için yanal yüzey aşınması

Şekil 4.51’de görüleceği üzere kaplamalı sermet kesici takım uçta aşındırıcı aşınmadan kaynaklanan bozulma meydana gelmiştir. Diğer kesici takımlarda ise aşındırıcı aşınmanın yanında malzeme kopması veya çentiklenme de gözlemlenmiştir.

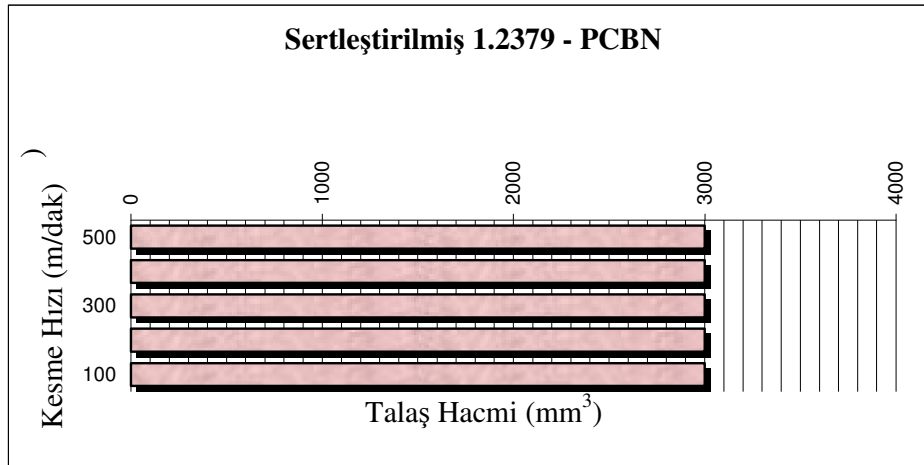
#### **4.5. Sertleştirilmiş 1.2379 Soğuk-İş Takım Çeliğine Ait Sonuçlar**

Sertleştirilmiş 1.2379 soğuk iş takım çeliğinin işlenmesi neticesinde sadece PCBN’den takım ömrünün değerlendirilebilmesi açısından uygun neticeler alınmıştır. PCBN kesici takımla farklı kesme hızlarında işlenmesinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.19’da verilmiştir.

**Çizelge 4.19** Sertleştirilmiş (56 HRC) 1.2379 soğuk-iş takım çeliğinin PCBN kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar

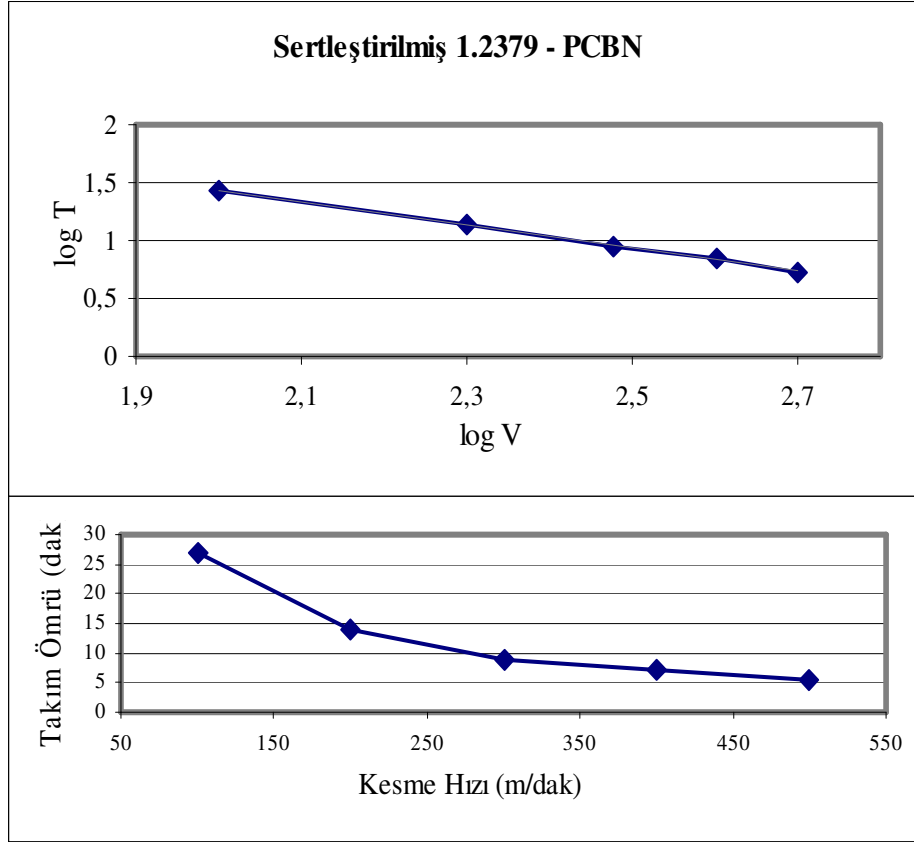
<b>Malzeme: Sertleştirilmiş 1.2379 (56 HRC)</b>					
<b>Kesici Takım Malzemesi</b>			<b>İşleme Parametreleri</b>		
<b>(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiCN) tabanlı Seramik</b>			İlerleme(mm/dev) : 0,032		
<b>Kaplama : TiN</b>			Radyal Kes. Der. (mm) : 75		
			Eksenel Kes. Der (mm) : 0,25		
Kesme Hızı (m/dak)	Takım Ömrü (dak)	Yüzey Pür. Ra, (µm)	Talaş Hacmi (mm <sup>3</sup> )	Tak. Öm. Sabitleri	
				n	c
500	5,33	0,398	3000	0,986	2617
400	7,00	0,492	3000		
300	9,00	0,347	3000		
200	13,83	0,281	3000		
100	27,00	0,291	3000		

Farklı kesme hızlarında takım aşımına kadar kaldırılan talaş hacimleri açısından en iyi sonuç ise 500 m/dak kesme hızıyla 3000 mm<sup>3</sup> talaş kaldırılarak elde edilmiştir (Şekil 4.54).



**Şekil 4.54** Sertleştirilmiş (56 HRC) 1.2379 soğuk-iş takım çeliğinin PCBN kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri

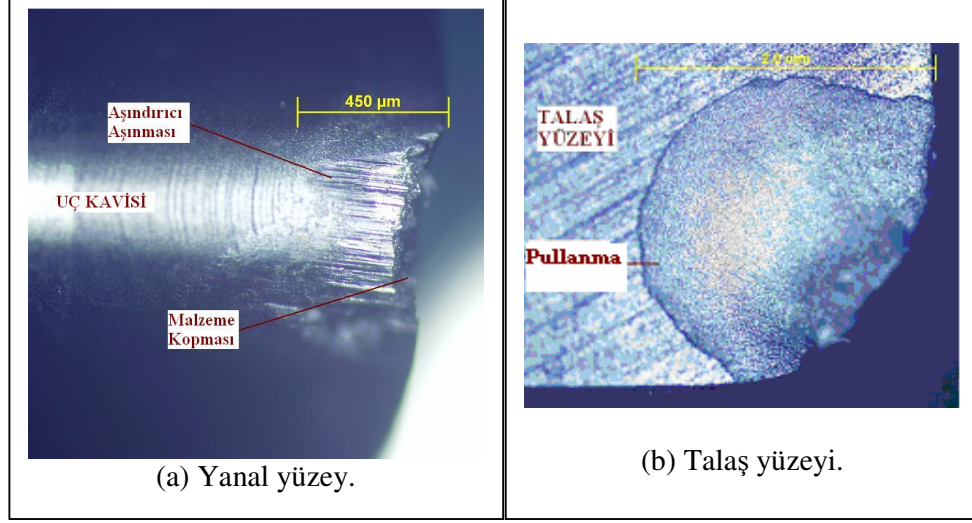
Takım ömrü açısından en iyi sonuç 100 m/dak kesme hızında 27 dakika ile elde edilmiştir (Şekil 4.55).



Şekil 4.55 Sertleştirilmiş 1.2379-PCBN, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi

PCBN kesici takım için aşınma karakteristiği 100 m/dak değerindeki kesme hızına karşılık gelen 2 farklı sonuç Şekil 4.56'de gösterilmiştir. Talaş yüzeyinde görüleceği gibi kesici takımda muhtemelen difüzyon kaynaklı bir pullanma meydana gelmiştir. Bu aşınma ISO 8688-1/7.3.2.2'de gösterilen basamaklı yüzey aşınması şeklinde de tanımlanabilir.





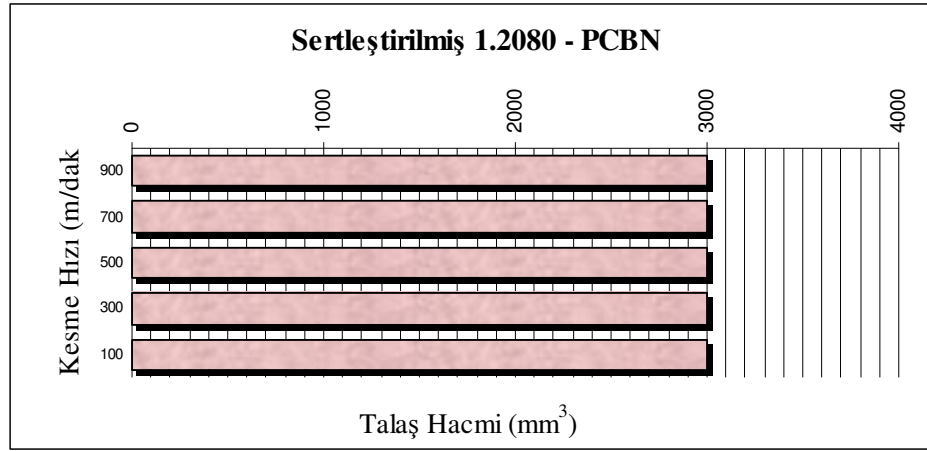
**Şekil 4.56** 100 m/dak kesme hızında PCBN kesici takım için aşınma değerleri, (a) Yanal yüzey, (b) Talaş yüzeyi

#### 4.6. Sertleştirilmiş 1.2080 Soğuk-İş Takım Çeliğine Ait Sonuçlar

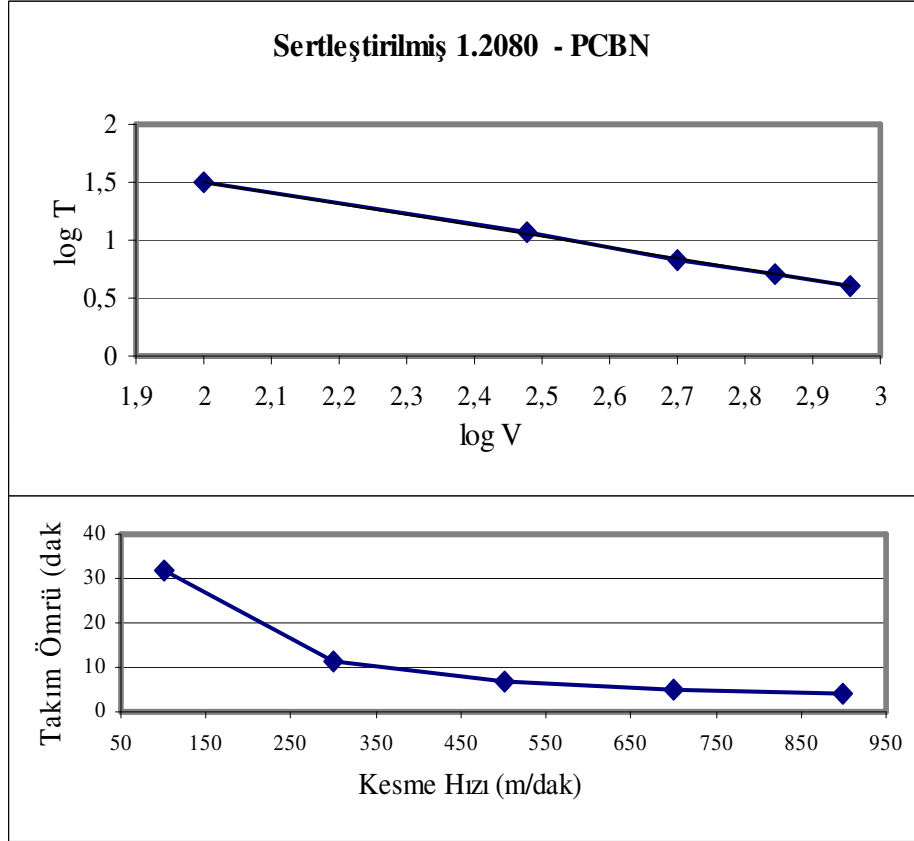
Sertleştirilmiş 1.2080 soğuk iş takım çeliğinin işlenmesi neticesinde sadece PCBN'den takım ömrünün değerlendirilebilmesi açısından uygun neticeler alınmıştır. PCBN kesici takımla farklı kesme hızlarında işlenmesinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.20'de verilmiştir. Farklı kesme hızlarında takım aşınıncaya kadar kaldırılan talaş hacimleri açısından en iyi sonuç ise 900 m/dak kesme hızıyla 3000 mm<sup>3</sup> talaş kaldırılarak elde edilmiştir (Şekil 4.57). Takım ömrü açısından en iyi sonuç 100 m/dak kesme hızında 32 dakika ile elde edilmiştir (Şekil 4.58).

**Çizelge 4.20** 1.2080 soğuk-iş takım çeliğinin PCBN kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar

<b>Malzeme: Sertleştirilmiş 1.2080 (55 HRC)</b>					
<b>Kesici Takım Malzemesi</b>			<b>İşleme Parametreleri</b>		
PCBN			İlerleme(mm/dev)	: 0,032	
Kaplama : -			Radyal Kes. Der. (mm)	: 75	
			Eksenel Kes. Der (mm)	: 0,25	
Kesme Hızı (m/dak)	Takım Ömrü (dak)	Yüzey Pür. Ra, (µm)	Talaş Hacmi (mm <sup>3</sup> )	Tak. Öm. Sabitleri	
				N	c
900	4,00	1,699	3000	1,077	3855
700	5,00	0,673	3000		
500	6,66	0,382	3000		
300	11,50	0,162	3000		
100	32,00	0,307	3000		

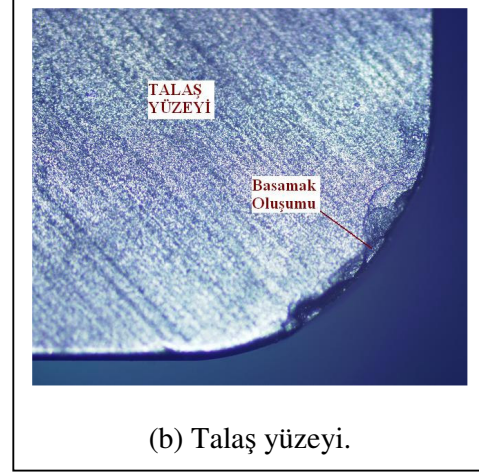
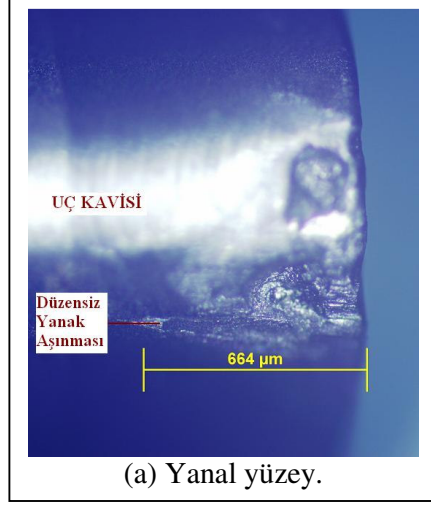


**Şekil 4.57** 1.2080 soğuk-iş takım çeliğinin PCBN kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri

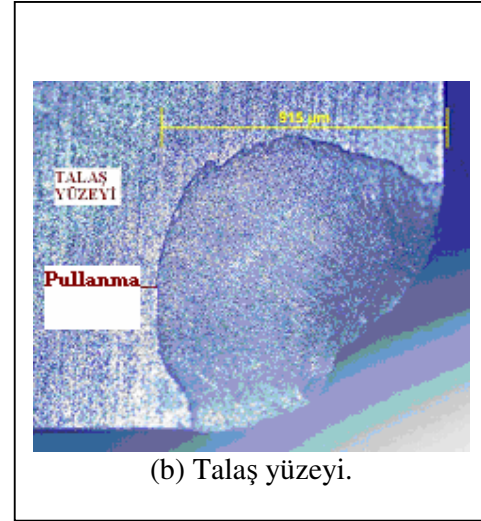
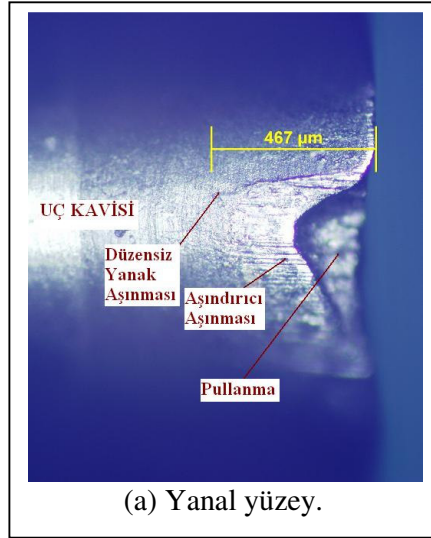


**Şekil 4.58** 1.2080-PCBN, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi

PCBN kesici takım için aşınma karakteristiği 100 ve 200 m/dak değerlerindeki kesme hızlarına karşılık gelen sonuçlar Şekil 4.58 ve Şekil 4.59’da verilmiştir. Serleştirilmiş 1.2379 soğuk-ış takım çeliğinin işlenmesinde karşılaşılan aynı aşınma tipi sertleştirilmiş 1.2080 soğuk-ış takım çeliğinin işlenmesinde de karşılaşılmıştır. Bu aşınma ISO 8688-1/7.3.2.2’de gösterilen basamaklı yüz aşınması şeklinde de tanımlanabilir.



**Şekil 4.58** 100 m/dak kesme hızında PCBN kesici takım için aşınma değerleri, (a) Yanal yüzey, (b) Talaş yüzeyi



**Şekil 4.59** 200 m/dak kesme hızında PCBN kesici takım için aşınma değerleri, (a) Yanal yüzey, (b) Talaş yüzeyi

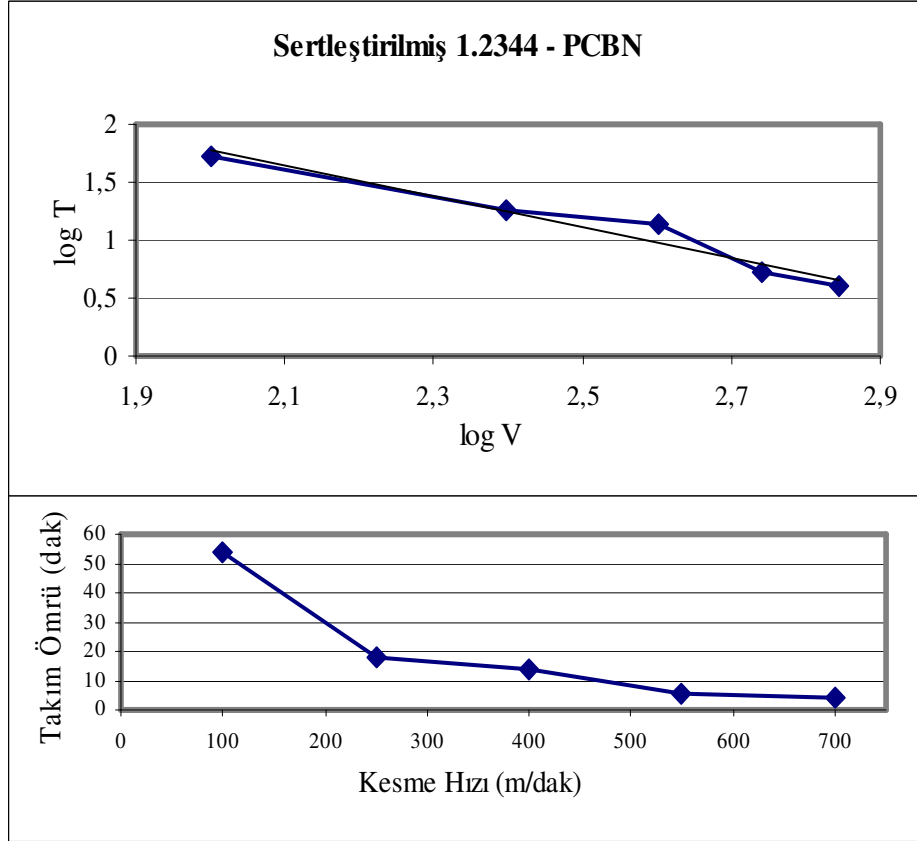
#### 4.7. Sertleştirilmiş 1.2344 Sıcak-İş Takım Çeliğine Ait Sonuçlar

Sertleştirilmiş 1.2344 sıcak iş takım çeliğinin işlenmesi neticesinde PCBN, CVD kaplamalı sert metal, kaplamasız sert metal ve kaplamasız sermetten takım ömrünün değerlendirilebilmesi açısından uygun neticeler alınmıştır. PCBN kesici takımla farklı kesme hızlarında işlenmesinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.21’de verilmiştir.

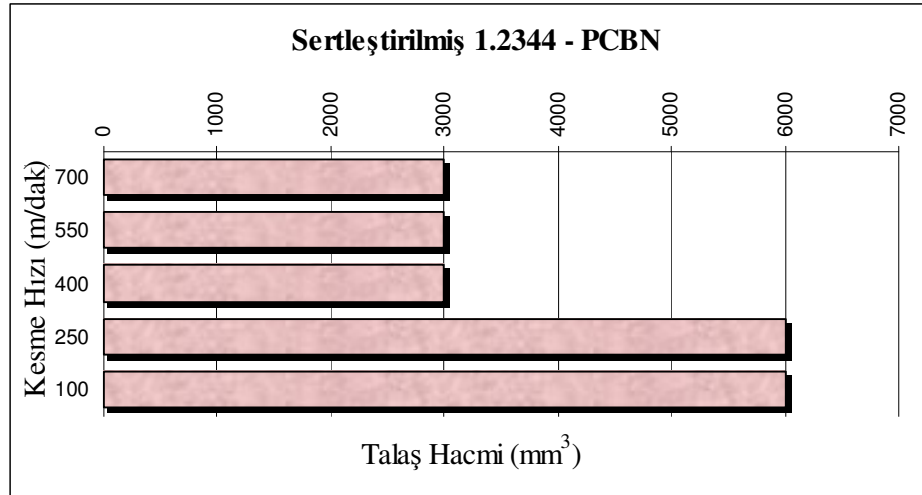
**Çizelge 4.21** Sertleştirilmiş (58 HRC) 1.2344 sıcak-ış takım çeliğinin PCBN kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar

<b>Malzeme: Sertleştirilmiş 1.2344 (58 HRC)</b>					
<b>Kesici Takım Malzemesi</b>			<b>İşleme Parametreleri</b>		
<b>PCBN</b>			İlerleme(mm/dev) : 0,032		
<b>Kaplama : -</b>			Radyal Kes. Der. (mm) : 75		
			Eksenel Kes. Der (mm) : 0,25		
Kesme Hızı (m/dak)	Takım Ömrü (dak)	Yüzey Pür. Ra, (µm)	Talaş Hacmi (mm <sup>3</sup> )	Tak. Öm. Sabitleri	
700	4,00	1,730	3000	N	c
550	5,33	0,598	3000	0,969	5154
400	14,00	0,781	3000		
250	18,00	0,598	6000		
100	54,00	1,274	6000		

Takım ömrü açısından en iyi sonuç 100 m/dak kesme hızında 54 dak. ile elde edilmiştir (Şekil 4.60). Farklı kesme hızlarında takım aşınmaya kadar kaldırılan talaş hacimleri açısından en iyi sonuç ise 250 m/dak kesme hızıyla 6000 mm<sup>3</sup> talaş kaldırılarak elde edilmiştir (Şekil 4.61).



**Şekil 4.60** Sertleştirilmiş 1.2344-PCBN, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi



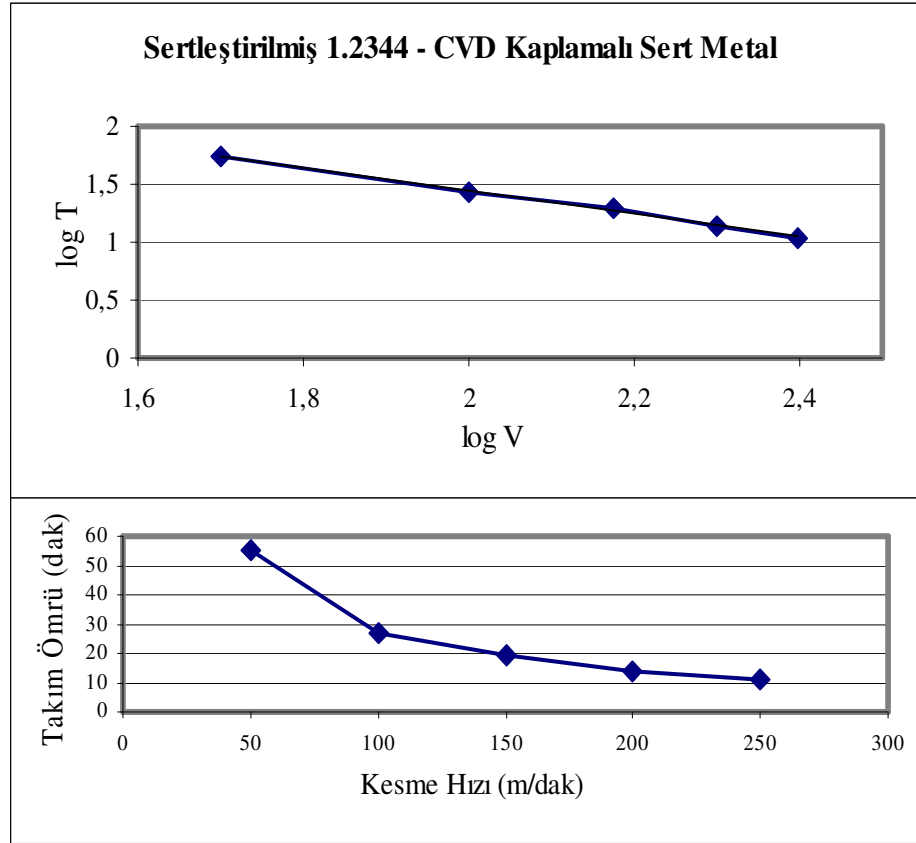
**Şekil 4.61** Sertleştirilmiş (58 HRC) 1.2344 sıcak-ış takım çeliğinin PCBN kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri

Sertleştirilmiş 1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin CVD TiN-TiCN-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kaplamalı sert metal kesici takımla farklı kesme hızlarında işlenmesinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.22’de verilmiştir.

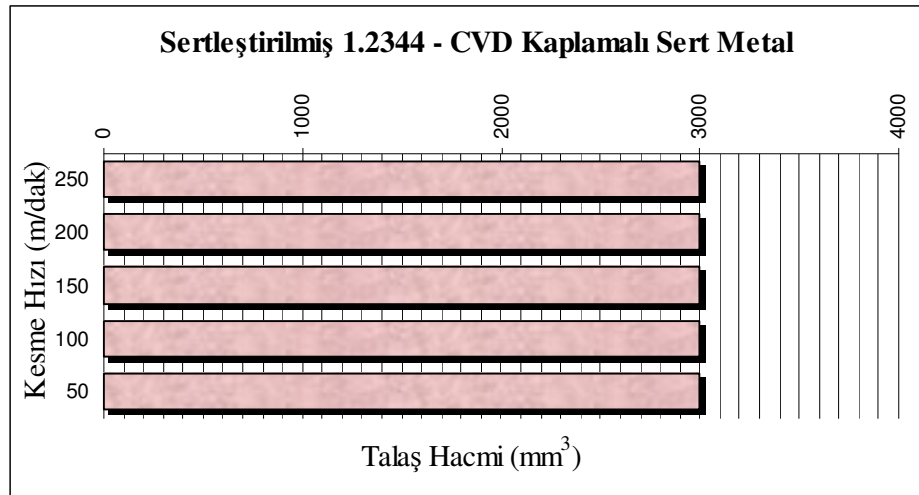
**Çizelge 4.22** Sertleştirilmiş 1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin CVD kaplamalı sert metal kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar

<b>Malzeme: Sertleştirilmiş 1.2344 (58 HRC)</b>					
<b>Kesici Takım Malzemesi</b>			<b>İşleme Parametreleri</b>		
<b>CVD Kaplamalı Sert Metal</b>			İlerleme(mm/dev) : 0,032		
<b>Kaplama : CVD TiN-TiCN-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>			Radyal Kes. Der. (mm) : 75		
			Eksenel Kes. Der (mm) : 0,25		
Kesme Hızı (m/dak)	Takım Ömrü (dak)	Yüzey Pür. Ra, (µm)	Talaş Hacmi (mm <sup>3</sup> )	Tak. Öm. Sabitleri	
				N	c
250	11,00	1,183	3000	1,005	2946
200	13,83	0,907	3000		
150	19,33	0,161	3000		
100	27,00	0,234	3000		
50	55,00	0,368	3000		

Takım ömrü açısından en iyi sonuç 50 m/dak kesme hızında 55 dak. ile elde edilmiştir (Şekil 4.62). Farklı kesme hızlarında takım aşınıncaya kadar kaldırılan talaş hacimleri açısından en iyi sonuç ise 250 m/dak kesme hızıyla 3000 mm<sup>3</sup> talaş kaldırılarak elde edilmiştir (Şekil 4.63).



**Şekil 4.62** Sert. 1.2344-CVD kaplamalı sert metal, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi



**Şekil 4.63** Sertleştirilmiş 1.2344 - CVD kaplamalı sert metal kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri

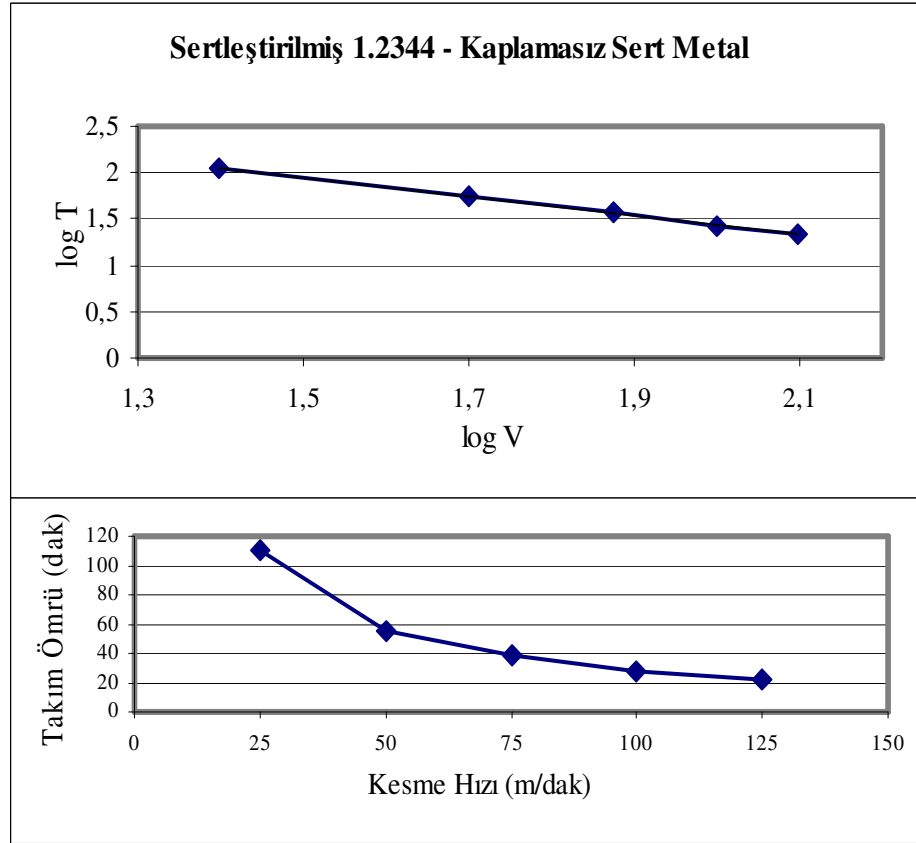


Sertleştirilmiş 1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin kaplamasız sert metal kesici takım ile farklı kesme hızlarında işlenmesinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.23’de verilmiştir.

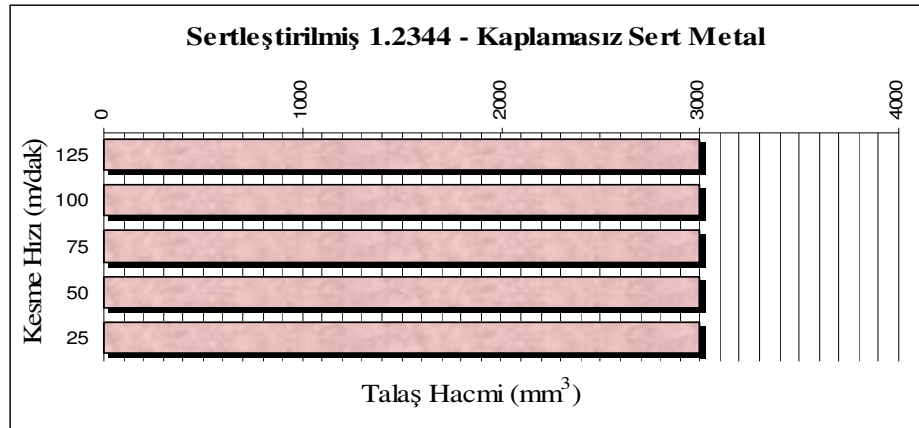
**Çizelge 4.23** Sertleştirilmiş (58 HRC) 1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin kaplamasız sert metal kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar

<i>Malzeme: Sertleştirilmiş 1.2344 (58 HRC)</i>					
<i>Kesici Takım Malzemesi</i>			<i>İşleme Parametreleri</i>		
<b>Kaplamasız Sert Metal</b>			İlerleme(mm/dev) : 0,032		
<b>Kaplama : -</b>			Radyal Kes. Der. (mm) : 75		
			Eksenel Kes. Der (mm) : 0,25		
Kesme Hızı (m/dak)	Takım Ömrü (dak)	Yüzey Pür. Ra, (µm)	Talaş Hacmi (mm <sup>3</sup> )	Tak. Öm. Sabitleri	
				N	c
125	22,00	0,289	3000	1,007	2923
100	27,00	0,282	3000		
75	38,00	0,225	3000		
50	55,00	0,303	3000		
25	110,00	0,300	3000		

Takım ömrü açısından en iyi sonuç 25 m/dak kesme hızında 110 dak. ile elde edilmiştir (Şekil 4.64). Farklı kesme hızlarında takım aşınıncaya kadar kaldırılan talaş hacimleri açısından en iyi sonuç ise 125 m/dak kesme hızıyla 3000 mm<sup>3</sup> talaş kaldırılarak elde edilmiştir (Şekil 4.65).



**Şekil 4.64** Sert. 1.2344- kaplamasız sert metal, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi



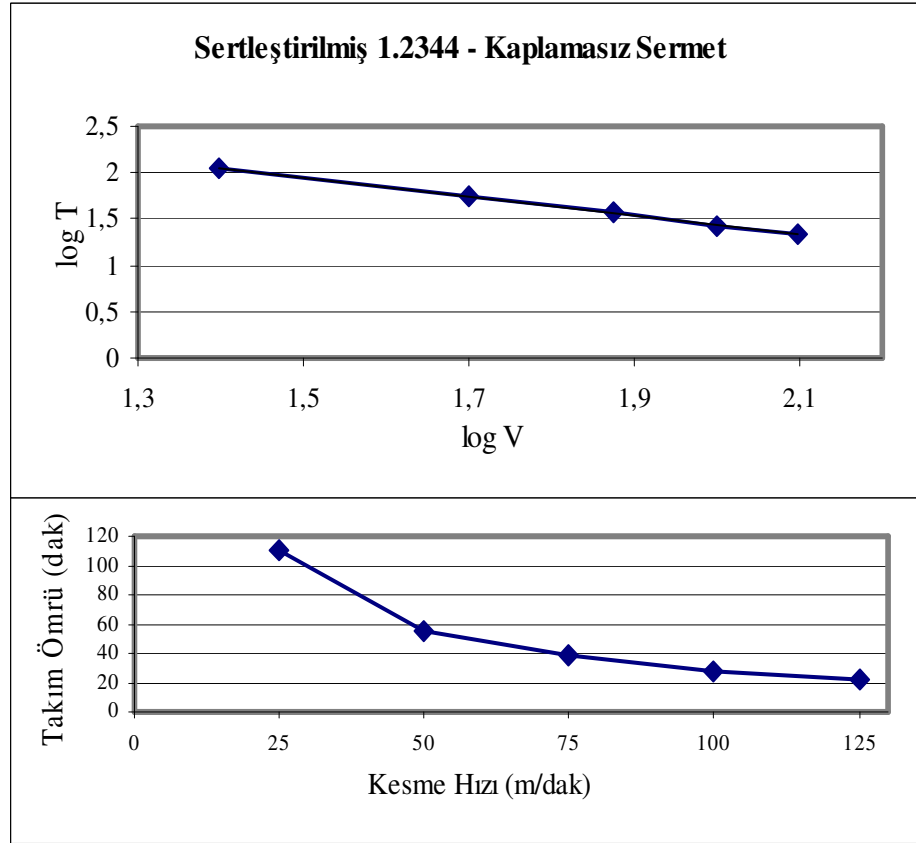
**Şekil 4.65** Sertleştirilmiş 1.2344 sıcak-ış takım çeliğinin kaplamasız sert metal kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri

Sertleştirilmiş 1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin kaplamasız sermet kesici takım ile farklı kesme hızlarında işlenmesinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.24'te verilmiştir.

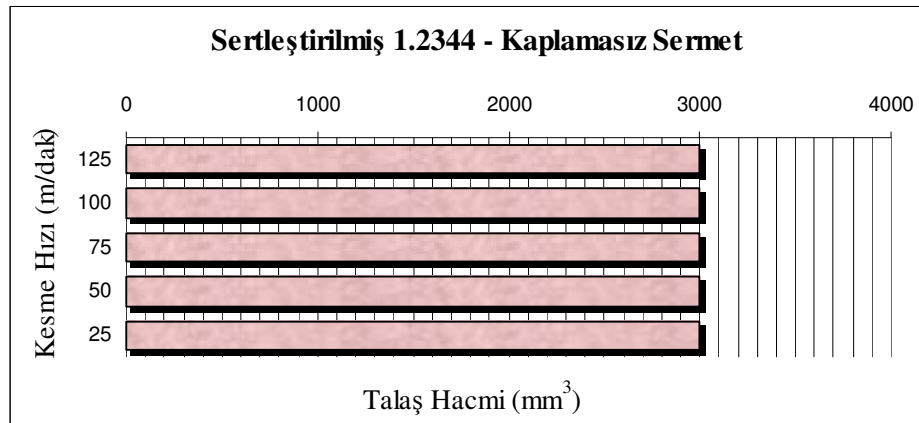
**Çizelge 4.24** Sertleştirilmiş (58 HRC) 1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin kaplamasız sermet kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar

<i>Malzeme: Sertleştirilmiş 1.2344 (58 HRC)</i>					
<i>Kesici Takım Malzemesi</i>			<i>İşleme Parametreleri</i>		
<b>Kaplamasız Sermet</b>			İlerleme(mm/dev) : 0,032		
<b>Kaplama : -</b>			Radyal Kes. Der. (mm) : 75		
			Eksenel Kes. Der (mm) : 0,25		
Kesme Hızı (m/dak)	Takım Ömrü (dak)	Yüzey Pür. Ra, (µm)	Talaş Hacmi (mm <sup>3</sup> )	Tak. Öm. Sabitleri	
				n	c
125	22,00	0,173	3000	1,007	2923
100	27,00	0,165	3000		
75	38,00	0,189	3000		
50	55,00	0,395	3000		
25	110,00	0,342	3000		

Takım ömrü açısından en iyi sonuç 25 m/dak kesme hızında 110 dak. ile elde edilmiştir (Şekil 4.66). Farklı kesme hızlarında takım aşınmaya kadar kaldırılan talaş hacimleri açısından en iyi sonuç ise 125 m/dak kesme hızıyla 3000 mm<sup>3</sup> talaş kaldırılarak elde edilmiştir (Şekil 4.67).

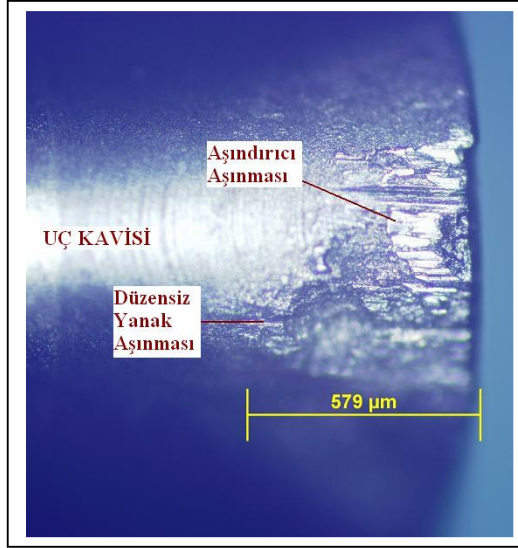


**Şekil 4.66** Sert. 1.2344-kaplamasız sermet , takım ömrü-kesme hızı ilişkisi



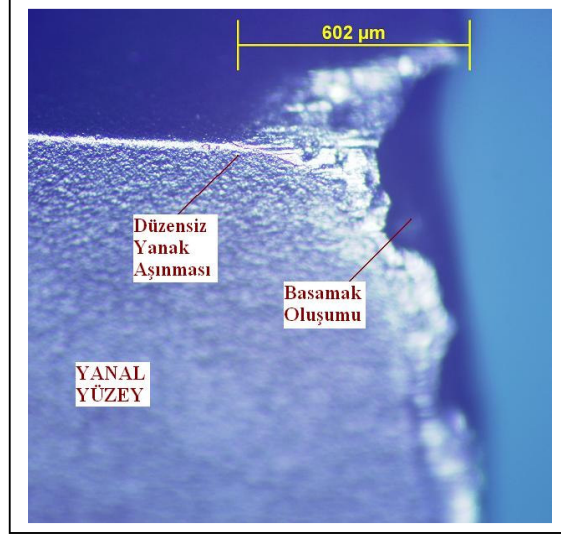
**Şekil 4.67** Sertleştirilmiş (58 HRC) 1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin kaplamasız sermet ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri

PCBN kesici takım için aşınma karakteristiği 200 m/dak kesme hızına karşılık gelen aşınmış kesici takım görüntüsü, ISO 8688-1/7.3.2.2’de tanımlanan düzensiz yanak aşınması olup Şekil 4.68’de verilmiştir.

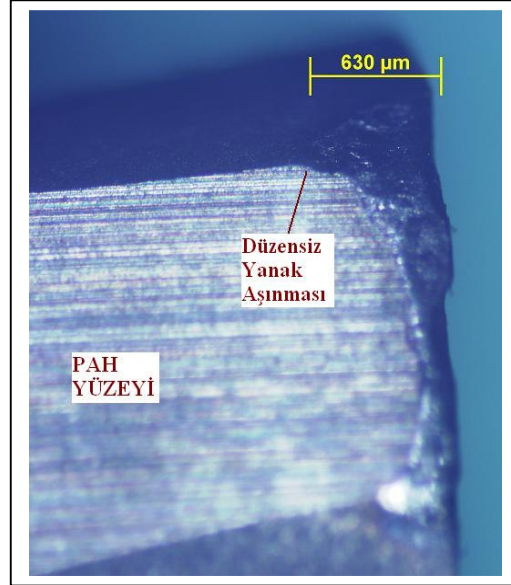


**Şekil 4.68** 300 m/dak kesme hızında PCBN kesici takım için aşınma değeri

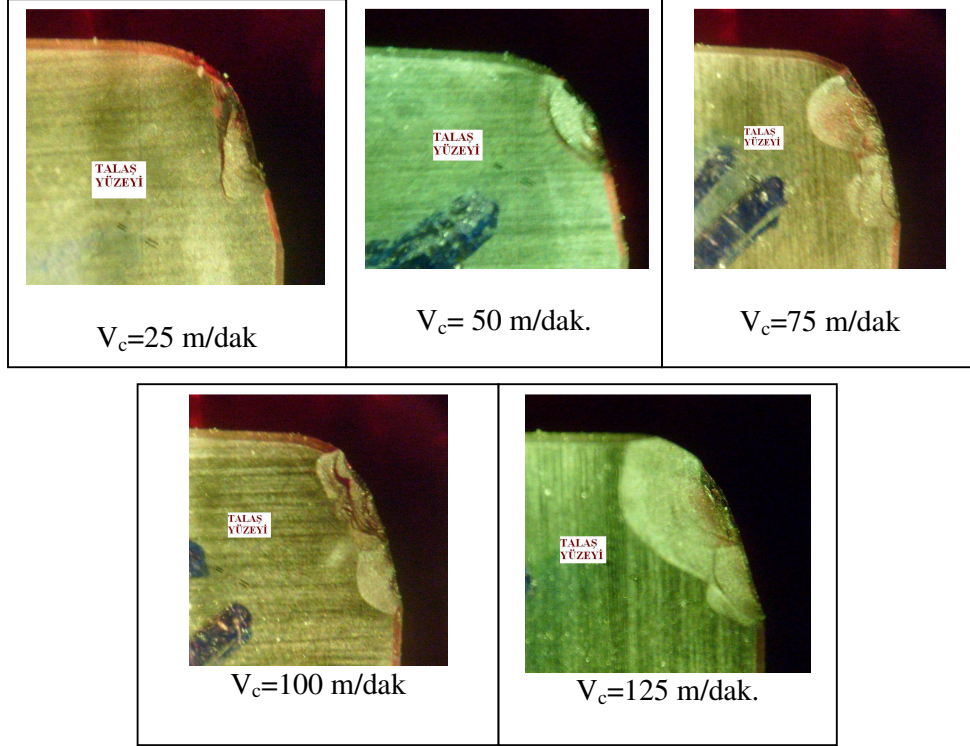
Şekil 4.69’da da CVD TiN-TiCN-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kaplamalı sert metal için düzensiz yanak aşınması ve basamak oluşumu görülmektedir. Kaplamasız sert metal kesici takıma ait 75 m/dak kesme hızına karşılık gelen düzensiz yanak aşınması Şekil 4.70’te gösterilmiştir. Tüm bu kesici takımlarda malzeme kopması görülmektedir. Kaplamasız sermet kesici takıma ait 5 farklı hızdaki talaş yüzeyine ait aşınma değerleri Şekil 4.71’de verilmiştir. Kaplamasız sermet kesici takımın talaş yüzeyinde ise muhtemelen difüzyon neticesinde malzeme eksilmesi meydana gelmiştir. Bu aşınma ISO 8688-1/7.3.2.2’de gösterilen basamaklı yüz aşınması şeklinde de tanımlanabilir. Burada kesme hızı arttıkça aşınmanın da artmakta olduğu görüntülerden rahatlıkla görülebilmektedir.



**Şekil 4.69** 50 m/dak kesme hızında CVD TiN-TiCN-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kaplamalı sert metal için aşınma değeri



**Şekil 4.70** 75 m/dak kesme hızında kaplamasız sert metal uçtaki aşınma



**Şekil 4.71** Farklı kesme hızlarında (25, 50, 75, 100 ve 125 m/dak) kaplamasız sermet ucun talaş yüzeyinde meydana gelen aşınmalar

#### **4.8. Sertleştirilmiş 1.2738 Plastik Kalıp Çeliğine Ait Sonuçlar**

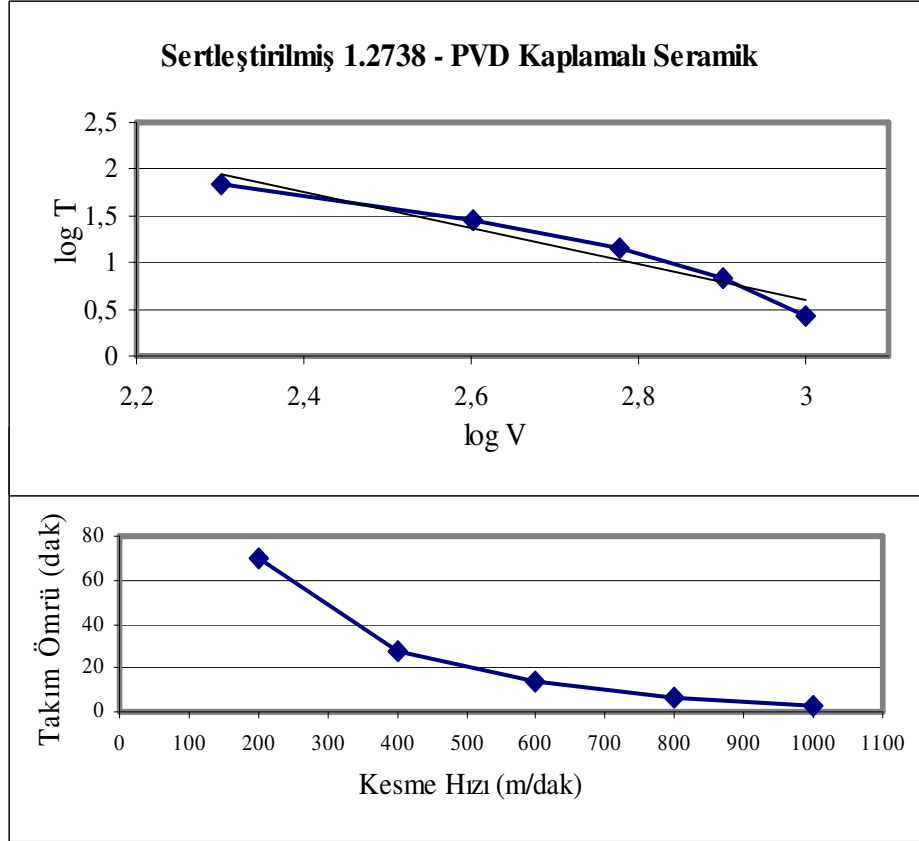
Sertleştirilmiş 1.2738 plastik kalıp çeliğinin işlenmesinde kaplamalı seramik ve PCBN'den takım ömrünün değerlendirilmesi açısından uygun neticeler alınmıştır. Sertleştirilmiş 1.2738 plastik kalıp çeliğinin PVD TiN kaplamalı kesici takımla farklı kesme hızlarında işlenmesinde elde edilen takım ömrü, yüzey pürüzlülüğü, talaş hacmi ve takım ömrü sabitleri gibi sonuçlar Çizelge 4.25'te verilmiştir.

**Çizelge 4.25** Sertleştirilmiş 1.2738 plastik kalıp çeliğinin PVD kaplamalı seramik kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar

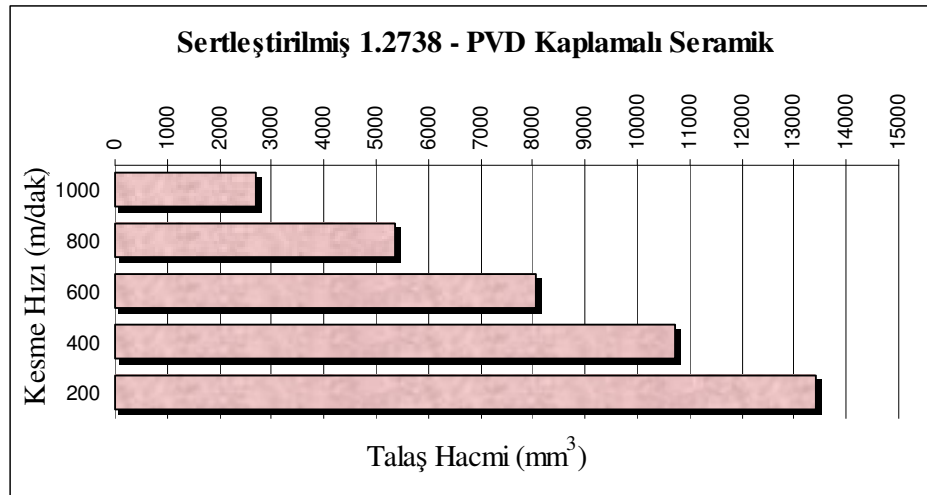
<b>Malzeme: Sertleştirilmiş 1.2738 (55 HRC)</b>					
<b>Kesici Takım Malzemesi</b>			<b>İşleme Parametreleri</b>		
<b>(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiCN) tabanlı Seramik</b>			İlerleme(mm/dev) : 0,032		
<b>Kaplama : PVD TiN</b>			Radyal Kes. Der. (mm) : 67		
			Eksenel Kes. Der (mm) : 0,25		
Kesme Hızı (m/dak)	Takım Ömrü (dak)	Yüzey Pür. Ra, (µm)	Talaş Hacmi (mm <sup>3</sup> )	Tak. Öm. Sabitleri	
				n	c
1000	2,66	0,148	2680	0,493	2204
800	6,66	0,100	5360		
600	14,00	0,201	8040		
400	28,00	0,173	10720		
200	70,00	0,118	13400		

Takım ömrü açısından en iyi sonuç 200 m/dak kesme hızında 70 dak. ile elde edilmiştir (Şekil 4.72). Farklı kesme hızlarında takım aşınmaya kadar kaldırılan talaş hacimleri açısından en iyi sonuç ise 200 m/dak kesme hızıyla 13400 mm<sup>3</sup> talaş kaldırılarak elde edilmiştir (Şekil 4.73).





Şekil 4.72 1.2738-PVD TiN kaplamalı seramik, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi



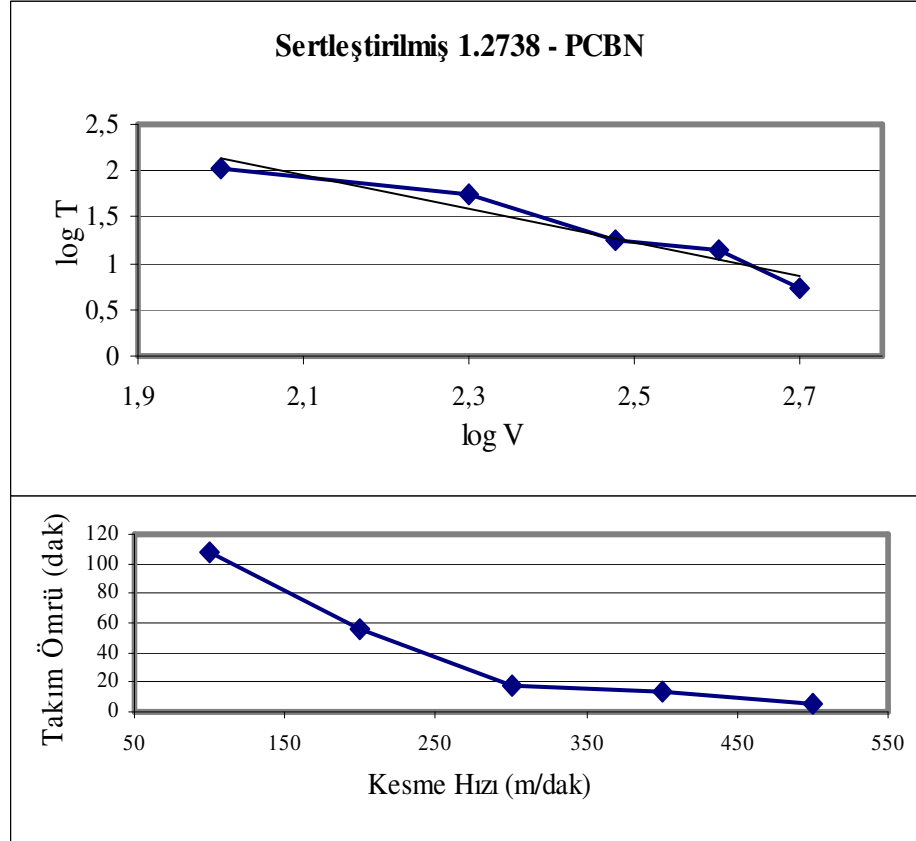
Şekil 4.73 1.2738 plastik kalıp çeliğinin PVD kaplamalı seramik kesici takım ile işlenmesi neticesinde farklı kesme hızlarıyla elde edilen talaş hacimleri

Sertleştirilmiş 1.2738 plastik kalıp çeliğinin PCBN kesici takım ile farklı kesme hızlarında işlenmesinde elde edilen takım ömrü, yüzey pürüzlülüğü, talaş hacmi ve takım ömrü sabitleri gibi sonuçlar Çizelge 4.26’da verilmiştir.

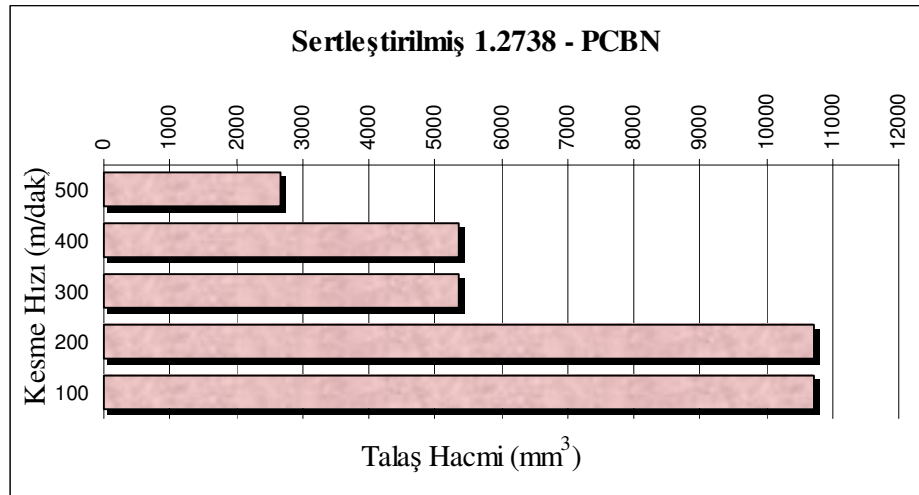
**Çizelge 4.26** Sertleştirilmiş (55HRC) 1.2738 plastik kalıp çeliğinin PCBN kesici takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen sonuçlar

<i>Malzeme: Sertleştirilmiş 1.2738 (55 HRC)</i>					
<i>Kesici Takım Malzemesi</i>			<i>İşleme Parametreleri</i>		
PCBN			İlerleme(mm/dev) : 0,032		
Kaplama : -			Radyal Kes. Der. (mm) : 67		
			Eksenel Kes. Der (mm) : 0,25		
Kesme Hızı (m/dak)	Takım Ömrü (dak)	Yüzey Pür. Ra, (µm)	Talaş Hacmi (mm <sup>3</sup> )	Tak. Öm. Sabitleri	
				n	c
500	5,33	0,146	2680	0,697	2250
400	14,00	0,428	5360		
300	18,00	0,283	5360		
200	56,00	0,318	10720		
100	108,00	0,269	10720		

Takım ömrü açısından en iyi sonuç 100 m/dak kesme hızında 108 dakika ile elde edilmiştir (Şekil 4.74). Farklı kesme hızlarında takım aşınımına kadar kaldırılan talaş hacimleri açısından en iyi sonuç ise 200 m/dak kesme hızıyla 10720 mm<sup>3</sup> talaş kaldırılarak elde edilmiştir (Şekil 4.75).



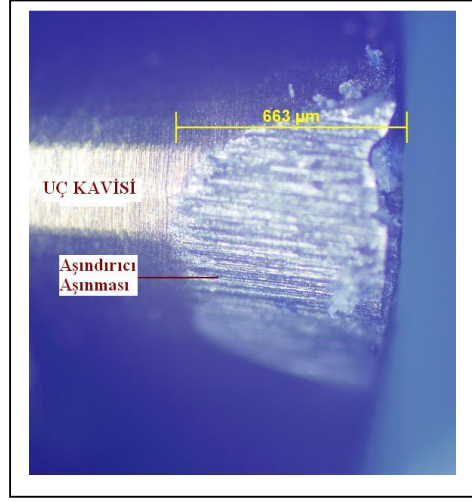
**Şekil 4.74** 1.2738-PCBN, takım ömrü-kesme hızı ilişkisi



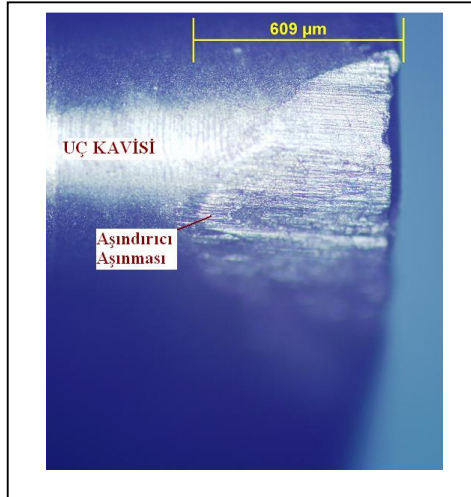
**Şekil 4.75** 1.2738 plastik kalıp çeliğinin PCBN kesici takım ile işlenmesi neticesinde

kesici takım aşınıncaya kadar kaldırılan talaş hacimleri

PVD TiN kaplamalı  $Al_2O_3/TiCN$  tabanlı seramik kesici takımındaki aşınma değeri Şekil 4.76'te ve PCBN kesici takım için ise Şekil 4.77'de verilmiştir. İki kesici takımında da ISO 8688-1/7.3.4.1'de tanımlanan düzenli çentiklenme görülmektedir.



**Şekil 4.76** 600 m/dak kesme hızında PVD TiN kaplamalı  $Al_2O_3/TiCN$  tabanlı seramik kesici takım için aşınma değeri



**Şekil 4.77** 100 m/dak kesme hızında PCBN kesici takım için aşınma değeri

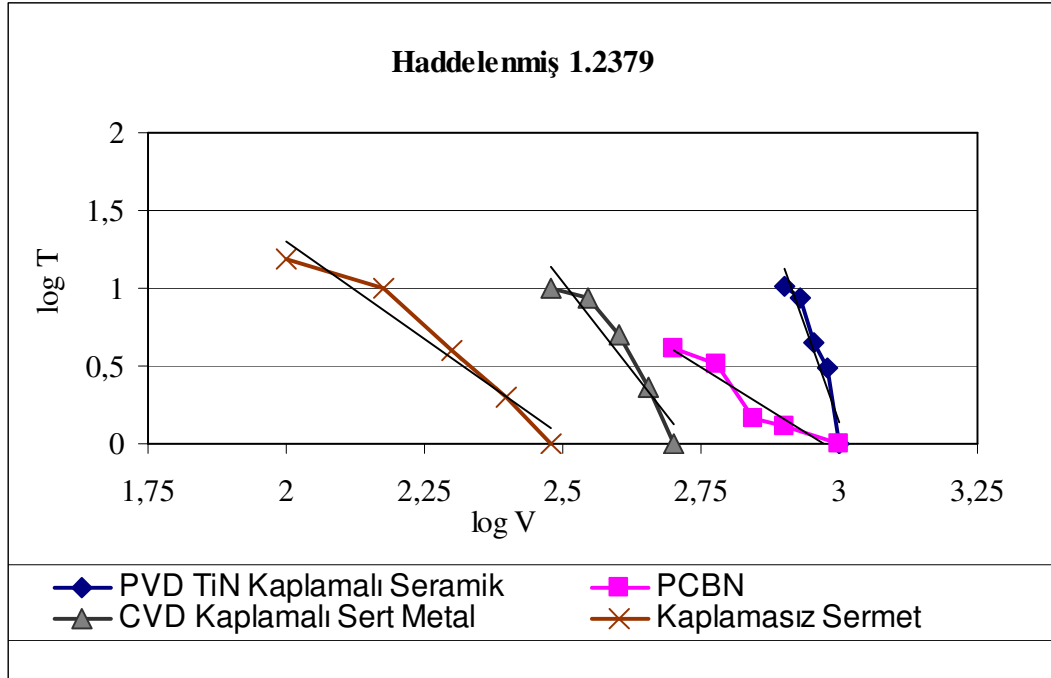
## 5. SONUÇ

Kesici takım ömür deneyleri yapılırken, ISO 8688-1<sup>(54)</sup> standardının tavsiye ettiği prosedürlerden “B Tipi” deneyler sonucu aşağıdaki çıkarımlara varılmıştır.

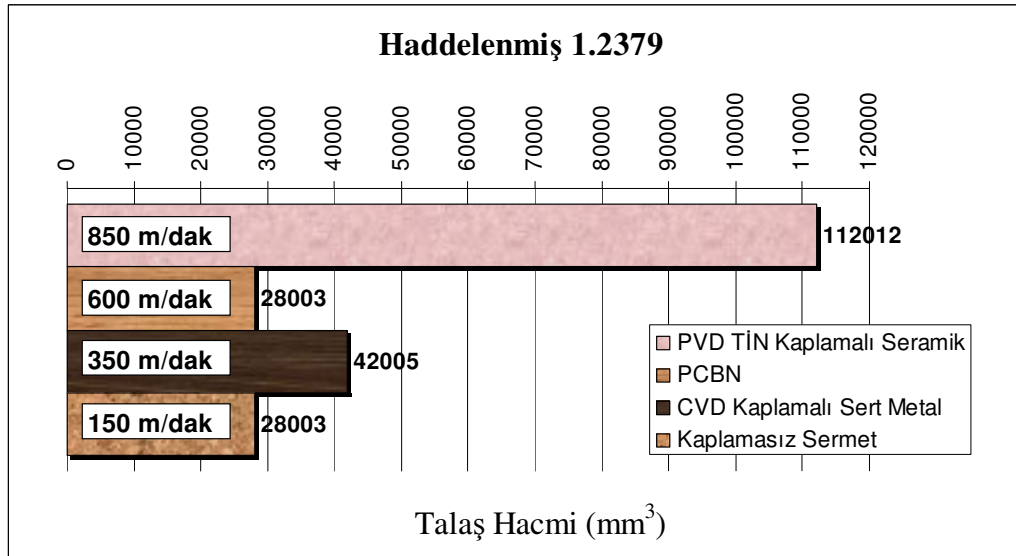
### 5.1. Haddelenmiş 1.2379 Soğuk-İş Takım Çeliğine Ait Değerlendirmeler

1.2379 Soğuk-ış takım çeliğinin 7 farklı kesici takım ile işlenmesi sonucunda yalnızca 4 kesici takım malzemesi için standarda uygun değerlendirmeler yapılabilecek sonuçlar alınmıştır. Bunlar sırasıyla, PVD TiN kaplamalı Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiCN tabanlı seramik, PCBN, CVD TiN-TiCN-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kaplamalı sert metal ve kaplamasız sermettir. Bu kesici takımlardan kullanım süresi bakımından en uygun olanı ise 800 m/dak'lık kesme hızı ile PVD kaplamalı seramik kesici takımdır. Ayrıca kesme zamanının kriter olarak alınmadığı durumlarda düşük maliyeti sebebiyle kaplamasız sermet uç da tercih edilebilir durumdadır (Şekil 5.1). Kaplamasız sermet uç için kullanılabilir kesme hızı ise bu malzeme için 100 m/dak olarak tespit edilmiştir.

Kesici takım aşınıcaya kadar kaldırılan talaş hacmi göz önünde bulundurulursa en iyi sonuç 850 m/dak hızında 112012 mm<sup>3</sup> ile PVD kaplamalı seramik kesici takıma aittir. Ayrıca PCBN kesici takım ile en iyi netice 600 m/dak kesme hızında 28003 mm<sup>3</sup>, CVD TiN-TiCN-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kaplamalı sert metal kesici takım ile en iyi netice 350 m/dak kesme hızında 42005 mm<sup>3</sup> ve kaplamasız sermet kesici takım ile en iyi netice 150 m/dak kesme hızında 28003 mm<sup>3</sup>'dir (Şekil 5.2).



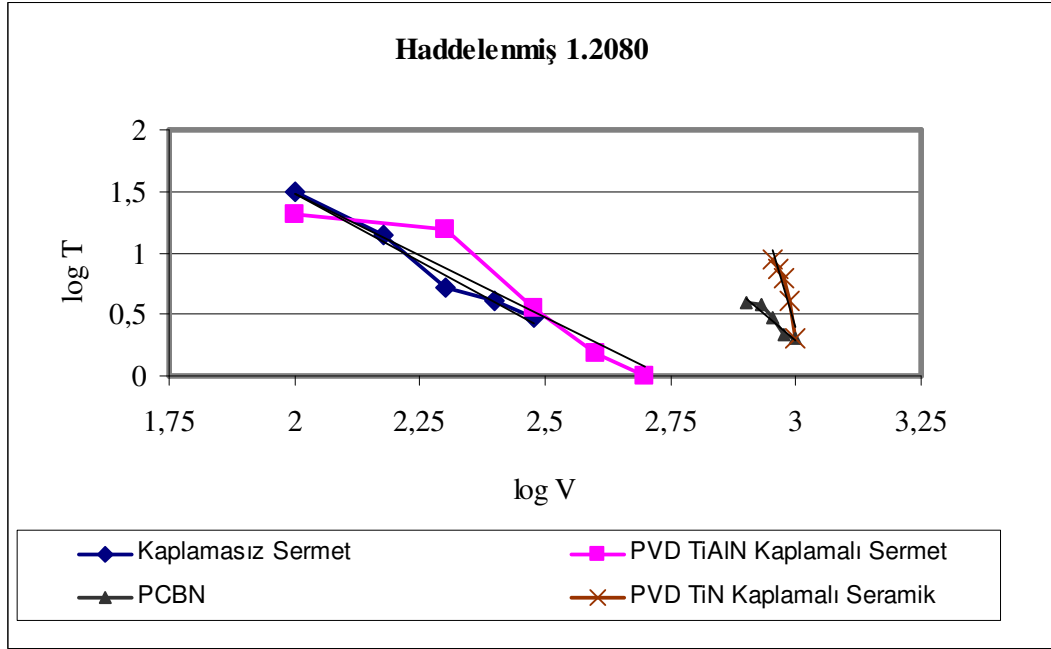
**Şekil 5.1** 1.2379 soğuk-iş takım çeliğinin tavsiye edilen kesicilerle işlenilmesinde logaritmik takım ömrü-kesme hızı ilişkisi



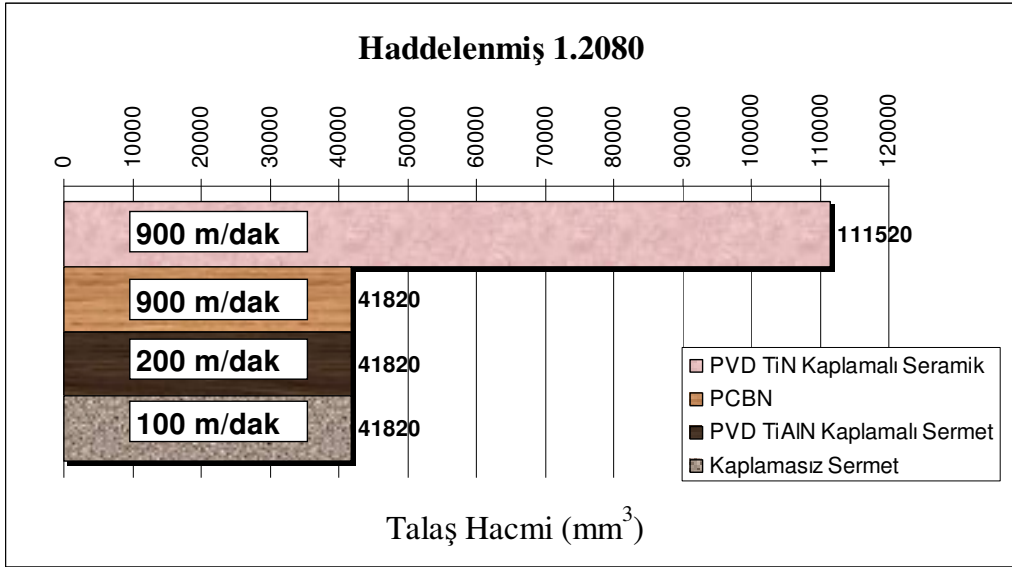
**Şekil 5.2** 1.2379 soğuk-iş takım çeliğinin tavsiye edilen kesicilerle işlenilmesinde talaş hacmi-kesme hızı ilişkisi

## 5.2. Haddelenmiş 1.2080 Soğuk-İş Takım Çeliğine Ait Değerlendirmeler

1.2080 soğuk-ış takım çeliğinin 7 farklı kesici takım ile işlenmesi sonucunda yalnızca 4 kesici takım malzemesinden takım ömrünün değerlendirilebilmesi açısından uygun sonuçlar alınmıştır (Şekil 5.3). Bunlar sırasıyla, PVD kaplamalı seramik, PCBN, PVD kaplamalı sermet ve kaplamasız sermettir. Bu kesici takımlardan en uygun sonuç ise PVD kaplamalı seramik kesici takımdan alınmıştır. Bu kesici takım ile 900 m/dak kesme hızıyla kesme işlemi gerçekleştirildiğinde en fazla ömür (8,93 dak) ve talaş hacmi ( $111520 \text{ mm}^3$ ) elde edilmiştir. Ayrıca zamanın kriter olarak alınmadığı durumlarda düşük maliyeti sebebiyle kaplamasız sermet ucun da tercih edilebileceği sonucuna varılmıştır. Kaplamasız sermet uç için kullanılacak kesme hızı ise 100 m/dak'dır. Kesici takım aşınıncaya kadar kaldırılan talaş hacmi göz önünde bulundurulursa en iyi sonuç 900 m/dak hızında  $111520 \text{ mm}^3$  ile PVD kaplamalı seramik kesici takıma aittir. Ayrıca PCBN kesici takım ile en iyi netice 900 m/dak kesme hızında  $41820 \text{ mm}^3$ , PVD TiAlN kaplamalı sermet kesici takım ile en iyi netice 200 m/dak kesme hızında  $41820 \text{ mm}^3$  ve kaplamasız sermet kesici takım ile en iyi netice 100 m/dak kesme hızında  $41820 \text{ mm}^3$ 'dir (Şekil 5.4).



**Şekil 5.3** 1.2080 soğuk-iş takım çeliğinin tavsiye edilen kesicilerle işlenilmesinde logaritmik takım ömrü-kesme hızı ilişkisi

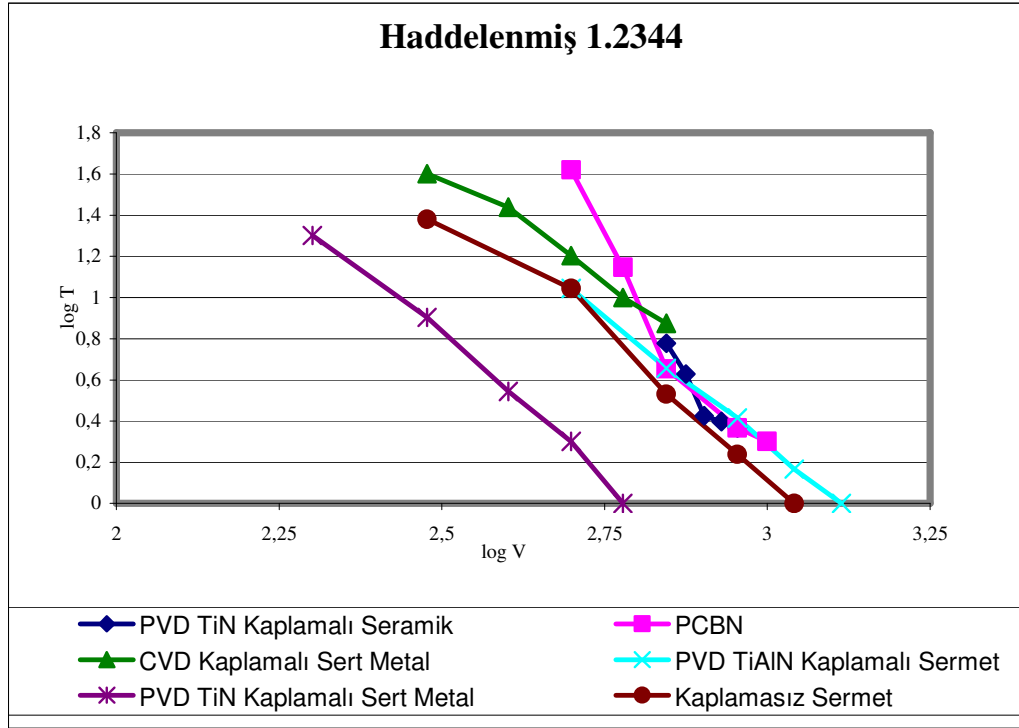


**Şekil 5.4** 1.2080 soğuk-iş takım çeliğinin tavsiye edilen kesicilerle işlenilmesinde talaş hacmi-kesme hızı ilişkisi



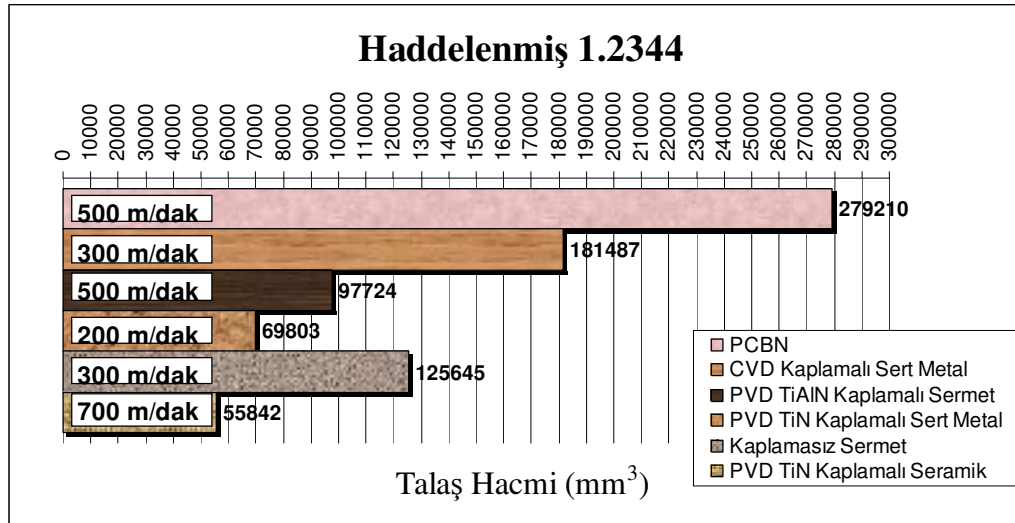
### 5.3. Haddelenmiş 1.2344 Sıcak-İş Takım Çeliğine Ait Değerlendirmeler

1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin yukarıda belirtilen 7 farklı kesici takım ile işlenmesi sonucunda kaplamasız sert metal hariç tüm kesici takımlar için ömür kriterine uygun sonuçlar elde edilmiştir. Bu kesici takımlardan en uygun olanı ise PCBN kesici takımıdır (Şekil 5.5). Bu kesici takım ile 500 m/dak kesme hızıyla kesme işlemi gerçekleştirildiğinde en fazla ömür (41,66 dak) ve talaş hacmi (279210 mm<sup>3</sup>) elde edilmiştir. Ayrıca zamanın bir kriter olmadığı durumlarda düşük maliyeti sebebiyle kaplamasız sermet ucun da tercih edilebileceği sonucuna varılmıştır. Kaplamasız sermet uç için kullanılacak kesme hızı ise 300 m/dak'dır. Kesici takım aşınıncaya kadar kaldırılan talaş hacmi göz önünde bulundurulursa en iyi sonuç 500 m/dak hızında 279210 mm<sup>3</sup> ile PCBN seramik kesici takıma aittir. Ayrıca CVD TiN-TiCN-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kaplamalı sert metal kesici takım ile en iyi netice 300 m/dak kesme hızında 181487 mm<sup>3</sup>, kaplamasız sermet kesici takım ile en iyi netice 300 m/dak kesme hızında 125645 mm<sup>3</sup>, PVD TiAlN kaplamalı sermet kesici takım ile en iyi netice 500 m/dak kesme hızında 97724 mm<sup>3</sup>, PVD TiN kaplamalı sert metal kesici takım ile en iyi netice 200 m/dak kesme hızında 69803 mm<sup>3</sup> ve son olarak PVD TiN kaplamalı seramik kesici takım ile en iyi netice 700 m/dak kesme hızında 55842 mm<sup>3</sup>'dür (Şekil 5.6).



Şekil 5.5 1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin tavsiye edilen kesicilerle işlenilmesinde

logaritmik takım ömrü-kesme hızı ilişkisi

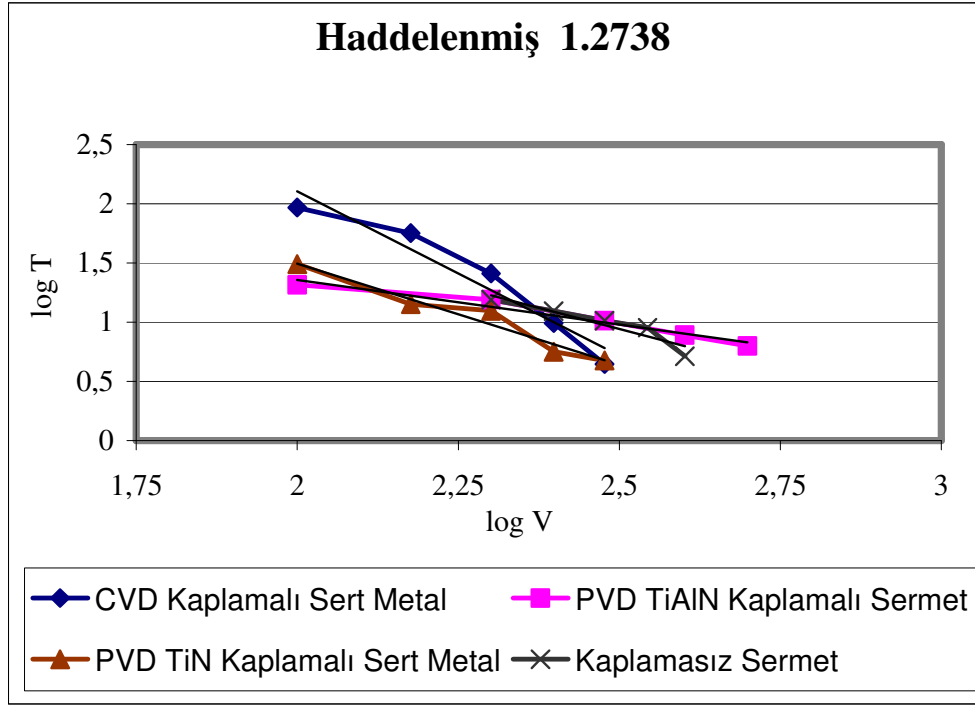


Şekil 5.6 1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin tavsiye edilen kesicilerle işlenilmesinde

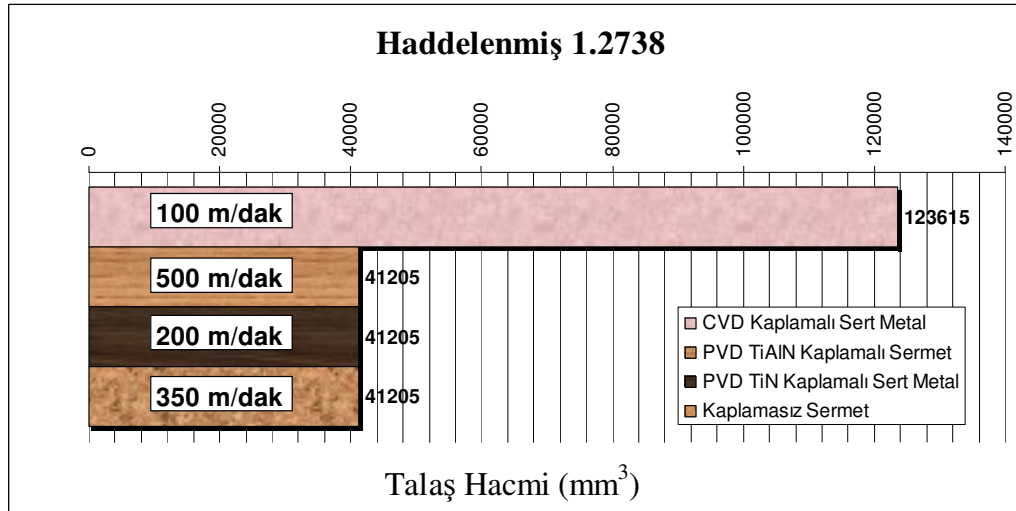
talaş hacmi-kesme hızı ilişkisi

#### 5.4. Haddelenmiş 1.2738 Plastik Kalıp Çeliğine Ait Değerlendirmeler

1.2738 plastik kalıp çeliğinin 7 farklı kesici takım ile işlenmesi sonucunda yalnızca 4 Kesici Takım Malzemesi için uygun sonuçlar alınmıştır. Bunlar sırasıyla, PVD kaplamalı seramik, PCBN, PVD kaplamalı sermet ve kaplamasız sermettir. Bu kesici takımlardan en uygun olanı ise CVD kaplamalı sert metal kesici takımdır (Şekil 5.7). Bu kesici takım ile 100 m/dak kesme hızıyla kesme işlemi gerçekleştirildiğinde en fazla ömür (93 dak) ve talaş hacmi ( $123615 \text{ mm}^3$ ) elde edilmiştir. Ayrıca 15 dakikalık takım ömrüne karşılık gelen kesme hızı değeri ise 254 m/dak'dır. Kesici takım aşınıncaya kadar kaldırılan talaş hacmi göz önünde bulundurulursa en iyi sonuç 100 m/dak hızında  $123615 \text{ mm}^3$  ile CVD TiN-TiCN- $\text{Al}_2\text{O}_3$  kaplamalı sert metal kesici takıma aittir. Ayrıca PVD TiAlN kaplamalı sermet kesici takım ile en iyi netice 500 m/dak kesme hızında  $41205 \text{ mm}^3$ , PVD TiN kaplamalı sert metal kesici takım ile en iyi netice 200 m/dak kesme hızında  $41205 \text{ mm}^3$  ve kaplamasız sermet kesici takım ile en iyi netice 350 m/dak kesme hızında  $41205 \text{ mm}^3$ 'dir (Şekil 5.8).



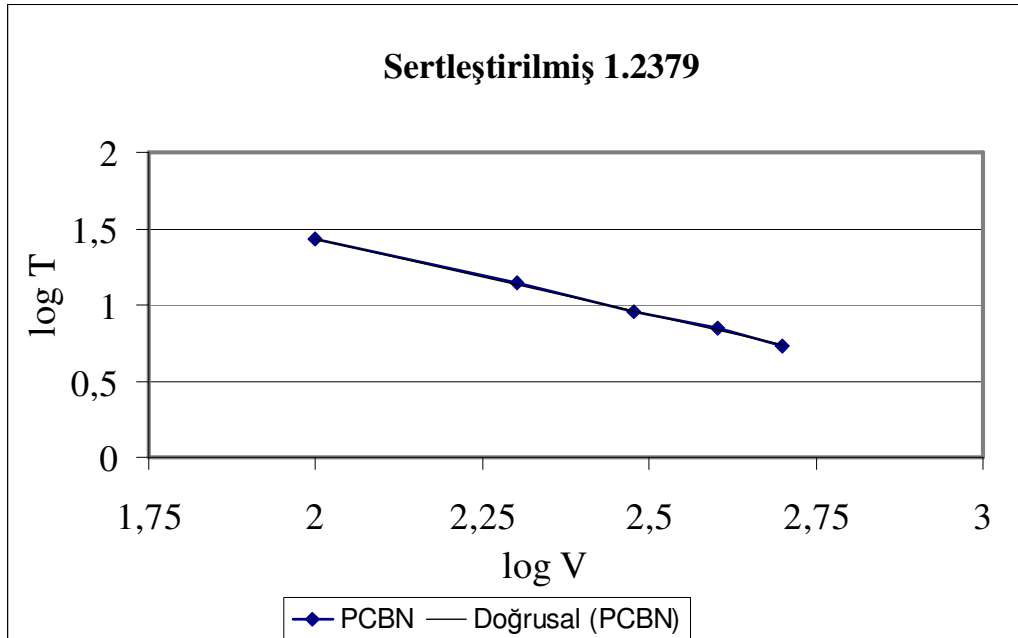
Şekil 5.7 1.2738 plastik kalıp çeliğinin tavsiye edilen kesicilerle işlenmesinde logaritmik takım ömrü-kesme hızı ilişkisi



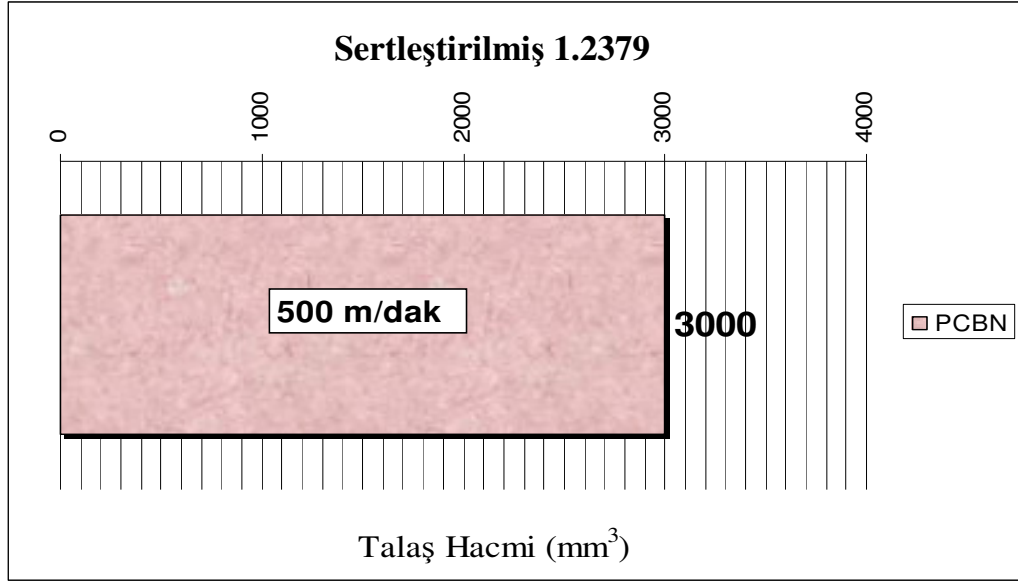
Şekil 5.8 1.2738 plastik kalıp çeliğinin tavsiye edilen kesicilerle işlenmesinde talaş hacmi-kesme hızı ilişkisi

### 5.5. Sertleştirilmiş 1.2379 Soğuk-İş Takım Çeliğine Ait Değerlendirmeler

Sertleştirilmiş 1.2379 soğuk iş takım çeliğinin işlenmesi neticesinde sadece PCBN kesici takımdan ömür değerlendirmesine uygun sonuçlar alınmıştır. En fazla talaş ( $3000 \text{ mm}^3$ ) 100 m/dak'lık kesme hızında sağlamıştır (Şekil 5.9). Ayrıca 15 dakikalık takım ömrüne karşılık gelen kesme hızı değeri ise 181 m/dak olarak belirlenmiştir (Şekil 5.10).



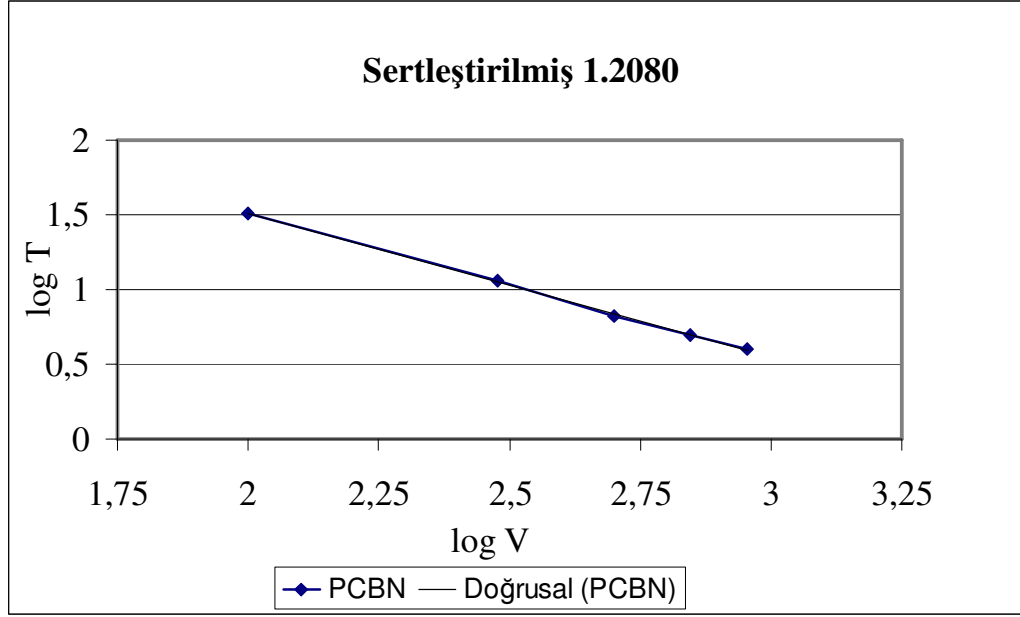
**Şekil 5.9** Sertleştirilmiş 1.2379 soğuk-ış takım çeliğinin tavsiye edilen kesiciyle işlenilmesinde logaritmik takım ömrü-kesme hızı ilişkisi



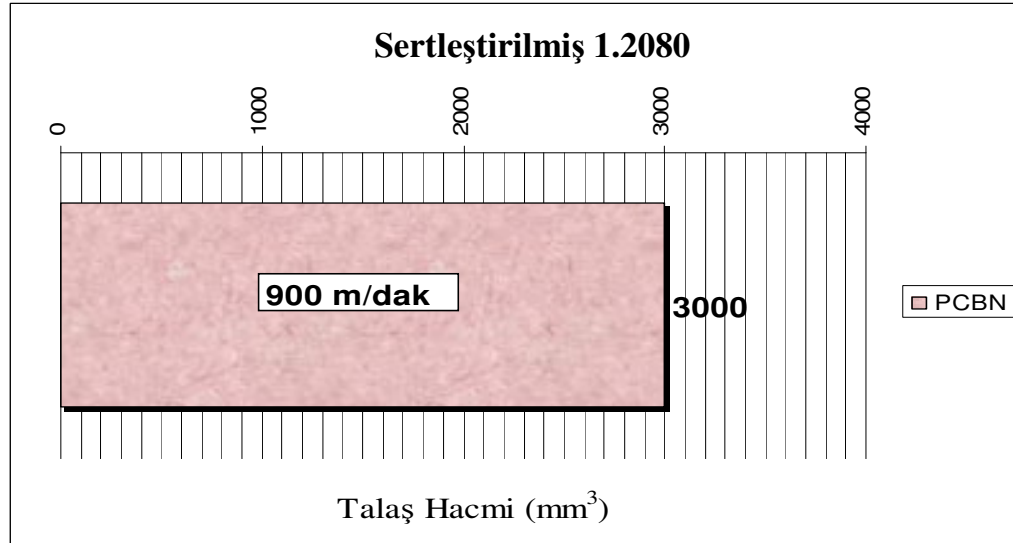
**Şekil 5.10** Sertleştirilmiş 1.2379 soğuk-ış takım çeliğinin tavsiye edilen kesicilerle işlenilmesinde talaş hacmi-kesme hızı ilişkisi

#### 5.6. Sertleştirilmiş 1.2080 Soğuk-İş Takım Çeliğine Ait Değerlendirmeler

Sertleştirilmiş 1.2080 soğuk iş takım çeliğinin farklı takımlar ile talaş kaldırılması neticesinde sadece PCBN kesici takımdan kesici ömür kriterlerine uygun neticeler alınmıştır (Şekil 5.11). En fazla talaş (3000 mm<sup>3</sup>) 100 m/dak'lık kesme hızında sağlamıştır (Şekil 5.12). Ayrıca 15 dakikalık takım ömrüne karşılık gelen kesme hızı değeri ise 208 m/dak olarak belirlenmiştir.



**Şekil 5.11** Sertleştirilmiş1.2080 soğuk-iş takım çeliğinin tavsiye edilen kesiciyle işlenilmesinde logaritmik takım ömrü-kesme hızı ilişkisi

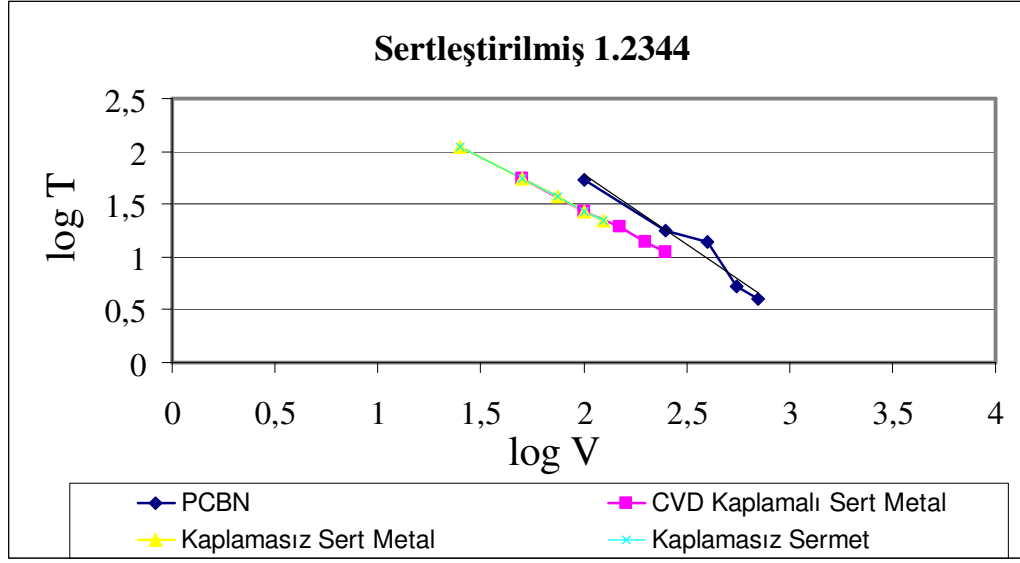


**Şekil 5.12** Sertleştirilmiş1.2080 soğuk-iş takım çeliğinin tavsiye edilen kesicilerle işlenilmesinde talaş hacmi-kesme hızı ilişkisi

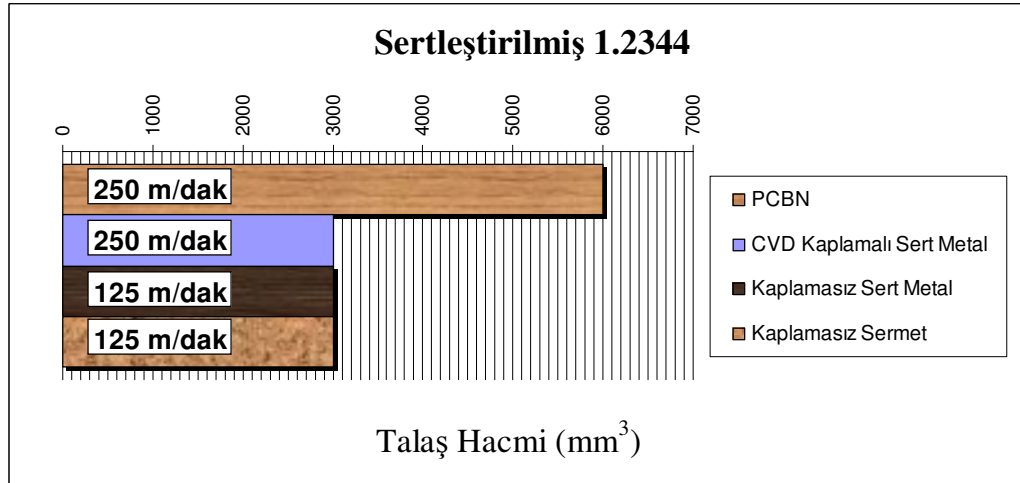
### 5.7. Sertleştirilmiş 1.2344 Sıcak-İş Takım Çeliğine Ait Değerlendirmeler

Sertleştirilmiş 1.2344 sıcak iş takım çeliğinin işlenmesi neticesinde PCBN, CVD kaplamalı sert metal, kaplamasız sert metal ve kaplamasız sermet kesici takımdan ömür kriterine uygun neticeler alınmıştır (Şekil 5.13). En fazla talaş ( $6000 \text{ mm}^3$ ) 100 m/dak'lık kesme hızında PCBN kesici takım ile sağlamıştır. Ayrıca 15 dakikalık takım ömrüne karşılık gelen kesme hızı değeri ise 374 m/dak olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlardan zamanın bir kriter olarak değerlendirilmediği durumlarda düşük maliyeti sebebiyle kaplamasız sermet ucun ya da kaplamasız sert metal ucun da tercih edilebileceği görülmüştür. Kaplamasız sermet ya da uç kaplamasız sert metal için kullanılacak kesme hızı ise 25 m/dak olarak tespit edilmiştir. Kesici takım aşınıncaya kadar kaldırılan talaş hacmi göz önünde bulundurulursa en iyi sonuç 250 m/dak hızında  $6000 \text{ mm}^3$  ile PCBN kesici takıma aittir. Ayrıca CVD TiN-TiCN- $\text{Al}_2\text{O}_3$  kaplamalı sert metal kesici takım ile en iyi netice 250 m/dak kesme hızında  $3000 \text{ mm}^3$ , kaplamasız sert metal kesici takım ile en iyi netice 125 m/dak kesme hızında  $3000 \text{ mm}^3$  ve kaplamasız sermet kesici takım ile en iyi netice 125 m/dak kesme hızında  $3000 \text{ mm}^3$ 'dir (Şekil 5.14).





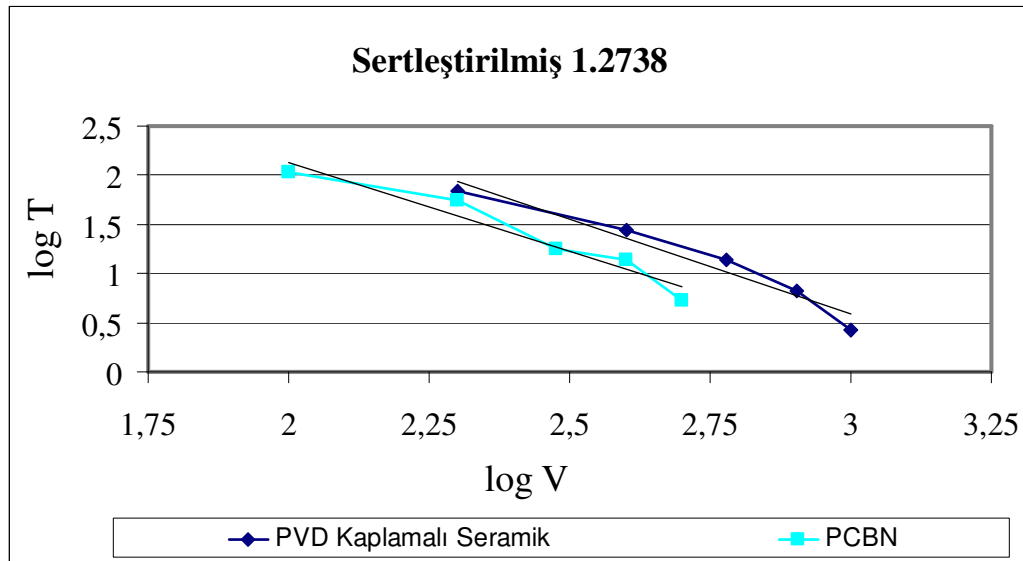
**Şekil 5.13** Sertleştirilmiş 1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin tavsiye edilen kesicilerle işlenmesinde logaritmik takım ömrü-kesme hızı ilişkisi



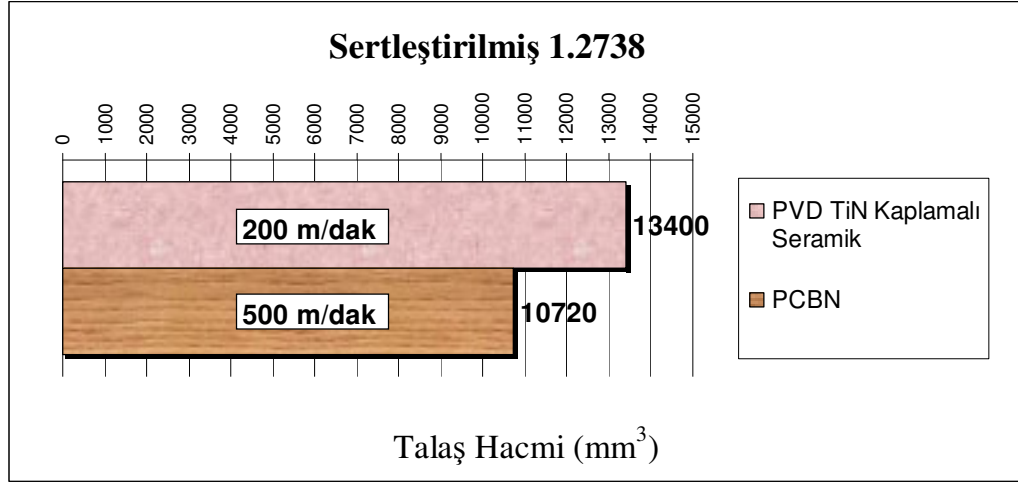
**Şekil 5.14** Sertleştirilmiş 1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin tavsiye edilen kesicilerle işlenmesinde talaş hacmi-kesme hızı ilişkisi

## 5.8. Sertleştirilmiş 1.2738 Plastik Kalıp Çeliğine Ait Değerlendirmeler

Sertleştirilmiş 1.2738 plastik kalıp çeliğinin işlenmesinde sadece PVD TiN kaplamalı seramik ve PCBN kesici takımlardan ömür kriterine uygun neticeler alınmıştır (Şekil 5.15). En fazla talaş ( $13400 \text{ mm}^3$ ) 200 m/dak'lık kesme hızında PVD kaplamalı seramik kesici takım ile sağlanmıştır. Ayrıca 15 dakikalık takım ömrüne karşılık gelen kesme hızı değeri ise 580 m/dak olarak belirlenmiştir. PCBN kesici takım ile işleme yüksek maliyeti sebebiyle önerilmemektedir. Kesici takım aşınıncaya kadar kaldırılan talaş hacmi göz önünde bulundurulursa en iyi sonuç 200 m/dak hızında  $13400 \text{ mm}^3$  ile PVD kaplamalı seramik kesici takıma aittir. Ayrıca PCBN kesici takım ile en iyi netice 500 m/dak kesme hızında  $10720 \text{ mm}^3$ 'dir (Şekil 5.16).



**Şekil 5.15** Sertleştirilmiş 1.2738 plastik kalıp çeliğinin tavsiye edilen kesicilerle işlenmesinde logaritmik takım ömrü-kesme hızı ilişkisi



**Şekil 5.16** Sertleştirilmiş 1.2738 plastik kalıp çeliğinin tavsiye edilen kesicilerle işlenmesinde talaş hacmi-kesme hızı ilişkisi

## 5.9. Genel Değerlendirmeler

Yapılan çalışma neticesinde takım çeliklerinin işlenmesinde önerilmeyen<sup>(42)</sup> kaplamalı veya kaplamasız sermet kesici takımlardan haddelenmiş takım çelikleri ve sertleştirilmiş 1.2344 sıcak iş takım çeliği üzerindeki uygulamalarında iyi neticeler alınmıştır.

Ayrıca 4. bölümde verilen değerlerden de görüleceği üzere, yüzey pürüzlülüğü ile kesme hızı arasında belirli bir bağıntı olmadığı anlaşılmıştır.

Son olarak deneyler sonucunda elde edilen takım ömrü sabitleri ve 15 dakikalık takım ömrüne karşılık gelen kesme hızı değerleri topluca Çizelge 5.1’de verilmiştir. Buna ek olarak deneylerden elde edilen sonuçlarla oluşturulan grafiklere Excel programı yardımıyla uydurulan eğriler yardımıyla da “n” ve “c” değerleri elde edilmiş ve bu iki değer karşılaştırılarak % sapma miktarı Çizelge 5.1’de verilmiştir. Burada “n” ve “c” değerlerinin deney sonucunda ortaya çıkan 5 farklı hıza karşılık

gelen takım ömrü değerlerinden, Taylor eşitliği kullanılarak oluşturulan logaritmik grafikler yardımıyla bulunan 4 adet doğrunun eğiminin aritmetik ortalaması hesaplanarak elde edildiği, materyal metod kısmında, belirtilmişti. Logaritmik grafiklerden elde edilen 4 doğrunun Excel programı yardımıyla eğri benzeştirme ile elde edilen doğrunun eğimi ile, deney sonuçlarında hesaplanan eğim arasında bazı farklılıklar olduğu Çizelge 5.1’de görülmektedir.

Sapmanın miktarının en az olduğu durumları kararlı şartlar olarak değerlendirirsek, kesici takım bazında yapılan değerlendirmelerde her bir malzeme için kullanılacak en uygun kesici takımın tespit edilmesi için çizelge 5.1’den yararlanılabilir. Kesici takımları bu açıdan değerlendirdiğimizde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

PVD TiN kaplamalı  $Al_2O_3+TiCN$  tabanlı seramik kesici takımın, haddelenmiş 1.2379 ve 1.2080 soğuk-iş takım çeliğinin ve sertleştirilmiş 1.2738 plastik kalıp çeliğinin işlenmesinde kesme hızı açısından kararlı davranış gösterdiği fakat haddelenmiş 1.2344 sıcak-iş takım çeliği için ise sapmanın çok fazla olduğu görülmektedir. Sapmanın fazla olduğu durumlar için deneylerin farklı aralıklarda ve tekrar edilerek yapılması gerekliliği düşünülebilir.

PCBN kesici takım özellikle sertleştirilmiş 1.2379 ve 1.2080 soğuk-iş takım çeliğinin işlenmesinde çok iyi sonuçlar vermiştir. Bu sonuçlar seçilen veya kullanılması önerilen işleme değişkenlerinin kabul edilebilir olduğunu göstermektedir. Aynı kesici takım haddelenmiş 1.2379 soğuk-iş takım çeliğinin, haddelenmiş 1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin işlenmesinde de iyi sonuçlar vermiştir. Haddelenmiş 1.2080 soğuk-iş takım çeliğinin, sertleştirilmiş 1.2344 sıcak-iş takım çeliğinin ve sertleştirilmiş 1.2738 plastik kalıp çeliğinin işlenmesinde ise kabul edilebilir sonuçlar vermemiştir.

CVD TiN+TiCN+ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kaplamalı sert metal kesici takım ise hem haddelenmiş, hem de sertleştirilmiş 1.2344 sıcak-ış takım çeliğinin işlenilmesinde kararlı sonuçlar göstermiştir. Diğer malzemelerde ise kesme hızı aralığının bir daha gözden geçirilmesi önerilmektedir.

PVD TiN kaplamalı sert metal kesici takım sadece haddelenmiş 1.2344 sıcak-ış takım çeliğinin işlenilmesinde kararlı sonuçlar göstermiş, haddelenmiş 1.2738 plastik kalıp çeliğinin işlenilmesinde ise kabul edilebilir sonuçlar vermemiştir.

PVD TiAlN kaplamalı sermet kesici takımdan haddelenmiş 1.2344 sıcak-ış takım çeliğinin ve haddelenmiş 1.2738 plastik kalıp çeliğinin işlenilmesinde kabul edilebilir sonuçlar alınmış, haddelenmiş 1.2080 soğuk-ış takım çeliğinin işlenilmesinde ise kabul edilebilir sonuçlar alınamamıştır.

Kaplamasız sermet kesici takımdan ise literatürde önerilmeyen<sup>(42)</sup> şekilde haddelenmiş tüm takım çeliklerinde iyi sonuçlar alınmıştır.

Sertleştirilmiş 1.2344 sıcak-ış takım çeliğinin kaplamalı ve kaplamasız sert metal ile kaplamasız sermet kesici takımlarla işlenilmesi sonucu elde edilen “n” ve “c” değerlerinin küçük olması yanıltıcı olmamalıdır. Bunun sebebi belirtilen kesici takımların tek pasoluk işlemlerde ömürlerini doldurmuş olmalıdır.

**Çizelge 5.1** Takım Ömrü Sabitleri

Malzeme	Kesici	Takım Ömrü Sabitleri						
		Deney Sonucunda Hesaplanan			Grafikten Elde Edilen		% sapma	
		n	c	$v_c^{(15 \text{ dak})}$	n	c	n	c
1.2379	PVD TiN Kap.(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /TiCN) tab. Seramik	0,154	1133	747	0,100	1035	35	9
	PCBN	0,730	918	127	0,450	933	38	-2
	CVD TiN+TiCN+Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Kap.Sert Metal	0,418	784	253	0,230	551	45	30
	Kaplamasız Sermet	0,463	380	108	0,392	323	15	15
1.2080	PVD TiN Kap.(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /TiCN) tab. Seramik	0,099	1138	870	0,066	1062	34	7
	PCBN	0,507	1570	398	0,279	1212	45	23
	PVD TiAlN Kaplamalı Sermet	0,894	919	82	0,500	562	44	39
	Kaplamasız Sermet	0,593	530	106	0,475	515	20	3
1.2344	PVD TiN Kap.(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /TiCN) tab. Seramik	0,532	1346	319	0,244	1066	54	21
	PCBN	0,344	1174	462	0,231	1113	33	5
	CVD TiN+TiCN+Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Kap.Sert Metal	0,527	2155	517	0,557	2244	-6	-4
	PVD TiAlN Kaplamalı Sermet	0,404	1323	443	0,398	1301	1	2
	PVD TiN Kaplamalı Sert Metal	0,363	630	236	0,384	630	-6	0
	Kaplamasız Sermet	0,421	1172	375	0,400	1096	5	6
1.2738	CVD TiN+TiCN+Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Kap.Sert Metal	0,411	761	250	0,336	548	18	28
	PVD TiAlN Kaplamalı Sermet	1,373	7378	179	1,400	6607	-2	10
	PVD TiN Kaplamalı Sert Metal	1,048	3651	214	0,600	794	43	78
	Kaplamasız Sermet	0,841	2134	219	0,750	1584	11	26
Sertleştirilmiş 1.2379	PCBN	0,986	2617	181	0,993	2636	-1	-1
Sertleştirilmiş 1.2080	PCBN	1,077	3855	209	1,056	3884	2	-1
Sertleştirilmiş 1.2344	PCBN	0,969	5154	374	0,739	1964	24	62
	CVD TiN+TiCN+Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Kap.Sert Metal	1,005	2946	194	1,000	2747	0	7
	Kaplamasız Sert Metal	1,007	2923	191	1,000	2747	1	6
	Kaplamasız Sermet	1,007	2923	191	1,000	2747	1	6
Sertleştirilmiş 1.2738	PVD TiN Kap.(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /TiCN) tab. Seramik	0,493	2204	580	0,538	2100	-9	5
	PCBN	0,697	2250	341	0,538	1348	23	40

## KAYNAKLAR

1. Nieminen, Paro, Kauppinen , Journal of Materials Processing Technology, **56**, 24(1996).
2. Fallböhmer, Rodriguez, Özel, Altan , Journal of Materials Processing Technology, **98**, 104(2000).
3. Dewes, Aspinwall, Journal of Materials Processing Technology, **69**, 1(1997).
4. Koshy, Dewes, Aspinwall , Journal of Materials Processing Technology, **127**, 266(2002).
5. Coldwell, Woods, Paul, Koshy, Dewes, Aspinwall , Journal of Materials Processing Technology, **135**, 301(2003).
6. Urbanski, Koshy, Dewes, Aspinwall , Materials & Design, **21/4**, 395(2000).
7. Kim, Kang , Int. Journal of Tools Manufact., **37**, 1155(1997).
8. Iuliano, Settineri, Gatto , Applied Science and Manufacturing, **29/12**, 1501(1998).
9. Dolinsek, Sustarsic, Kopac , Wear, **250**, 349(2001).
10. Liu, Ai, Zhang, Wang, Wan , Journal of Materials Processing Technology, **129**, 222(2002).
11. Dewes, Ng, Chua, Newton, Aspinwall , Journal of Materials Processing Technology, **92-93**, 293(1999).
12. Sharman, Dewes, Aspinwall , Journal of Materials Processing Technology, **118**, 29(2001).
13. Lacalle, Lamikiz, Sanchez, Arana , Journal of Materials Processing Technology, **123/2**, 292(2002).

14. D'Errico, Gfuglielmi, Rutelli , Journal of Materials Processing Technology, **92-93**, 251(1999).
15. Ning, Rahman, Wong , Journal of Materials Processing Technology, **113**, 360(2001).
16. Kitagawa, Kubo, Maekawa , Wear, **202**, 142(1997).
17. Rao, Shin , Int. Journal of Machine Tools & Manufacture, **41**, 1763(2001).
18. E.Aslan , Materials and Design, **26**, 21(2005).
19. Ekinovic, Dolinsek, Begovic, Journal of Materials Processing Technology, **162-163**, 603(2005).
20. Kopac, Sokovic, Dolinsek, Journal of Materials Processing Technology, **118**, 377(2001).
21. Li, He, M. Wang, Z.G. Wang, Journal of Materials Processing Technology, **129**, 127(2002).
22. Farhat, Materials Science and Engineering, **A361**, 100(2003).
23. Sokovic, Kopac, Dobranski, Adamiak, Journal of Materials Processing Technology, **157-158**, 422(2004).
24. Korkut, Kasap, Çiftçi, Şeker, Materials & Design, **25**, 303(2004).
25. Sağlam, Yıldız, Ünsaçar, Materials & Design, **28**, 101(2007).
26. Jianxin, Tongkun, Lili, Journal of European Ceramic Society, **25**, 1073(2005).
27. Kang, Park, Kim, Surface and Coatings Technology, **163-164**, 734(2003).
28. Dolinsek, Ekinovic, Kopac, Journal of Materials Processing Technology, **157-158**, 485(2004).
29. Farhat, Materials Characterization, **51**, 117(2003).
30. Erdal Gamsız, Cnc Takım Tezgahlarında Hızlı Talaş Kaldırma Prosesinin Teorik ve Deneysel İncelenmesi, Doktora Tezi, İ.T.Ü., İstanbul, 2000.



31. Alper Mangır, DIN 1.2767 Takım Çeliğinin Yüksek Hızda İşleme Teknolojisi ile İşlenmesinde Elde Edilen Yüzey Özelliklerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2004.
32. N. Camuşcu, E. Aslan, Journal of Materials Processing Technology, **170**, 121(2005).
33. A. Altın, M. Nalbant, A. Taskesen, Materials and Design **28-4**, 1334(2007).
34. Yahya Isik, Materials and Design, **28-5**, 1417(2007).
35. E.O. Ezugwua, R.B. Da Silva, J. Bonneya, A. R. Machado, International Journal of Machine Tools & Manufacture, **45**, 1009(2005).
36. Mehdi Remadna, Jean Francois Rigal, Journal of Materials Processing Technology, **178**, 67(2006).
37. Samir K. Khrais, Y.J. Lin, Wear **262/1-2**, 64(2007).
38. Myung Chang Kang a., Jeong Suk Kim a, Kwang Ho Kim, Surface & Coatings Technology, **200**, 1939(2005).
39. S. Orhan, A.O. Er, N. Camuşcu, E. Aslan, NDT&E International, **40-2**, 121(2007).
40. E. Aslan, N. Camuşcu, G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, **18(3)**, 453 (2005).
41. J. Gu, G. Barber, S. Tung ve R.J. Gu, Wear, **225-229**, 273, (1999).
42. J. Vleugels ve O.V.D. Biest, Wear, **225-229**, 285, (1999).
43. C.Y.H. Lim, S.C. Lim ve K.S. Lee, Wear, **225-229**, 354, (1999).
44. S.Y. Luo, Y.S. Liao ve Y.Y. Tsai, Journal of Materials Processing Technology, **88**, 114 (1999).
45. E.O. Ezugwu, C.I. Okeke, Journal of Materials Processing Technology, **116**, 10 (2001).

46. J. Paro, H. Hanninen ve V. Kauppinen, Journal of Materials Processing Technology, **119**, 14 (2001).
47. S.C. Lim ve C.Y.H. Lim, Surface&Coatings Technology, **139**, 127, (2001).
48. G. Poulachon, A. Moisan ve I.S. Jawahir, Wear, **250**, 576, (2001).
49. W.Y.H. Liew, B.K.A. Ngoi ve Y.G. Lu, Wear, **254**, 265, (2003).
50. G. Poulachon, B.P. Bandyopadhyay, I.S. Jawahir, S. Pheulpin ve E. Seguin, Wear, **256**, 302, (2004).
51. Y-C. Yen, J.Söhner, B.Lilly ve T.Altan, Journal of Materials Processing Technology, **146**, 82(2004).
52. B. Mills, A.H. Redford, Machinability of Engineering Materials, Applied Science Publishers Ltd., London and New York, 1983.
53. R. Edwards, Cutting Tools, The Institute of Materials, London, 1993.
54. ISO 8688-1, Tool life testing in milling- Part 1:Face milling, 1989.
55. Modern Metal Cutting, Sandvik Coromant, 1994.
56. Kennametal, Rotating Tools Master Catalogue, 2003.

## ÖZGEÇMİŞ

1976 yılında Ankara'da doğan Ali Osman ER'in nüfusu Sinop iline bağlı Boyabat ilçesine kayıtlıdır. Ortaöğrenimini Ankara Özel Arı Fen Lisesi'nde tamamladı. Yükseköğrenimini 1999 yılında Kırıkkale Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünü 3. olarak dereceyle bitirerek tamamladı. Aynı sene Kırıkkale Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı'nda Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. Yüksek Lisans programını bilgisayar destekli imalat programlarıyla bilgisayarla sayısal denetimli tezgahlar arasındaki entegrasyonu sağlayan etkileşimli bir son işlemci tasarlayarak tamamladı. 2001 yılında kurulan Kırıkkale Üniversitesi Dağcılık ve Doğa Sporları Kulübü'nde kurucu üye olarak görev aldı. 2005 yılında evlenen Ali Osman ER, DPT tarafından desteklenen bir projede, Kırıkkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenen 3 projede yardımcı araştırmacı olarak görev aldı. Ayrıca Sanayi Bakanlığı tarafından desteklenen SANTEZ projesinde Tez Öğrencisi-Araştırmacı olarak görev almıştır.