

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PVD METODU KULLANARAK TORNADAKİ
TAKMA UÇLARDA ÇEŞİTLİ KAPLAMA
KALINLIKLARI VE MALZEMELERİ İÇİN
ÖMÜR TESTLERİNİN İNCELENMESİ

Aygül Yalçınkaya ARSLAN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Doç. Dr. Babür ÖZÇELİK

GEBZE
2009

ÖZET

**TEZİN BAŞLIĞI : PVD Metodu Kullanarak Tornadaki Takma Uçlarda
Çeşitli Kaplama Kalınlıkları ve Malzemeleri İçin Ömür
Testlerinin İncelenmesi.**

YAZAR ADI : Aygöl Yalçınkaya ARSLAN

Kaplamalar, kesici ucun aşınma direncini arttırarak takım ömrünün uzamasını sağlar. Bu çalışmada, tornalamada PVD kaplama metodu kullanılarak, farklı kalınlık ve kaplama malzemeleri ile kaplanmış kesicilerin performansları incelenmiştir. Deneylerde TiN, TiAlN, AlTiN, TiAlNC ve TiAlNCr kaplama malzemeleri kullanılarak farklı kalınlıklar için aynı kesme parametrelerinde takım aşınmalarına ve yüzey pürüzlülük değerlerine bakılmıştır. Kesme parametreleri olarak, farklı kesme hızları (120, 150, 180, 210 m/dak) ve farklı ilerleme değerleri (0.2, 0.3, 0.4 mm/devir) alınmıştır. Her deney şartı için ayrı bir kesici kenar kullanılmıştır. Deneysel çalışma kuru kesme şartlarında gerçekleştirilmiştir. Deney malzemesi olarak AISI 304 paslanmaz çelik kullanılmıştır. Yapılan çalışmada en iyi aşınma direnci TiN kaplamada görülmüştür. En iyi yüzey 2µm kaplama kalınlığına sahip TiAlNC kaplama için elde edilmiştir. Bu kaplamada 0.2 mm/devir ilerleme ve 180 m/dak kesme hızı değerlerinde Ra değeri 0.61 olarak bulunmuştur.

SUMMARY

TITLE OF THE THESIS : Examinations of the tool life of various coating thickness and material by using PVD Method for edge turning inserts.

AUTHOR : Aygöl Yalçinkaya ARSLAN

Coatings increase the tool life. The performance of the cutting tools coated with PVD and with different thickness and material was investigated during turning. The surface roughness and tool wear of the cutting tool coated with TiN, TiAlN, AlTiN, TiAlNC and TiAlNCr of different thicknesses were studied by using the same operation parameters cutting speeds of 120, 150, 180, 210 m / min, the progress values of 0.2, 0.3, 0.4 mm / rev were taken. The different cutting edge was used to obtain precise measurements of surface roughness in each process step. Experimental studies were carried out in dry cutting condition. AISI 304 stainless steel as substrate was used. The wear resistance of TiN coating is generally better than the others. The best surface roughness of 0.61 Ra is obtained in TiAlNC coating with 2µm thickness. In TiAlNC 2µm coating cutting speed of 180 m/min and feed rate of 0.2 mm/rev show the best result.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam sırasındaengin bilgi, tecrübe ve desteğini esirgemeyen değerli hocam sayın Doç. Dr. Babür ÖZÇELİK'e çok teşekkür ederim.

Çalışmamın deneysel kısmında Malzeme Mühendisliği Bölümü laboratuvar imkanlarını sunan sayın Doç. Dr. Metin USTA'ya, aşınma ölçümleri boyunca desteklerini esirgemeyen sayın Dr. Arş. Görv. Aytekin POLAT'a, sayın Arş. Görv. Levent AKTUĞ'a, sayın Arş. Görv. Salih Durdu'ya, sayın Uzman Ömer Faruk Deniz'e, EDAX analizleri için sayın Ahmet NAZIM'a ve sevgili arkadaşım Arş. Görv. Emel KURAM'a çok teşekkür ederim.

Kaplamaları yapan İon Bond Tinkap Firmasına, atölye çalışmaları için tüm imkanlarını sunan Standart Pompa A.Ş.'ye çok teşekkür ederim.

Hayatım boyunca her zaman yanımda olan sevgili aileme çok teşekkür ederim.

Her zaman desteğini yanımda hissettiğim, tez çalışmamda da beni yalnız bırakmayan, hayat arkadaşım, sevgili eşim Cevahir ARSLAN'a çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
TABLOLAR DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
1. 1. Çalışmanın Amacı	1
1. 1. 1. Kaplama Şartları	2
1. 1. 2. İncelenen Sonuçlar	2
1. 2. Çalışmanın Planı	2
1. 3. Literatür Taraması	3
2. SERT METALLERİN İMALİ VE KESİCİ UÇ SEÇİMİ	5
2. 1. Sert Metallerin İmalî	5
2. 2. Fiziksel Buhar Biriktirme (PVD)	6
2. 3. İyon Kaplama Yöntemi	7
2. 3. 1. Katodik Ark	7
2. 4. Mekanik Sıkmalı Uç Büyüklüğünün Seçilmesi	8
2. 4. 1. Gerçek Kesme Boyu	8
2. 5. Mekanik Sıkmalı Uç Şeklinin Seçilmesi	9
2. 5.1. Mekanik Sıkmalı Uç	9
2. 5. 2. Köşe Radyusu ve İlerleme	9
3. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ	11
4. AŞINMA	13
4. 1. Adhezif Aşınma	13
4. 2. Abrasif Aşınma	13
4. 3. Yorulmalı Aşınma	14
4. 4. Serbest Yüzey Aşınması	14

4. 5. Krater Aşınması	15
4. 6. Çentik Aşınması	15
4. 7. Burun Yarıçapı Aşınması	16
4. 8. Talaş Vurması	17
4. 9. Ağız Birikimi Oluşumu (BUE)	17
4. 10. Plastik Deformasyon	18
4. 11. Takımın Kırılması	19
5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	20
5. 1. Deneyde Kullanılan Numunelerin Spektral Analizi	20
5. 2. Kaplama İşlemi ve Kaplama Çeşitleri	21
5. 3. Deneyde Kullanılan CNC Torna Tezgahının Tanıtımı ve Yapılan İşlem Parametreleri	23
5. 4. Yüzey Pürüzlülük Ölçümleri	25
5. 5. Takım Aşınma Ölçümleri	26
6. DENEY SONUÇLARI	28
6. 1. Kaplamasız Uçların Yüzey Pürüzlülük ve Aşınma Ölçümleri	28
6. 2. AlTiN 1.3 μm ve 2.2 μm Kaplamanın Yüzey Pürüzlülük Değerleri ve Aşınma Ölçümleri	38
6. 3. TiAlN 2.4 μm ve 4 μm Kaplamanın Yüzey Pürüzlülük Değerleri ve Aşınma Ölçümleri	52
6. 4. TiN 2.1 μm ve 4 μm Kaplamanın Yüzey Pürüzlülük ve Aşınma Ölçümleri	65
6. 5. TiAlNCr 3 μm ve 4.5 μm Kaplamanın Yüzey Pürüzlülük ve Aşınma Ölçümleri	79
6. 6. TiAlNC 2 μm ve 3.5 μm Kaplamanın Yüzey Pürüzlülük ve Aşınma Ölçümleri	92
6. 7. TiAlNC ve TiAlNCr Kaplamaların EDAX Analizleri	105
7. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ	108
7. 1. Tablolarla Sonuçların Değerlendirilmesi	108
7. 2. Sonuçlar	118
7. 3. Öneriler	120
KAYNAKLAR DİZİNİ	121
ÖZGEÇMİŞ	124

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

TiN	: Titanyum Nitrür
TiAlN	: Titanyum Alüminyum Nitrür
AlTiN	: Alüminyum Titan Nitrür
TiAlNCr	: Alüminyum, Titan, Nitrür, Krom, Karbon Alaşımı
TiAlNC	: Alüminyum, Titan, Nitrür, Karbon Alaşımı
AISI	: American Iron and Steel Institute (Amerikan Demir ve Çelik Enstitüsü)
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu
DIN	: Uluslararası Alman Normu
ISO	: Uluslararası Standart Organizasyon
Al	: Alüminyum
BUE	: Built Up Edge (Talaş Yığılması)
C	: Karbon
CBN	: Kübik Bor Nitrür
Co	: Kobalt
Cr	: Krom
CVD	: Kimyasal Buhar Biriktirme
PVD	: Fiziksel Buhar Biriktirme
f	: İlerleme (mm/dev)
HSS	: High Speed Steel (Yüksek Hız Çeliği)
HWS	: High Work Steel (Yüksek İş Çeliği)
l_a	: Gerçek Kesme Boyu
l	: Uçun Kesme Kenar Boyu
R_a	: Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü
Ti	: Titanyum
TiC	: Titanyum Karbür
W	: Volfram (Tungsten)
μm	: Mikrometre
$\emptyset$	: Çap
mm	: Milimetre
BIAS	: Negatif Potansiyel

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Sert metallerin üretim prosesinin işlem sırasıyla gösterilişi [Berker, 2001].	5
2.2. Kesici uçların gerçek kesme boyları [Böhler,2006]	8
2.3. En yaygın kullanılan uçlar ve açıları [Böhler, 2006].	9
3.1. Ortalama yüzey pürüzlülüğü	12
3.2. a) Maksimum yüzey pürüzlülüğü, b) Maksimum yüzey pürüzlülüğü değerinin teorik hesabı, c) İlerleme değerinin hesabı.	12
4.1. Mekanik ve ısı çatlaklar	14
4.2. Serbest yüzey aşınması	15
4.3. a) Krater aşınması şematik gösterimi, b) Deneysel çalışmadaki krater aşınmasının ölçüleri.	15
4.4. Çentik aşınması	16
4.5. a) Burun yarıçapı aşınması şematik gösterimi, b) Deneysel çalışmadaki burun yarıçapı aşınması.	16
4.6. a) Talaş vurması şematik gösterimi, b) Deneysel çalışmadaki talaş vurması.	17
4.7. a) Ağız birikimi oluşumu şematik gösterimi, b) Deneysel çalışmadaki ağız birikimi oluşumunun ölçüleri.	18
4.8. a) Plastik deformasyon şematik gösterimi, b) Deneysel çalışmadaki plastik deformasyon oluşumunun ölçüleri.	18
4.9. Takımın kırılması	19
5.1. Katodik ark PVD yöntemiyle kaplama	22
5.2. CNC torna tezgahıyla talaş kaldırma işlemi	23
5.3. CNC torna tezgahıyla talaş kaldırma işlemi	24
5.4. YOU JI CNC torna tezgahı	24
5.5. Yüzey pürüzlülük ölçümü	25
5.6. Zeiss Ax10 Imager optik stereo mikroskop	26
5.7. Zeiss Stemi 2000 mikroskop	27
6.1. Kaplamasız uç 1. kenar	29
6.2. a) Kaplamasız uç 2. kenar, b) Kaplamasız uç sağ 2. kenar.	30
6.3. Kaplamasız uç 3. kenar	30

6.4. Kaplamasız uç sağ 3. kenar	31
6.5. Kaplamasız uç 4. kenar	31
6.6. Kaplamasız uç 5. kenar	32
6.7. Kaplamasız uç 6. kenar	32
6.8. a) Kaplamasız uç 7. kenar, b) Kaplamasız uç sağ 7. kenar.	33
6.9. a) Kaplamasız uç 8. kenar, b) Kaplamasız uç sağ 8. kenar.	34
6.10. a) Kaplamasız uç sol 9. kenar, b) Kaplamasız uç sağ 9. kenar.	35
6.11. Kaplamasız uç 10. kenar	35
6.12. a) Kaplamasız uç 11. kenar, b) Kaplamasız uç sağ 11. kenar.	36
6.13. Kaplamasız uç 12. kenar	37
6.14. AlTiN 1.3 μm 1. kenar	40
6.15. AlTiN 2.2 μm 1. kenar	40
6.16. a) AlTiN 1.3 μm 2. kenar, b) AlTiN 1.3 μm sağ 2. kenar.	41
6.17. AlTiN 2.2 μm 2. kenar	42
6.18. AlTiN 1.3 μm 3. kenar	42
6.19. AlTiN 2.2 μm 3. kenar	43
6.20. AlTiN 1.3 μm 4. kenar.	43
6.21. AlTiN 2.2 μm 4. kenar.	44
6.22. AlTiN 1.3 μm 5. kenar.	44
6.23. AlTiN 2.2 μm 5. kenar.	45
6.24. AlTiN 1.3 μm 6. kenar.	45
6.25. AlTiN 2.2 μm 6. kenar.	46
6.26. AlTiN 1.3 μm 7. kenar.	46
6.27. AlTiN 2.2 μm 7. kenar.	47
6.28. AlTiN 1.3 μm 8. kenar.	47
6.29. AlTiN 2.2 μm 8. kenar.	48
6.30. AlTiN 1.3 μm 9. kenar.	48
6.31. AlTiN 1.3 μm 10. kenar.	49
6.32. AlTiN 2.2 μm 10. kenar.	49
6.33. AlTiN 1.3 μm 11. kenar.	50
6.34. AlTiN 2.2 μm 11. kenar.	50
6.35. AlTiN 1.3 μm 12. kenar.	51
6.36. AlTiN 2.2 μm 12. kenar.	51
6.37. a) TiAlN 2.4 μm 1. kenar uç kısmı, b) TiAlN 2.4 μm 1. kenar.	54

6.38. a) TiAlN 2.4 μm sağ 2. kenar, b) TiAlN 2.4 μm sol 2. kenar.	55
6.39. a) TiAlN 2.4 μm 3. kenar, b) TiAlN 4 μm 3. kenar.	56
6.40. TiAlN 2.4 μm 4. kenar.	57
6.41. a) TiAlN 2.4 μm 5. kenar, b) TiAlN 4 μm 5. kenar.	58
6.42. a) TiAlN 2.4 μm 6. kenar, b) TiAlN 4 μm 6. kenar.	59
6.43. a) TiAlN 2.4 μm 7. kenar uç kısmı, b) TiAlN 4 μm 7. kenar.	60
6.44. a) TiAlN 2.4 μm 8. kenar, b) TiAlN 4 μm 8. kenar.	61
6.45. a) TiAlN 2.4 μm 9. kenar, b) TiAlN 4 μm 9. kenar.	62
6.46. TiAlN 2.4 μm 10. kenar.	62
6.47. a) TiAlN 2.4 μm 11. kenar, b) TiAlN 2.4 μm sağ 11. kenar, c) TiAlN 4 μm 11. kenar.	63
6.48. a) TiAlN 2.4 μm 12. kenar, b) TiAlN 4 μm 12. kenar.	64
6.49. TiN 4 μm 1. kenar.	67
6.50. TiN 2.1 μm 2. kenar.	67
6.51. TiN 4 μm 2. kenar.	68
6.52. TiN 4 μm 3. kenar.	68
6.53. TiN 4 μm 4. kenar.	69
6.54. a) TiN 4 μm sol 5. kenar, b) TiN 4 μm sağ 5. kenar.	70
6.55. a) TiN 4 μm 6. kenar sağ, b) TiN 2.1 μm 6. kenar.	71
6.56. a) TiN 2.1 μm 7. kenar burun kısmı, b) TiN 2.1 μm 7. kenar.	72
6.57. a) TiN 4 μm 7. kenar burun kısmı, b) TiN 4 μm 7. kenar.	72
6.58. a) TiN 2.1 μm 8. kenar burun kısmı, b) TiN 2.1 μm 8. kenar.	73
6.59. a) TiN 4 μm 8. kenar burun kısmı, b) TiN 4 μm 8. kenar.	74
6.60. a) TiN 2.1 μm sol 9. kenar, b) TiN 2.1 μm 9. kenar.	75
6.61. TiN 4 μm 9. kenar.	75
6.62. a) TiN 2.1 μm sağ 10. kenar, b) TiN 2.1 μm sol 10. kenar.	76
6.63. TiN 4 μm 10. kenar.	76
6.64. a) TiN 2.1 μm 11. kenar, b) TiN 4 μm 11. kenar.	77
6.65. a) TiN 2.1 μm 12. kenar, b) TiN 4 μm sağ 12. kenar, c) TiN 4 μm sol 12. kenar.	78
6.66. a) TiAlNCr 3 μm 1. kenar, b) TiAlNCr 4.5 μm 1. kenar.	81
6.67. TiAlNCr 3 μm 2. kenar.	81
6.68. a) TiAlNCr 3 μm 3. kenar, b) TiAlNCr 4.5 μm 3. kenar.	82

6.69. a) TiAlNCr 3 μm 4. kenar, b) TiAlNCr 3 μm sağ 4. kenar, c) TiAlNCr 4.5 μm 4. kenar.	83
6.70. a) TiAlNCr 3 μm sağ 5. kenar, b) TiAlNCr 3 μm sol 5. kenar.	84
6.71. TiAlNCr 3 μm 6. kenar.	85
6.72. a) TiAlNCr 3 μm 7. kenar, b) TiAlNCr 4.5 μm 7. kenar.	86
6.73. a) TiAlNCr 3 μm 8. kenar b) TiAlNCr 4.5 μm sol 8. kenar c) TiAlNCr 4.5 μm 8. kenar.	87
6.74. a) TiAlNCr 3 μm 9. kenar, b) TiAlNCr 4.5 μm 9. kenar.	88
6.75. a) TiAlNCr 3 μm 10. kenar, b) TiAlNCr 4.5 μm 10. kenar.	89
6.76. a) TiAlNCr 3 μm 11. kenar, b) TiAlNCr 4.5 μm 11. kenar.	90
6.77. a) TiAlNCr 3 μm 12. kenar, b) TiAlNCr 4.5 μm 12. kenar.	91
6.78. a) TiAlNC 2 μm 1. kenar, b) TiAlNC 3.5 μm 1. kenar.	94
6.79. a) TiAlNC 2 μm 2. kenar, b) TiAlNC 3.5 μm 2. kenar.	95
6.80. a) TiAlNC 2 μm 3. kenar, b) TiAlNC 3.5 μm 3. kenar.	96
6.81. a) TiAlNC 2 μm 4. kenar, b) TiAlNC 2 μm 4. kenar sağ, c) TiAlNC 3.5 μm 4. kenar.	97
6.82. a) TiAlNC 2 μm 6. kenar, b) TiAlNC 3.5 μm 6. kenar.	98
6.83. TiAlNC 2 μm 7. kenar.	99
6.84. TiAlNC 2 μm 8. kenar.	99
6.85. a) TiAlNC 2 μm 9. kenar, b) TiAlNC 3.5 μm 9. kenar.	100
6.86. a) TiAlNC 2 μm sağ 10. kenar, b) TiAlNC 2 μm 10. kenar, c) TiAlNC 3.5 μm 10. kenar.	101
6.87. a) TiAlNC 2 μm sağ 11. kenar, b) TiAlNC 2 μm sol 11. kenar, c) TiAlNC 3.5 μm 11. kenar.	102
6.88. a) TiAlNC 2 μm 12. kenar, b) TiAlNC 3.5 μm 12. kenar, c) TiAlNC 3.5 μm sol 12. kenar.	104
6.89. TiAlNCr 3 μm kaplama EDAX grafiği.	105
6.90. TiAlNCr 4.5 μm kaplama EDAX grafiği.	106
6.91. TiAlNC 2 μm kaplama EDAX grafiği.	107
6.92. TiAlNC 3.5 μm kaplama EDAX grafiği.	107
7.1. İlerleme değeri 0.2 mm/devir iđin yzey pürzlülük değerleri.	115
7.2. İlerleme değeri 0.3 mm/devir iđin yzey pürzlülük değerleri.	115
7.3. İlerleme değeri 0.4 mm/devir iđin yzey pürzlülük değerleri.	116
7.4. 120 m/dak kesme hızındaki ilerlemeye bağlı yzey pürzlülük değerleri.	116

7.5. 150 m/dak kesme hızındaki ilerlemeye bağlı yüzey pürüzlülük değerleri.	117
7.6. 180 m/dak kesme hızındaki ilerlemeye bağlı yüzey pürüzlülük değerleri.	117
7.7. 210 m/dak kesme hızındaki ilerlemeye bağlı yüzey pürüzlülük değerleri.	118

TABLÖLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Kaplama malzemesi ve kaplama kalınlıkları.	2
2.1. Uç radiusuna göre maksimum ilerleme değerleri [Böhler, 2006].	10
5.1. AISI 304 çeliğinin kimyasal analiz raporu.	20
5.2. P10 Sement karbürün kimyasal kompozisyonu [Linen,1980].	20
5.3. Kullanım alanına göre sınıflandırılması [Avuncan, 1998].	20
5.4. Kaplama çeşitleri ve özellikleri.	21
5.5. CNC torna tezgahı özellikleri	24
6.1. Kaplamasız numunelerin yüzey pürüzlülük değerleri	28
6.2. AlTiN 1.3 µm kalınlığındaki numunelerin ölçüm değerleri.	38
6.3. AlTiN 2.2 µm kalınlığındaki numunelerin ölçüm değerleri.	39
6.4. TiAlN 2.4 µm kaplı numunelerin yüzey pürüzlülük değerleri.	52
6.5. TiAlN 4 µm kaplı numunelerin yüzey pürüzlülük değerleri.	53
6.6. TiN 2.1 µm kaplamanın yüzey pürüzlülük değerleri.	65
6.7. TiN 4 µm kaplamanın yüzey pürüzlülük değerleri.	66
6.8. TiAlNCr 3µm kaplı numunelerin yüzey pürüzlülük değerleri	79
6.9. TiAlNCr 4.5µm kaplı numunelerin yüzey pürüzlülük değerleri	80
6.10. TiAlNC 2µm kaplı numunelerin yüzey pürüzlülük değerleri	92
6.11. TiAlNC 3.5µm kaplı numunelerin yüzey pürüzlülük değerleri	93
7.1.120 m/dak kesme hızındaki aşınma çeşitleri.	110
7.2.150 m/dak kesme hızındaki aşınma çeşitleri.	111
7.3.180 m/dak kesme hızındaki aşınma çeşitleri.	112
7.4. 210 m/dak kesme hızındaki aşınma çeşitleri.	113
7.5. En iyi yüzey pürüzlülüğünün görüldüğü kesme hızları.	114

1. GİRİŞ

Makine parçalarının ömürleri ve takımların kullanım süreleri aşınma nedeni ile sınırlıdır. Günümüzde aynı parçanın gittikçe daha fazla sayıda üretilme talepleri yaygınlaşan otomasyona karşılık aşınma nedeni ile metal işleme makinelerinin durma süreleri, fiyat faktörünü devamlı olarak arttırmaktadır. Bu nedenle aşınmanın önlenmesi, her geçen gün ekonomik anlamda daha büyük önem kazanmaktadır. Aşınmanın ülkenin gayri safi milli hasılasında %5 in üzerinde kayıplara neden olduğu bilinmektedir [Kou makine, 2001].

1960'lı yıllarda kesici takımların performansının artırılması amacı ile CVD (Chemical Vapour Deposition) Kimyasal Buhar Biriktirme adında bir teknik geliştirilmiş, fakat bu yöntemle 200-500°C arasında sertliğini kaybeden takım çeliklerini kaplamak mümkün olmamıştır. Çünkü bu kaplama için 1100-1200°C civarında kaplama sıcaklıkları gerekmektedir.

Uzmanların araştırmaları sonucunda PVD (Physical Vapour Deposition) Fiziksel Buhar Biriktirme tekniğinin bir dalı olan iyon kaplama metodu geliştirilmiştir. Bu metot ile HSS ve HWS adı verilen yüksek hız ve yüksek iş çeliklerini sert seramik filmlerle kaplamak mümkün olmuştur.

Ancak sertliklerini 100-300°C arasında kaybeden soğuk iş çeliklerini sert seramik filmler ile kaplamak, PVD-ARK buharlaştırma adı verilen metodun Rusya'dan getirilmesi ile mümkün olmuştur. PVD-ARK tekniği ile 100-600°C arasında her türlü ısı işlem görmüş takım çeliklerinin sert seramik filmler ile kaplanması büyük bir başarı ile sağlanmıştır.

1.1. Çalışmanın Amacı

PVD metoduyla kaplanan TiN, TiAlN, AlTiN, TiAlNC, TiAlNCr

kaplamaların, AISI 304 paslanmaz çelik malzemenin tornalanmasındaki performanslarını incelemektir.

1.1.1. Kaplama Şartları

Deneyde kullanılan malzeme çeşitleri ve kaplama kalınlıkları Tablo 1.1.'de gösterilmiştir.

Tablo1.1. Kaplama malzemesi ve kaplama kalınlıkları.

Kaplama Malzemesi	TiN		TiAlN		AlTiN		TiAlNCr		TiAlNC	
Kaplama Kalınlığı (µm)	2.1	4	2.4	4	1.3	2.2	3	4.5	2	3.5

- Deney malzemesi: AISI 304 paslanmaz çelik malzeme
- Kesici uç: Karbür kesici

1.1.2. İncelenen Sonuçlar

Her bir şart için;

- Takım aşınması,
- Yüzey pürüzlülüğü incelenmiştir.

1.2. Çalışmanın Planı

Giriş bölümünde çalışmanın önemi ve literatür taraması, ikinci bölümde, sert metaller imali, kaplaması ve kesici uç seçimi, üçüncü bölümde yüzey pürüzlülüğü, dördüncü bölümde aşınma, beşinci bölümde deneysel çalışma, altıncı bölümde deney sonuçları ve yedinci bölümde sonuçların değerlendirilmesi verilmiştir.

1.3. Literatür Taraması

Literatürde PVD yöntemi kullanılarak farklı kaplama malzemesi ve kalınlıklarının delme, tornalama gibi talaş kaldırma işlemlerindeki performansları üzerine çalışmalar yapılmıştır.

1.75 μm -7.5 μm kaplama kalınlığında TiN kaplamanın AISI 1040 çeliğinin tornalanması sonucunda en iyi takım ömrünün 3.5 μm kaplama kalınlığında olduğu görülmüştür, takımın ömrü kaplamasız uca göre 40 kat artmıştır [Tuffy et al, 2004].

AISI 1010 çeliği için ilerleme (0.23, 0.28 mm/devir) ve kesme hızları (140, 200, 280 m/dak) parametre olarak alınmıştır. Bizim çalışmamızdaki gibi kuru çalışılmıştır. En iyi yüzey PVD yöntemi ile kaplanmış TiN kaplamada görülmüştür ve kaplama kalınlığının yüzey pürüzlülüğünü etkilediği tespit edilmiştir [Noordin et al, 2001].

Ç1040 çeliği için, kesme hızının artmasıyla oluşan yüksek sıcaklıklar nedeniyle, yan kenar aşınma değerlerinde daha fazla dalgalanmaların meydana geldiği, dolayısıyla da pürüzlülük değerinin 25 m/dak kesme hızına kadar arttığı, bu hızdan sonra pürüzlülüğün azaldığı gözlenmiştir [Şahin, 1997].

Diğer bir çalışmada kaplama katman sayısının arttırılmasının yüzey pürüzlülüğünü azalttığı belirtilmiştir [Gökkaya ve ark., 2004].

Aşınma üzerine yapılan çalışmalarda, kesme hızı arttırıldıkça BUE oluşumunun azaldığı, AISI 304 çeliği için 180 m/dak kesme hızında iyi sonuç alındığı belirtilmiştir [Tekiner ve Yeşilyurt, 2003]

Östenitik çeliklerin (AISI 316) işlenmesinde kaplamasız kesici uç kullanımı krater aşınmasına neden olmuştur [Klocke et al, 2006].

AISI 8620 çeliğini 0.25 mm/devir ve 300 m/dakda yapılan tornalama işleminde kaplamasız uçta 10. dk'da 10.4 μm , 28. dk'da ise 50.1 μm derinlik değerinde krater aşınması oluşmuştur, 3 μm TiN kaplı uçta ise 10. dk 3.51 μm 28. dk 6.52 μm derinlik değerinde krater aşınması görülmüştür. TiN kaplı kesici ucun krater aşınmasına karşı daha dayanıklı olduğu ve takım ömrünün uzadığı görülmüştür [Françoso de Avila et al, 2006].

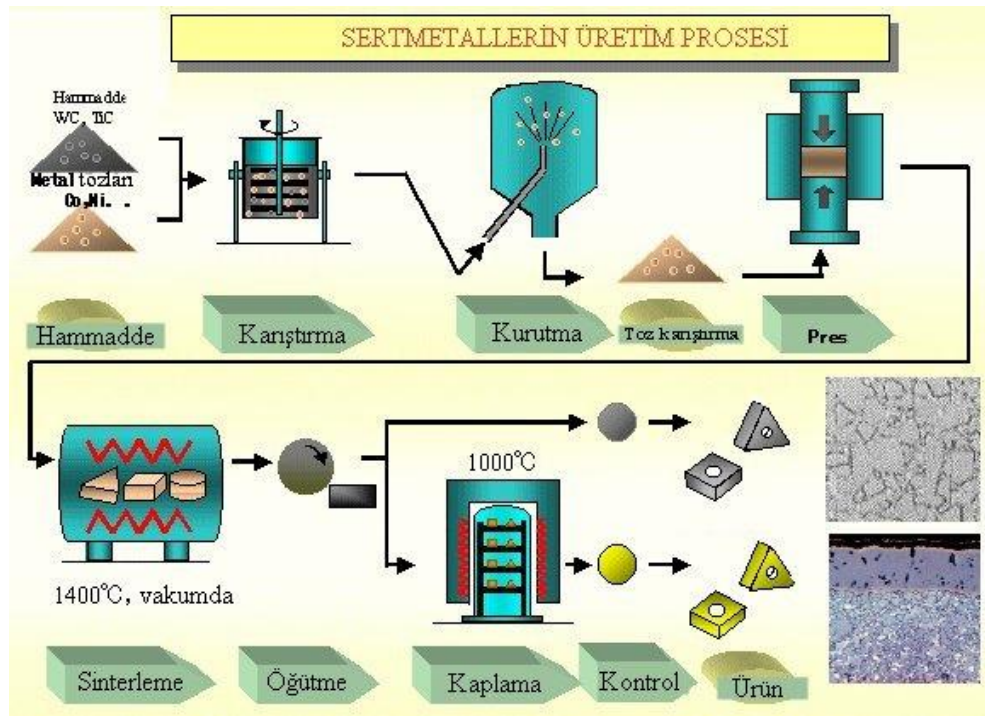
Başka bir çalışmada TiAlN, TiCN, AlTiN, AlCrN, kaplama kalınlıklarına göre kesicilerin aşınma ve termal dayanıklılıklarına bakılmıştır [Kalss et al, 2006].

2. SERT METALLERİN İMALİ VE KESİCİ UÇ SEÇİMİ

2.1. Sert Metallerin İmalı

Sert metaller toz metalurjisi yöntemiyle birbirini takip eden işlemler zinciri ile üretilmektedir. Sert metallerin üretim prosesi Şekil 2.1.'de görülmektedir. Her bir adım ürünün, arzu edilen özelliklere, mikroyapıya ve performansa sahip olması için kontrol edilerek atılır. Bu adımlar;

1. Tungsten karbür tozunun hazırlanması ve maden cevherin işlenmesi
2. Diğer karbür tozlarının hazırlanması
3. Derece derece tozların öğütülerek üretilmesi
4. Tozların sıkıştırılarak birleştirilmesi
5. Sinterleme
6. Sinterleme sonrası şekillendirme [Berker, 2001].



Şekil 2.1. Sert metallerin üretim prosesinde işlem sırasıyla gösterilişi [Berker, 2001].

2.2 Fiziksel Buhar Biriktirme (PVD)

PVD yöntemini CVD, elektrolit kaplama gibi atom transferinin söz konusu olduğu yöntemlerden ayıran en önemli farkı; bileşiklerin kaplanmasında, buhar fazındaki kaplanacak malzemeye ilave olarak ortama verilen reaktif gaz ve ikisi arasındaki reaksiyonun gelişimi, buhar fazının, kaynaktan kaplanacak parça yüzeyine taşınımı, buhar fazının yüzeyde yoğunlaşması; film çekirdeklerinin oluşumu ve gelişimlerinin birbirinden bağımsız olarak kontrol edilebilmesidir. CVD ve elektrolitik kaplama yöntemlerinde ise bu üç aşama birbirine bağlıdır ve bağımsız olarak kontrol edilemezler [Bunshatta, 1980].

PVD tekniği diğer kaplamalar ile kıyaslandığında

- Düşük sıcaklıklarda çalışma (taban metalinin fazla ısınmaması),
- İstenmeyen yönlü birikmenin olmaması (kaplama kalınlığının homojen olması),
- Çevre kirliliğine yol açmaması,
- Kaplanan tabakalarda çok güçlü tutunma kuvvetlerinin oluşması ve yüzeyden pul pul dökülmemesi,
- Çok ince (1-5 μm) kaplama yapılması ve parça toleransının korunması,
- Kompleks geometrik parçaların homojen özellikte kaplanması,
- Köşelerin ve keskin uçların özelliğini kaybetmeden kaplanması,
- Takımların ve kalıpların bilendikten sonra tekrar kaplanması,
- Kaplamaların sökülerek tekrar kaplama yapılması,
- En yaygın ve gelişmeye açık yöntem olması gibi avantajları vardır.

PVD teknikleri üç ana grup altında incelenebilir:

- Buharlaştırma,
- Sıçratma,
- İyon kaplama.

2.3. İyon Kaplama Yöntemi

İyon kaplama yöntemi; oyuk katot deşarjı ve katodik ark kaplama tekniği olarak ikiye ayrılır [Ürgen, 1997]. Kaplanacak malzeme buharlaştırmaya benzer bir yöntemle buharlaştırılır, oluşan buhar, gaz akış deşarjı boyunca taban malzemeye ulaşırken buhar fazındaki atomların enerjileri yükseltilir ve iyonizasyon sağlanır. Kaplanacak malzemeye uygulanan negatif potansiyel uygulama (BIAS) sayesinde ortamdaki iyonlar parçaya doğru yönlendirilir ve hızlandırılır. Kaplama öncesi uygulanan yüksek BIAS voltajı ile hem kaplanacak parçanın yüzeyi temizlenir hem de parça ısıtılmış olur [Smith, 1995].

2.3.1. Katodik Ark

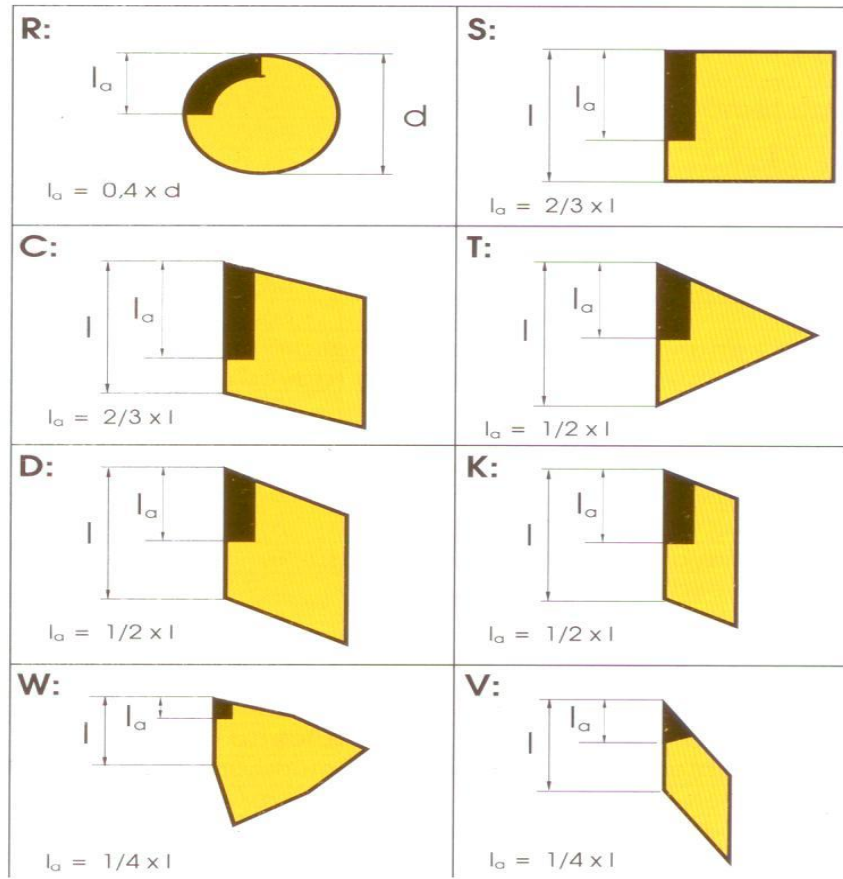
Kaplama malzemesinin vakum ortamında buharlaştırılması esasına dayanır. Kaplama malzemesi (Ti, Cr, TiAlN vs.), vakum ortamında ergitilip buharlaştırılarak, buharlaşan atomların elektro manyetik alan içerisinde matriks malzeme yüzeyine yoğunlaştırılması esasına dayanılır. Bu sistemde vakum kazanı içerisinde kaplama malzemesi katot, matriks malzemesi anot olarak asılı pozisyonundadır. Sisteme uygulanan voltaj (400-500 V) ve yüksek akım değerinin (100-250 A) etkisiyle katot yüzeylerinde ark meydana gelir. Katodun ark oluşturduğu alanlarda sıcaklığın ergime sıcaklıklarında olması (1660°C), Ti elementinin buharlaşmasını sağlar. Matriks malzeme alt kritik sıcaklığının çok altında ısıtılarak (yüksek hız çeliklerinde 400-550°C), anot ve katot arasında elektro manyetik ortam sağlanır. Oluşan TiN atomları, katottan anoda doğru aktif enerjilerini kaybetmeden ilerleyerek, matriks malzeme yüzeylerinde yoğunlaşır. Matriks yüzeye biriken kaplamanın mukavemeti aşağıdaki parametrelere göre değişir.

- Matriks malzemenin yüzey temizliği ve pürüzlülüğü,
- Kaplama sıcaklığı ve uygulanan akım değeri,
- Kaplama tabakasının kimyasal bileşimi ve kalınlığı,
- Vakum ortamının saflığı.

2.4. Mekanik Sıkmalı Uç Büyüklüğünün Seçilmesi

2.4.1. Gerçek Kesme Boyu

Uç açısının, kesme kenarına önemli etkisi vardır. Mekanik kesmeli her uç maksimum kesme derinliğinde çalışabilecek, maksimum gerçek kesme boyuna sahiptir. Uç tipine bağlı olarak kaba tornalama işlemlerinde güvenle çalışılabilecek gerçek kesme boyları (l_a) Şekil 2.2.'de verilmiştir.



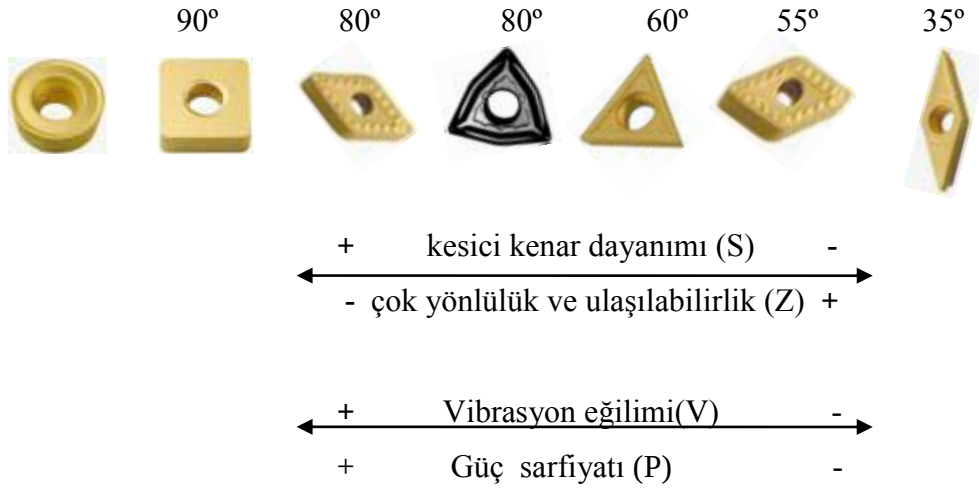
Şekil 2.2. Kesici uçların gerçek kesme boyları.

Kesme derinliği, gerçek kesme boyundan büyükse; ya daha büyük bir uç seçilmeli ya da kesme derinliği azaltılmalıdır. Ağır çalışma koşullarında daha güvenli çalışmak için, daha büyük ya da daha kalın uçlar seçilmelidir.

2.5. Mekanik Sıkmalı Uç Şeklinin Seçilmesi

2.5.1. Mekanik Sıkmalı Uç

Şekil 2.3.'de yuvarlak şekilden, 35° uç açısına kadar kullanımı en yaygın uçlar görülmektedir, okun gösterdiği gibi kesici kenar dayanımı (S), geniş uç açılı uçlara gidildikçe artar, derin noktalara ulaşılabilirlik (Z) ise sağa gidildikçe artar. Vibrasyon eğilimi (V), uç açısı büyüdükçe artmaktadır. Ancak uç açısı küçüldükçe güç sarfıyatı azalmaktadır. Profil veya konik iş parçalarının tornalanmasında, iş parçası ile uç kenarı arasında minimum 2° lik bir serbest açı sağlanmalıdır [Böhler, 2006].



Şekil 2.3. En yaygın kullanılan uçlar ve açıları [Böhler, 2006].

2.5.2. Köşe Radyusu ve İlerleme

Mekanik sıkmalı bir ucun köşe radyusu, kaba tornalama sırasında dayanım ve finiş operasyonlarında yüzey kalitesi üzerinde önemli etkileri vardır. Kaba tornalamada;

- Kesme kenarı dayanımı yüksek olmalıdır. Bu yüzden mümkün olan en küçük uç radyusu seçilmelidir.
- Büyük uç radyusu, yüksek ilerleme değerlerinde çalışmaya olanak tanır.

- Eğer vibasyon riski varsa uç radyusu küçültülmelidir.

Kaba tornalamada kullanılan uç radyusları genellikle 1.2 ve 1.6 mm'dir. Maksimum ilerleme değerleri uç radyusunun üçte ikisine göre hazırlanmıştır. Tablo 2.1'de bu değerler verilmiştir.

Tablo 2.1. Uç radyusuna göre maksimum ilerleme değerleri [Böhler, 2006].

Köşe radyusu (r) mm	0.4	0.8	1.2	1.6	2.4
Tavsiye edilen maksimum ilerleme değeri (fn) mm/devir	0.25-0.35	0.4-0.7	0.5-1.0	0.7-1.3	1.0-1.8

3. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ

Üretimde uygulanan işlemler sonucu, parça yüzeyinde oluşan şekil ve dalgalanma hataları dışında kalan, oldukça düşük ve periyodik olarak tekrarlanan düzensizliklerdir.

Yüzey pürüzlülüğü yüzey kalitesini belirleyen bir parametredir. Yüzey pürüzlülüğü kesme hızı, ilerleme miktarı ve kesme derinliği gibi parametrelere bağlıdır [Puertas et al, 2003].

İş parçasının istenen yüzey kalitesi ve toleranslarda üretilebilmesi büyük ölçüde uç radyusu ve ilerleme değerlerine bağlıdır [Böhler, 2006].

Soğutma sıvısı kullanımı, kesici takımın uç yarıçapı, talaş açısı değerine de bağlıdır. Vibrasyon riski varsa uç radyusu küçültülmelidir, ya da büyük ilerleme değerleri için büyük uç radyusu kullanılmalıdır.

Çalışmamızda yüzey pürüzlülüğü ölçüm değerlerinde, kesici takım aşınmasına bağlı bir etkiyi önlemek için, Bütün kesme işleminde farklı bir kenar kullanılmıştır. Literatürde de kesici takımda meydana gelen aşınmaların yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkili olduğu görülmüştür [Yuan et al, 1996].

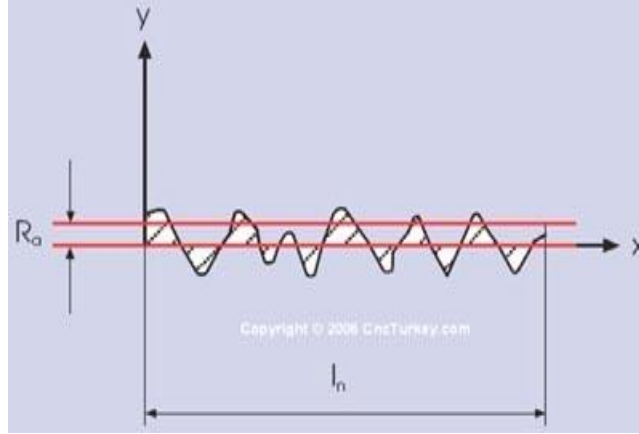
Yüzey kalitesi talaşlı imalatta önemli bir ölçüttür. Kesme hızındaki artışla birlikte yüzey pürüzlülüğünde düzelme görülmektedir. Kesme hızının artırılması literatürde de önerilmektedir [Boothroyd, 1981; Shaw, 1984]

İşlem parametreleri sırasında yüzeyi iyileştirmek için şunlara dikkat etmek gerekir;

- Yüzey kalitesi yüksek kesme hızı ve pozitif talaş açılı uçlar ile arttırılabilir.
- Vibrasyon riski varsa daha küçük radyuslu uçlar seçilmelidir.
- Daha yüksek ilerleme değerleri uyguluyorsak, en az 60° uç açısına sahip iyi

bir kesme kenarı dayanımı olan uçlar kullanmak gerekir.

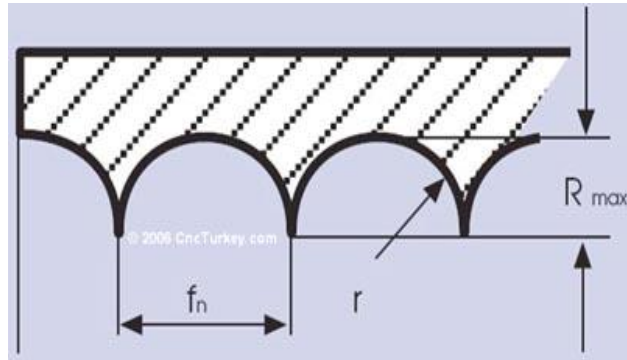
- Yüksek ilerlemede 90° den daha küçük ayar açısı kullanmak gerekir. Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü (R_a), Şekil 3.1.'de görülmektedir.



Şekil 3.1. Ortalama yüzey pürüzlülüğü.

Şekil 3.2.'de, maksimum yüzey pürüzlülüğü, maksimum yüzey pürüzlülüğü değerinin teorik hesabı ve ilerleme değeri hesabı görülmektedir.

a)



b)

$$R_{max} = \frac{f_n^2}{8r} \cdot 1000 \text{ (}\mu\text{m)}$$

c) $f_n = \sqrt{\frac{R_{max} \times 8r}{1000}}$

Şekil 3.2. a) Maksimum yüzey pürüzlülüğü, b) Maksimum yüzey pürüzlülüğü değerinin teorik hesabı, c) İlerleme değerinin hesabı.

R_{max} = Yüzey Pürüzlülüğü

r = Köşe yarıçapı (mm)

f_n = İlerleme (mm/devir)

4. AŞINMA

Aşınma, temas eden ve birbirine göre izafi hareket yapan sürtünme halindeki cisimlerin yüzeylerinde sürtünme etkisiyle oluşan ve istenilmeyen malzeme kaybıdır.

Bir yüzeyden diğer yüzeye malzeme transferi veya malzeme kaybı olarak tanımlanabilir [Holmerg and Matthews, 1994].

4.1. Adhezif Aşınma

Birbirine temas eden cisimlerin gerçek temas yüzeyleri aslında çok çok küçük olduğundan çok küçük yüklerde dahi yüksek basınç altındadırlar. Yapışma aşınması olarak da isimlendirilen bu aşınmada, malzemeler plastik deformasyona uğrayarak birbirine gerçek temas yüzeylerinden mikro kaynak ile bağlanırlar. Bu sırada iki cisim arasında devam eden izafi hareket sonucu kaynak bağı kopar ve sonuçta cismin birinden malzeme eksilmesi oluşur.

Kesici takımlarda görülen en önemli problemlerden biridir. Karbür miktarı homojen dağıtıldığında ve karbürler arası mesafe azaltıldığında adhesif aşınmada azalmalar görülmektedir [Fontalvo et al, 2006].

Diğer bir çalışmada çeliğin sertliğinin artırılması önerilmiştir. Sertleşme sıcaklığını veya temperleme sıcaklığını arttırıp, takımın karbür miktarını homojen dağıtıp, karbür miktarı arttırıldığında aşınmada azalma görülmüştür [Hillskog, 2003].

4.2. Abrazif Aşınma

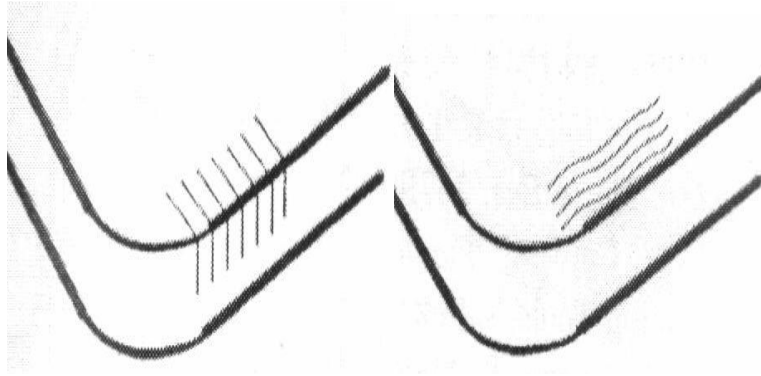
Abrazyon aşınması, birbirine göre izafi hareket yapan iki cisim arasına çevre etkisiyle yabancı sert parçacıkların girmesi ve bu parçacıkların yumuşak yüzeyin şeklini alıp sert yüzeyden malzeme kaldırmasıyla kendini gösteren bir aşınma

türüdür. Sert parçacıklar yumuşak yüzeydede çizik şeklinde aşınmalar meydana getirirler.

4.3. Yorulmalı Aşınma

Yüzeylerde basma ve çekme gerilmelerinin etkisiyle yapıda mikro çatlakların oluşmasıdır. İki tip çatlak oluşur değişken ısı yükleri altında kesme kenarına dik olan ısı çatlakları ve değişken mekanik yükler altında oluşan kesme kenarına paralel mekanik çatlaklar [Bhusman, 1991; Özdemir ve Erten, 2003].

Şekil 4.1.'de mekanik ve ısı çatlakları şematik olarak görülmektedir.

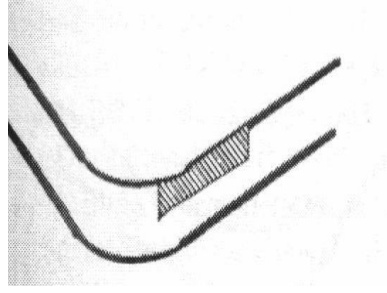


Şekil 4.1. Mekanik ve ısı çatlakları.

4.4. Serbest Yüzey Aşınması

Genellikle kesme kenarlarının abrazyonu ile oluşur. Takımın iş parçası ile temas halinde olduğu yüzeye serbest yüzey buradaki aşınmada serbest yüzey aşınması denir [Özdemir ve Erten, 2003].

Şekil 4.2.'de serbest yüzey aşınması şematik olarak görülmektedir.

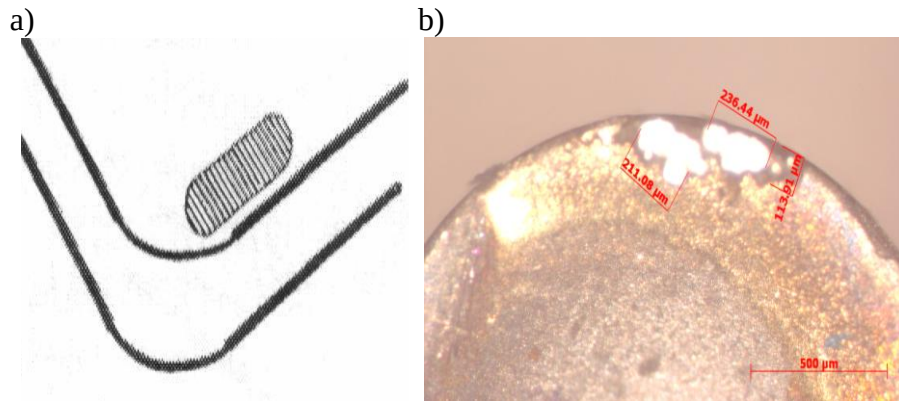


Şekil 4.2. Serbest yüzey aşınması.

4.5. Krater Aşınması

Krater oluşumu takım talaş açısının etkinliğini artırır ve böylece kesme kuvvetleri azalır. Fakat, aşırı krater aşınması kesme kenarlarını zayıflatır ve bu durum takımın deformasyonuna veya kırılmasına yol açar.

Şekil 4.3.'de krater aşınmasının şematik gösterimi ve deneyde tespit edilen krater aşınmasının ölçüleri görülmektedir.

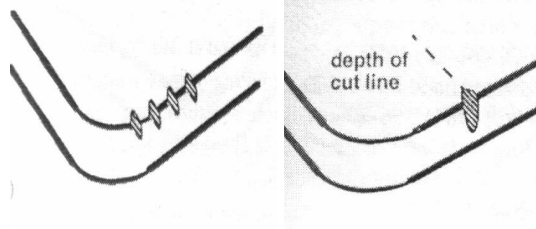


Şekil 4.3. a) Krater aşınması şematik gösterimi, b) Deneysel çalışmadaki krater aşınmasının ölçüleri.

4.6. Çentik Aşınması

Kaba yüzeylerin tornalanmasında kullanılan takımlarda, takım ile işlenmemiş yüzey veya talaş kenarı arasındaki temas noktasında takım yüzeyinde çentik (notch)

aşınması meydana gelir. Aşırı çentik aşınması takımın yeniden bilenmesini zorlaştırır, özellikle seramik takımlarda kırılmaya neden olur [Özdemir ve Erten, 2003]. Şekil 4.4.'de çentik aşınması şematik olarak görülmektedir.



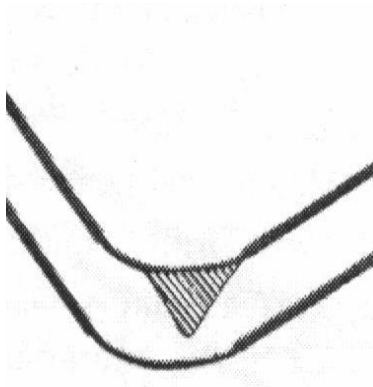
Şekil 4.4. Çentik aşınması.

4.7. Burun Yarıçapı Aşınması

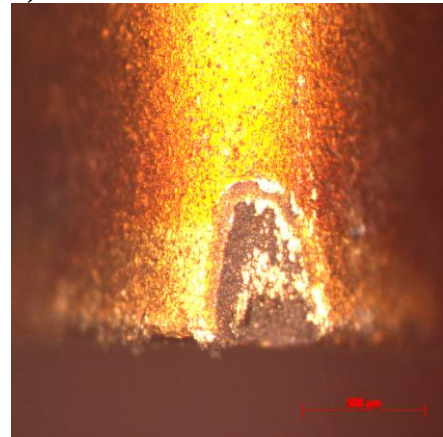
Bu aşınma serbest yüzey ile çentik aşınmasının karışımı gibidir, öncelikle abrazyon ile korozyon ya da oksidasyon nedeniyle oluşur [Özdemir ve Erten, 2003]. Korozyonlu aşınma; temas halindeki yüzeylerin ortamla kimyasal olarak reaksiyona girmesiyle meydana gelen aşınmadır [Bhusman, 1991].

Şekil 4.5.'de burun yarıçapı aşınmasının şematik gösterimi ve deneysel çalışmadaki burun yarıçapı aşınması görülmektedir.

a)



b)

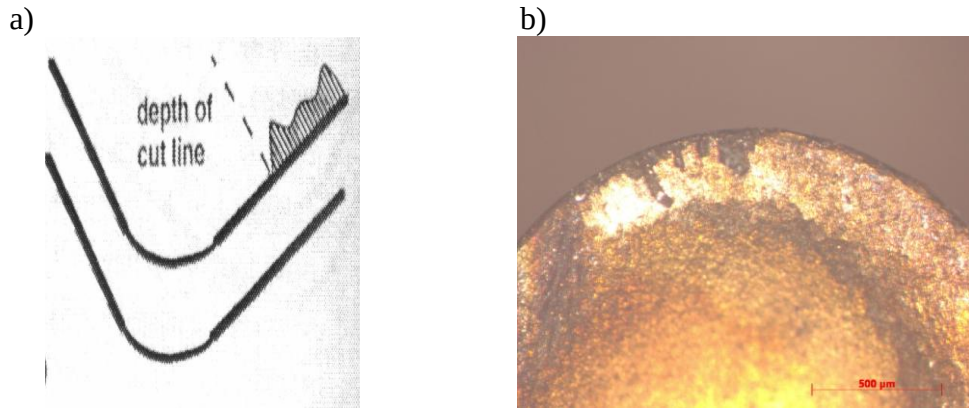


Şekil 4.5. a) Burun yarıçapı aşınması şematik gösterimi, b) Deneysel çalışmadaki

burun yarıçapı aşınması.

4.8. Talaş Vurması

Talaş geriye doğru kıvrıldığında ve kesme kenarından uzakta takım yüzeyine çarptığında oluşur. Takım yüzeyinde çukurcuklar oluşur ve bu durumun devam etmesi halinde takım hasara uğrar. Talaş akış yönünü değiştirmek için dalma açısı, kesme derinliği, ilerleme hızı veya takım burun yarıçapı değiştirilerek talaş vurması önlenabilir [Özdemir ve Erten, 2003]. Şekil 4.6.'da talaş vurması görülmektedir.

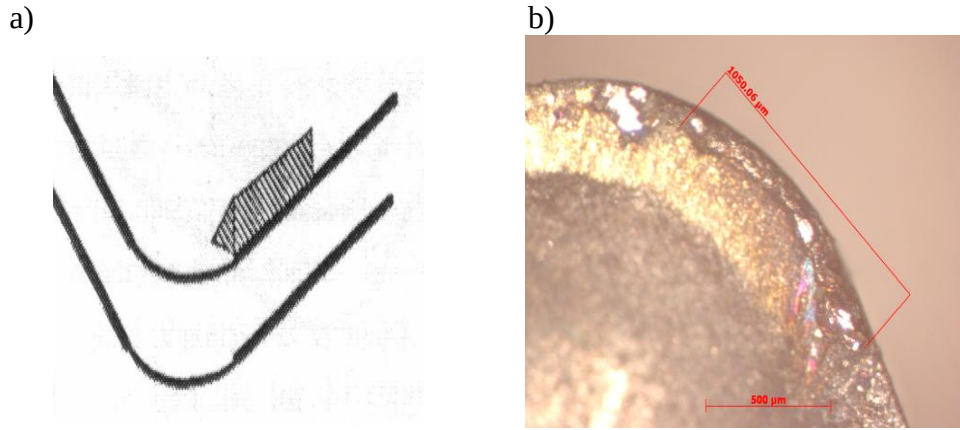


Şekil 4.6. a) Talaş vurması şematik gösterimi, b) Deneysel çalışmadaki talaş vurması.

4.9. Ağız Birikimi Oluşumu (BUE)

Ağız birikimi; işlenen malzemenin kesme kenarlarına çok güçlü yapışmasında, bunların birikmesi ve çıkıntı oluşturmalarıyla meydana gelir. Kesme derinliğini etkilediği için değişken kesme derinliği meydana gelir bu da yüzey pürüzlülüğünü kötü yönde etkiler. İstenmeyen bir özelliktir.

Şekil 4.7.'de BUE şematik olarak ve deneysel çalışmadaki ölçüleriyle görülmektedir.

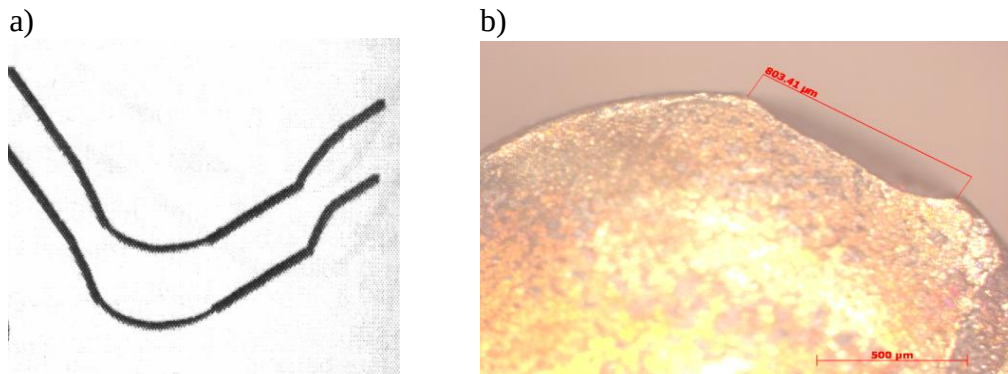


Şekil 4.7. a) Ağız birikimi oluşumu şematik gösterimi, b) Deneysel çalışmadaki ağız birikimi oluşumunun ölçüleri.

4.10. Plastik Deformasyon

Takım ile talaş arasındaki temas alanı üzerinde kesme basınçları takım tarafından desteklenmediğinde, kesme kenarlarında plastik deformasyon olur. Kesme kenarlarının deformasyonu genellikle yüksek kesme kenar kuvvetlerinin olduğu yüksek ilerleme hızlarında veya takım sertliğinin artan kesme hızı ve sıcaklıkla birlikte azaldığı yüksek kesme hızlarında olurur [Özdemir ve Erten, 2003].

Şekil 4.8.'de Plastik deformasyon şematik olarak ve deneysel çalışmadaki ölçüleri ile görülmektedir.

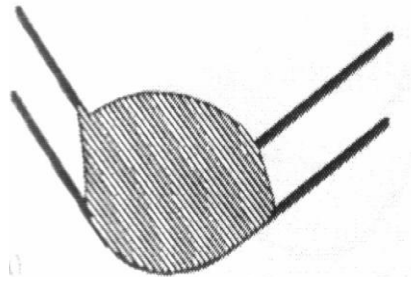


Şekil 4.8. a) Plastik deformasyon şematik gösterimi, b) Deneysel çalışmadaki plastik deformasyon oluşumunun ölçüleri.

4.11. Takımın Kırılması

Yüksek değişken kuvvetler sonucu takımda geriye dönüşü olmayan kopmanın meydana gelmesi olayıdır.

Şekil 4.9.'da takımın kırılması şematik olarak görülmektedir.



Şekil 4.9. Takımın kırılması.

5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

5.1. Deneyde kullanılan numunelerin Spektiral Analizi

Deney çalışmasının ilk aşamasında 50 mm çapında ve 390 mm boyunda 17 adet, 48 mm çapında ve 390 mm boyunda 4 adet, 52 mm çapında ve 390 mm boyunda 2 adet 54 mm çapında 390 mm boyunda 1 adet olmak üzere toplam 24 adet mil kesilmiştir. İşlenecek çelik malzeme AISI 304'tür. Analiz, Spektrolab M5 Optik Emisyon Spektrometre cihazında yapılmıştır. CNC tornada çeşitli parametrelerde yapılacak kesme işlemi için kaplamasız, P10 üçgen uç seçilmiştir. Tablo 5.1.'de çeliğin kimyasal analiz rapor sonuçları verilmiştir.

Tablo 5.1. AISI 304 çeliğin kimyasal analiz raporu.

ELEMENT	%	ELEMENT	%	ELEMENT	%
Karbon (C)	0.05000	Silisyum (Si)	0.36900	Mangan (Mn)	1.15000
Fosfor (P)	0.02110	Kükürt (S)	0.02000	Krom (Cr)	18.16000
Molibden (Mo)	0.34800	Nikel (Ni)	8.34000	Alimünyum (Al)	0.04540
Kobalt (Co)	0.15800	Bakır (Cu)	0.39000	Niobyum (Nb)	0.02790
Titanyum (Ti)	0.01730	Vanadyum (V)	0.05150	Tungsten (W)	0.05370
Demir (Fe)	Kalan				

Kaplama yapılacak P10 kalite sementte karbürlerin ilgili standart olan ISO R513'e göre kimyasal yapısı Tablo 5.2.'de, kullanım alanına göre sınıflandırılması Tablo 5.3.'de verilmiştir.

Tablo 5.2. P10 sementte karbürün kimyasal kompozisyonu [Linen,1980].

STANDART, ISO R 513	KİMYASAL KOMPOZİSYON (% ağırlık)			
ISO NUMARASI	WC	TiC	Ta (Nb) C	Co
P10	69	15	8	8

Tablo 5.3. Kullanım alanına göre sınıflandırılması [Avuncan, 1998].

No	İşlenecek Malzeme	Kullanım ve çalışma şartları
P10	Çelik, çelik döküm	Tornalama, kopyalama, vida dişi açma, frezeleme, yüksek kesme hızları, düşük veya orta büyüklükte ilerleme

5.2. Kaplama İşlemi ve Kaplama Çeşitleri

Bu çalışmada 5 farklı kaplama çeşidi, 2 farklı kalınlıkta kaplanarak, kendi aralarında ve diğer kaplamalarla değişik kesme parametrelerinde kıyaslanmıştır.

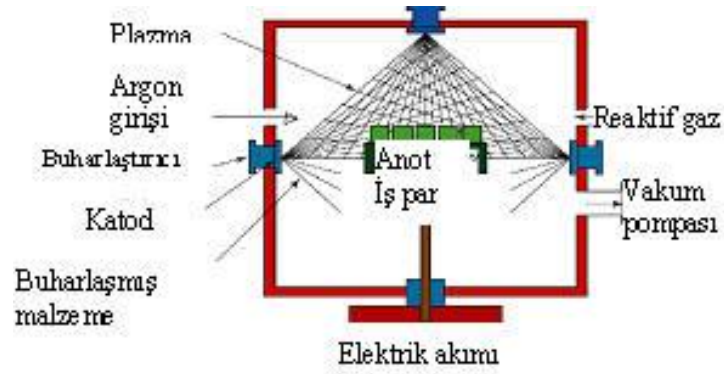
Kesici uçların kaplamaları, kaplama çeşitleri ve özellikleri Tablo 5.4.'de verilmiştir.

Tablo 5.4. Kaplama çeşitleri ve özellikleri.

Kaplama	Kullanım yeri	Kaplama kalınlığı μm	Sertlik (HV)	Oksidasyon sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	Sürtünme Katsayısı	Kaplama Rengi
TiN	Genel amaçlı; döküm, çelik döküm ve çelik malzemelerin talaşlı işleminde kullanılan matkap ucu, azdırma ve kılavuzlarda, medikal uygulamalarda	1-3	2800/3200	500	0.65	Altın sarısı
TiAlN	Titanyum, Nikel alaşımlı, paslanmaz çeliklerin seri üretim talaş kaldırma işlemlerinde	1-4	3000/3400	900	0.70	Bakır Bronz
AlTiN	Bütün talaş kaldırma işlemlerinde, kuru kesmede, kaba ve kalın paso işlemlerinde	1-3	3800/4200	1100	0.60	Siyah Mor
TiAlNC	Bütün talaş kaldırma işlemlerinde, kuru kesmede kaba ve kalın paso işlemlerinde, derin delik matkaplarında, düşük karbonlu malzemeye vida açan kılavuzlarda başarıyla uygulanır. Tok ve ısıya karşı dirençli kaplamadır.	1-3	3000/3200	1100	0.40	Siyah Mor
TiAlNCr	Paslanmaz çelik, döküm ve dökme demir, 30-45 HRC sertlikteki çeliklerin işlenmesinde orta hızlarda ve yüksek ilerleme ile çalışan azdırma freze, fellow, gleason ve bıçakların talaş kaldırma operasyonlarında	2-4	3000	900	0.30	Siyah Mor

Kaplamalı uçlar, TiN ($2.1\ \mu\text{m}$ - $4\ \mu\text{m}$), TiAlN ($2.4\ \mu\text{m}$ - $4\ \mu\text{m}$), AlTiN ($1.3\ \mu\text{m}$ - $2.2\ \mu\text{m}$), TiAlNC ($2\ \mu\text{m}$ - $3.5\ \mu\text{m}$), TiAlNCr ($3\ \mu\text{m}$ - $4.5\ \mu\text{m}$) kalınlıklarında kaplanmışlardır.

Kaplamalar katodik ark PVD yöntemi uygulanarak Şekil 5.1.'deki prosese göre Novatec 12 marka kaplama cihazında yapılmıştır.



Şekil 5.1. Katodik ark PVD yöntemiyle kaplama.

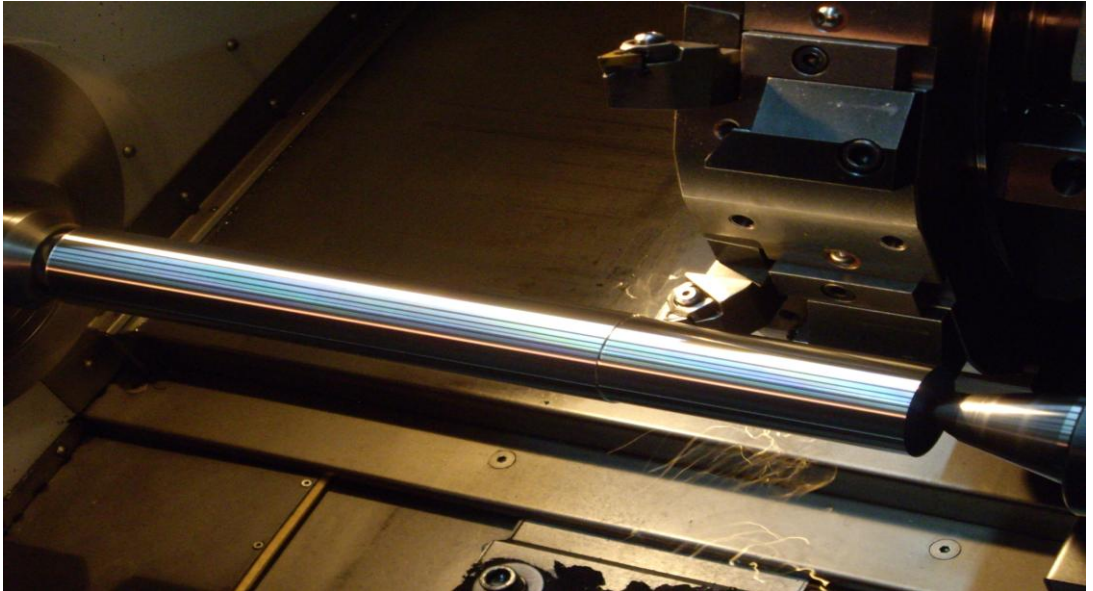
İlk olarak numuneler tablaya yerleştirilir, ortama azot gazı verilir. BIAS voltajı uygulanarak numunelerin ısınma ve temizlenmesi sağlanır. TiN kaplamada katot Ti'dir. AlTiN ve TiAlN'de ise hem Ti hem de Al katot olarak kullanılır. Uygulanan arkın etkisiyle katotlar buharlaşır. Kaplanacak malzemeye ulaşırken buhar fazındaki atomların enerjileri yükseltilir ve iyonizasyon sağlanır. Kaplanacak parçaya uygulanan negatif potansiyel sayesinde iyonlar hızlanır ve parça yüzeyine yapışarak kaplamayı meydana getirirler.

Ark PVD yöntemi, yüksek verim ve yüksek iyon-akım yoğunluğundan dolayı tribolojik uygulamalar için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Malzemelerin tribolojik özelliklerini iyileştirmek için özellikle MoN ile kaplama çalışmaları yapılmıştır ve çok iyi sonuçlar elde edilmiştir. Birçok çalışmada MoN kaplamaların biriktirme işleminde iyi bir yapışma (adhezyon) özelliği gösterdiği bildirilmiştir. [Solak ve ark., 2003; Ürgen ve ark., 1997].

5.3. Deneyde kullanılan CNC Torna Tezgahının Tanıtımı ve Yapılan İşlem Parametreleri

Deneyler CNC torna tezgahında, 48 mm, 50 mm, 52 mm, 54 mm çapında, 390 mm boyunda 24 adet, AISI 304 deney numunesi üzerinde değişik kesme parametreleri uygulanarak yapılmıştır. Her bir deneyde ayrı kesici kenar kullanılarak yüzeyde kesici kenardaki aşınmadan kaynaklanabilecek yüzey pürüzlülüğü etkileri engellenmiştir.

Numuneler, CNC torna tezgahına şekil 5.2.'deki gibi bağlanmıştır. Malzeme üzerinden 1 mm tabaka kaldırılarak malzemenin kendisinden ve bağlanmasından dolayı meydana gelebilecek salgı yok edilmeye çalışılmış, hem de haddelemenin olumsuz etkileri giderilmiştir. Malzemenin salgılı dönmesi, işlerken vuruntu, titreşim ve haddeleme işlemleri, yüzey pürüzlülüğü değerini etkileyecektir [Tekaslan ve ark., 2008].



Şekil 5.2. CNC torna tezgahıyla talaş kaldırma işlemi.

Şekil 5.2. ve Şekil 5.3.'de yakından görüldüğü gibi kesme sıvısından kaynaklanabilecek salgıyı önlemek için kesme işlemi kuru çalışılmıştır.



Şekil 5.3. CNC torna tezgahıyla talaş kaldırma işlemi.

Kullanılan CNC tezgahı Şekil 5.4.'de, özellikleri de Tablo 5.5.'de görülmektedir.



Şekil 5.4. YOU JI CNC torna tezgahı.

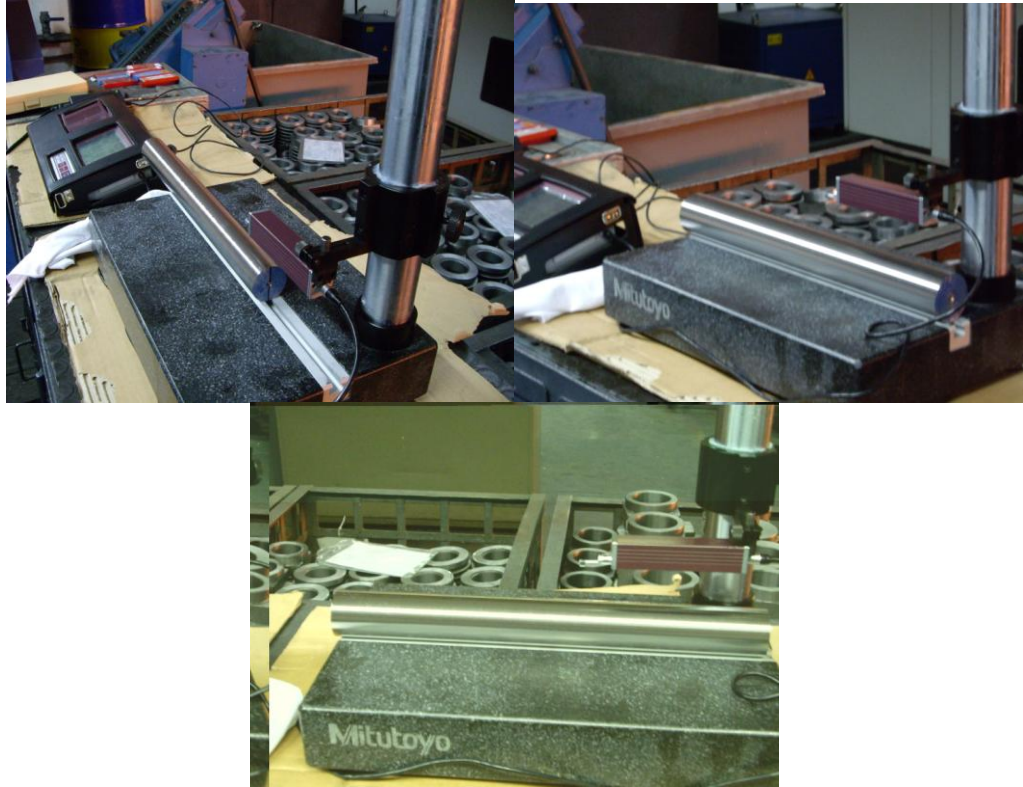
Tablo 5.5. CNC torna tezgahı özellikleri.

YH 28	BİRİMİ	YH28 YH 28L			
Max. Çevirme Çapı	mm	Ø680			
Max. Tornalama Çapı	mm	Ø460			
Max. Tornalama Boyu	mm	560		1060	
Ayna Çapı	inch (mm)	10"	12"	10"	12"
Max. Çubuk İşleme Çapı	mm	Ø75	Ø75	Ø75	Ø75
Fener Mili Devir Aralığı	dev/dak	3500	3000	3500	3000
Eksenli Rapit Hızı(X/Z)	m/dak	20/21			
Eksenli Motor Güçleri (X/Z)	m/dak	3/4			
Fener Mili Motor Gücü	kw	18,5/22 (İp40)			
Karşı Punta Pinolu	Programlı	MT5			
Taret Takım Sayısı	adet	10			
Makine Ağırlığı	kg-f	5500		7000	
Kontrol Ünitesi	FANUC	OİTC			

5.4. Yüzey Pürüzlülük Ölçümleri

Kaplanmış kesici uçlarla, farklı kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliğinde, farklı parametrelerde talaş kaldırma prosesi gerçekleştirilmiştir. Her talaş kaldırma işleminden sonra numunenin yüzey pürüzlülük değerleri (R_a), 6 farklı noktadan ölçülüp ortalama değerleri alınmıştır. Kesicinin aşınmasından kaynaklanan pürüzlülüğü engellemek için her seferinde farklı kenar kullanılmıştır. Numunelerin yüzey pürüzlülükleri Mitutoyo marka Surftest SJ-301 model cihazla ölçülmüştür. Ölçüm aralığı 25mm, yükseklik ayarı opsiyoneldir.

Ölçüm yapılan yüzey pürüzlülük cihazı Şekil 5.5. a, b ve c’de görülmektedir.

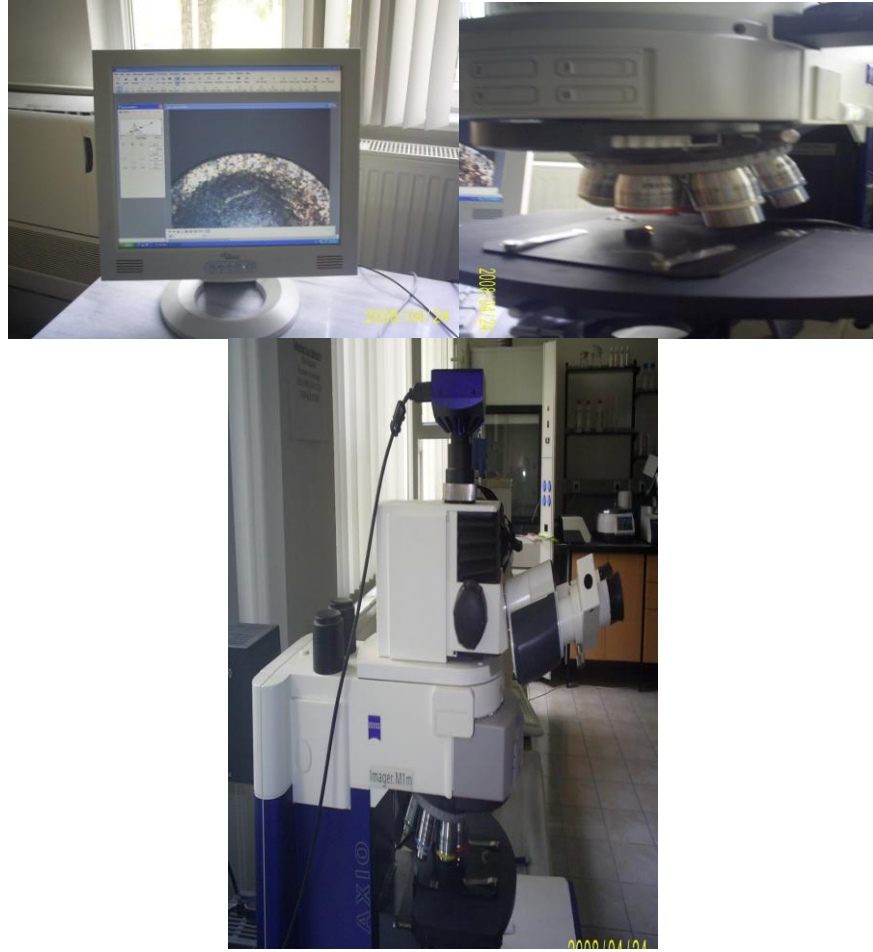


Şekil 5.5. Yüzey pürüzlülük ölçümü.

Literatürdeki çalışmalar, kesici takımın yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkili olduğunu göstermiştir [Yuan et al, 1996].

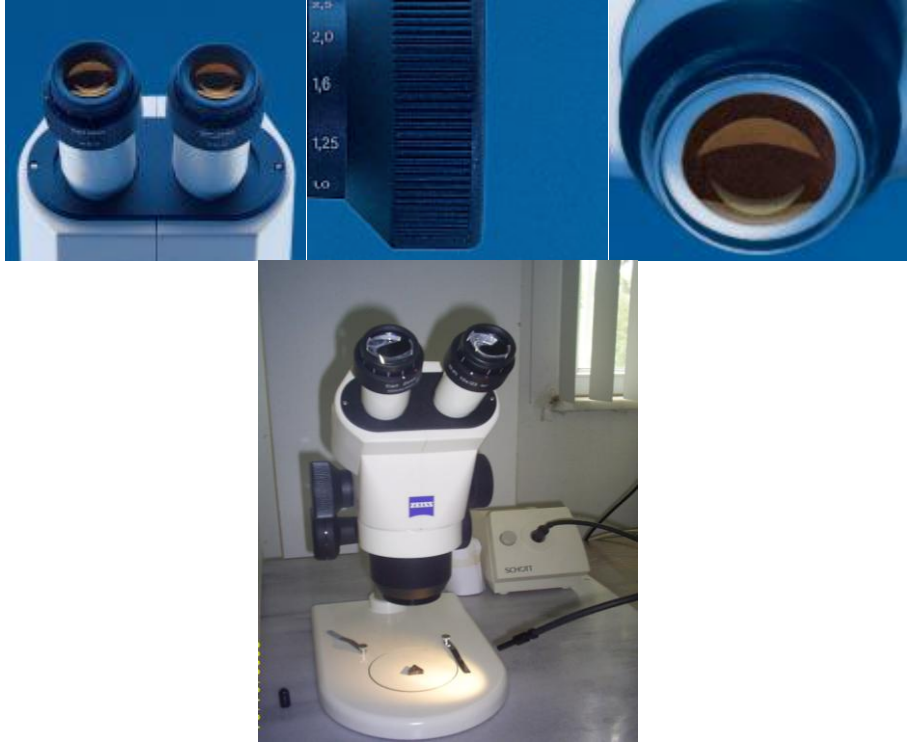
5.5. Takım Aşınma Ölçümleri

Kaplanmış numunelerin aşınma çeşitleri ve aşınma ölçümlerinin tespiti için her bir kaplanmış uç tek tek optik mikroskopta bakılmış ve meydana gelen aşınmalar tespit edilmiştir. Aşınmaların tespiti için Zeiss Marka Stemi 2000 Stereomikroskop ve Şekil 5.6.'da görülen Zeiss Marka Axio Imager Optik mikroskop kullanılmıştır.



Şekil 5.6. Zeiss Axio Imager optik stereomikroskop.

Kesici uçlardaki aşınmalara 5x optik zoom yapılarak bakılmıştır. Takımda meydana gelen aşınmaların bazılarında kırılmamı yoksa plastik deformasyonmu olduğunu ayırt edebilmek için Şekil 5.7.'de görülen üç boyutlu Zeiss Stemi 2000 Stereomikroskop kullanılmıştır. Yapılan işlemler Şekil 5.6. ve Şekil 5.7.'de incelenebilir.



Şekil 5.7. Zeiss Stemi 2000 mikroskop.

6. DENEY SONUÇLARI

6.1. Kaplamasız Uçların Yüzey Pürüzlülük ve Aşınma Ölçümleri

Kaplamasız kesici takımların farklı kesme hızları ve ilerleme değerleri için yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları Tablo 6.1.'de görülmektedir.

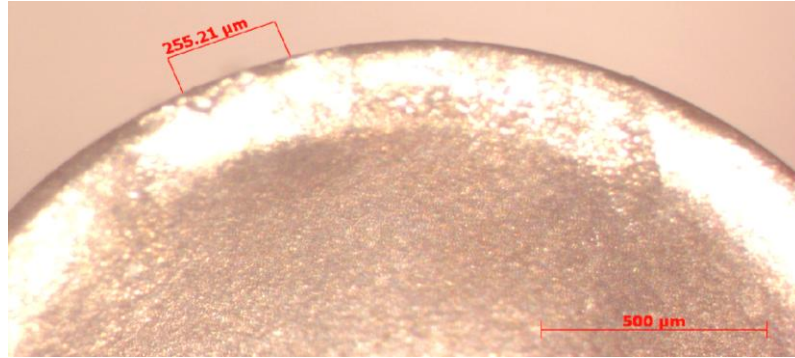
Tablo 6.1. Kaplamasız numunelerin yüzey pürüzlülük değerleri.

AISI 304	İŞLEME ÖLÇÜLERİ Ø x L (mm)	DEVİR (devir/dk)	KESME HIZI (Vc) (m/dk)	TALAŞ DERİNLİĞİ (mm)	İLERLEME DEĞERİ (mm/devir)	YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ DEĞERLERİ (Ra)			Ortalama Ra
1	48x390	764	120	1	0.2	1.60	0.98	1.30	1.26
						1.53	0.85	1.30	
2	46x390	955	150	1	0.2	1.35	1.33	1.24	1.40
						1.34	1.59	1.56	
3	44x390	1146	180	1	0.2	1.53	1.51	1.63	1.50
						1.45	1.41	1.48	
4	42x390	1338	210	1	0.2	0.86	1.05	0.93	0.97
						1.02	0.94	1.01	
5	40x390	764	120	1	0.3	2.17	2.37	2.28	2.31
						2.33	2.36	2.36	
6	38x390	955	150	1	0.3	2.20	2.36	2.22	2.33
						2.39	2.44	2.34	
7	36x390	1146	180	1	0.3	2.34	2.34	2.52	2.32
						2.11	2.32	2.29	
8	34x390	1338	210	1	0.3	1.96	2.21	2.09	2.09
						2.23	2.03	2.03	
9	48x390	764	120	1	0.4	3.81	4.05	4.10	3.98
						3.70	3.73	4.46	
10	46x399	955	150	1	0.4	4.22	3.75	3.47	3.64
						3.51	3.56	3.34	
11	44x390	1146	180	1	0.4	4.05	3.60	4.78	4.33
						4.28	4.25	4.99	
12	42x390	1338	210	1	0.4	4.52	4.25	4.56	4.14
						3.84	3.74	3.94	

Tablo 6.1.'de görüldüğü gibi aynı kesme parametrelerinde, kesme hızı ve devri aynı olsa bile aynı şartlar için ilerlemenin yüzey pürüzlülüğünde en önemli etkenlerden biri olduğu görülmüştür. Benzer bir çalışma da ilerlemenin yüzey pürüzlülüğüne etkisini görmek için yapılan etki testinde, ilerleme hızı etkisinin kesme hızına göre daha fazla olduğu görülmüştür [Boothroyd, 1981].

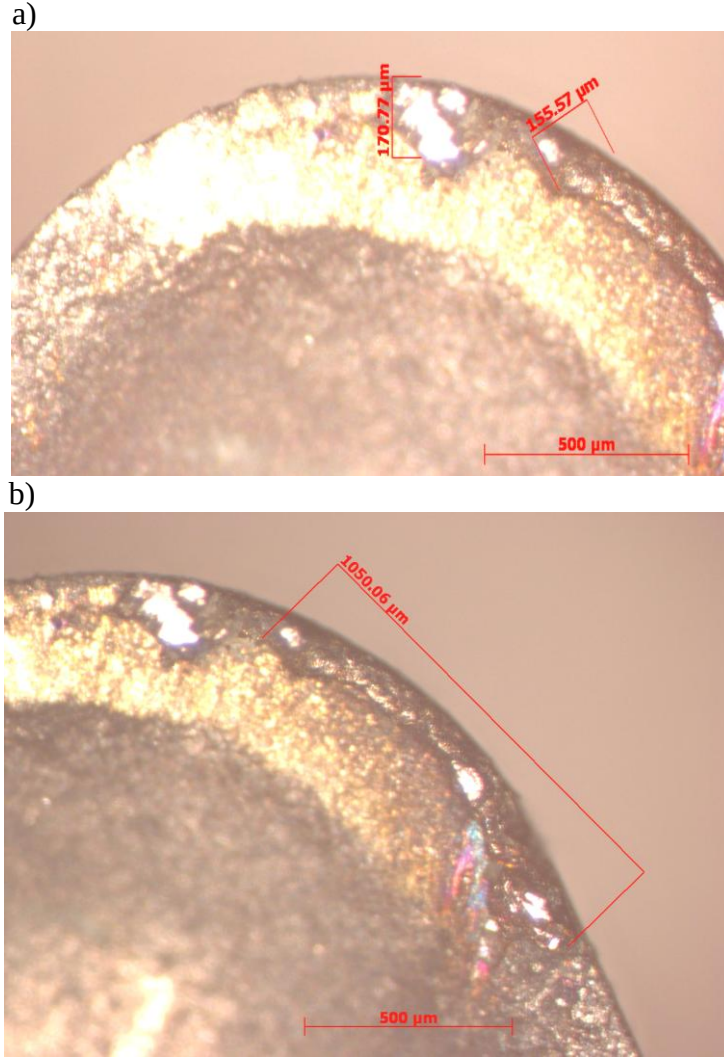
Yapılan bu çalışmada kesme hızı artmasına rağmen bazı durumlarda yüzey pürüzlülüğünde artmalar görülmüştür. Bunun nedeni, takımda BUE oluşumu, yan kenar ve çentik aşınmalarından kaynaklandığı tespit edilmiştir. Oxley tarafından yapılan çalışmada da benzer sonuçlar bulunmuştur [Oxley, 1989].

Şekil 6.1.'de 3 noktadan yapılan ölçümde, sol tarafta ortalama 50 μm eninde ve 255 μm boyunda krater aşınması ve 180 μm genişliğinde talaş yüzeyi aşınması görülmüştür. 764 devir/dk ve 120 m/dak kesme hızında ilerleme 0.2 mm/devir alınmıştır.



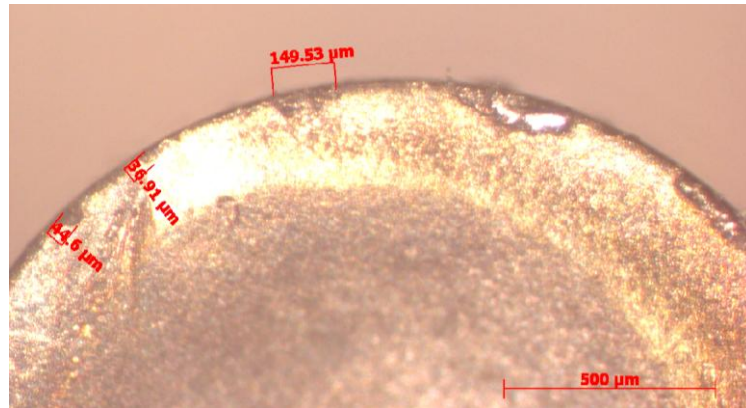
Şekil 6.1. Kaplamasız uç 1. kenar.

Şekil 6.2. a ve b'de ilerleme 0.2 mm/devir olmasına ve hız 150 m/dak'ya çıkarılmasına rağmen yüzey pürüzlülük değeri artmıştır. Bunun nedeni olarak sağ tarafta kenar boyunca gördüğümüz 1050.06 μm uzunluğunda ve 155.57 μm genişliğinde meydana gelen BUE oluşumudur. Ayrıca 170.77 μm genişliğinde krater aşınması ve 100 μm genişliğinde çentik aşınması görülmüştür.



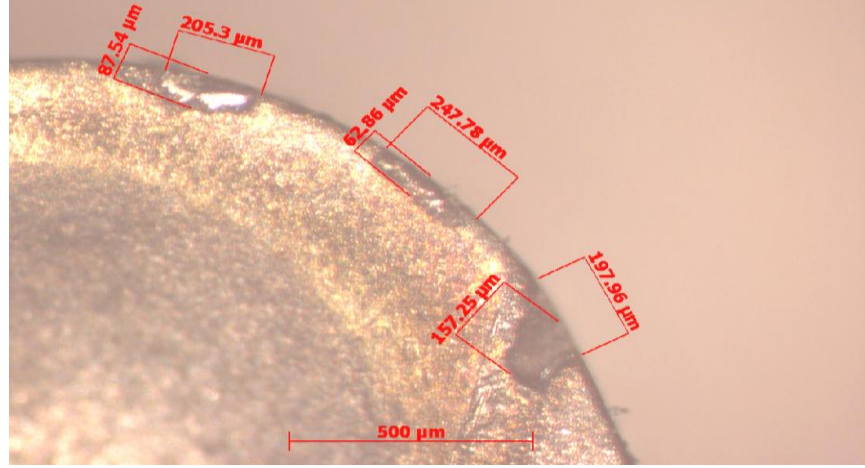
Şekil 6.2. a) Kaplamasız uç 2. kenar, b) Kaplamasız uç sağ 2. kenar.

Şekil 6.3.'de kaplamasız uç 3.kenar görülmektedir. İlerleme 0.2 mm/devir kesme hızı 180 m/dak alınmıştır.



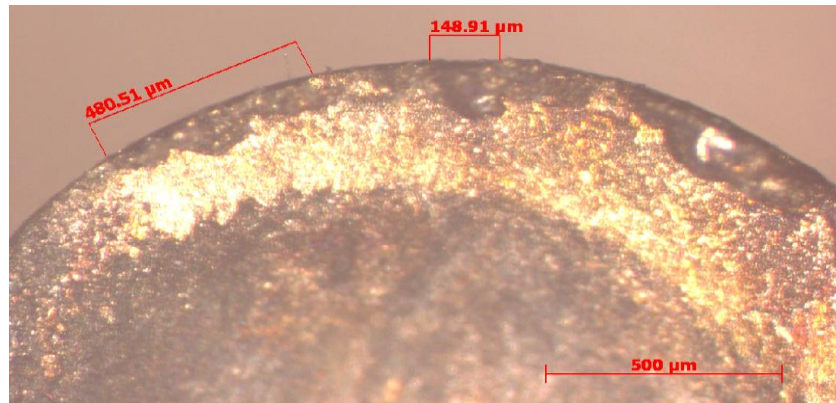
Şekil 6.3. Kaplamasız uç 3. kenar.

Şekil 6.3. ve Şekil 6.4.'de ilerleme 0.2 mm/devir hız 180 m/dak'ya çıkarılmıştır. 44.6 μm ve 36.91 μm çentik aşınması, 186.22 μm genişliğinde talaş yüzeyi aşınması, uç noktada 149.53 μm talaş vurması görülmüştür. İki adet 87.54 μm ve 62.86 μm ölçülerinde krater aşınması ve altta 157.25 μm kopma görülmüştür.



Şekil 6.4. Kaplamasız uç sağ 3. kenar.

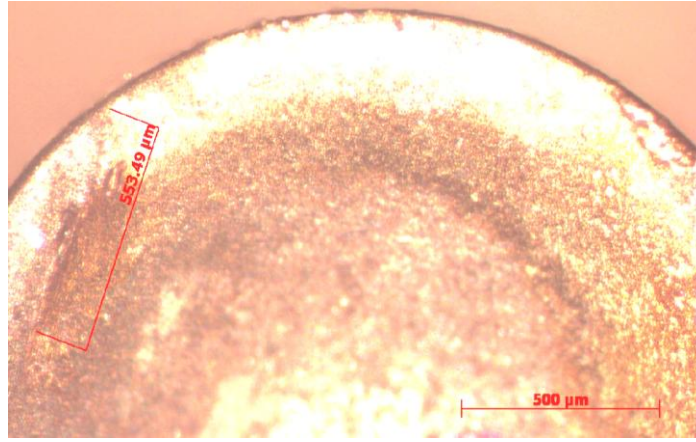
Şekil 6.5. kaplamasız uç 4. kenarda kesme hızı 210 m/dak, ilerleme hızı 0.2 mm/devir alınmıştır. 480 μm talaş vurması, 148 μm ve 534 μm boyunda krater aşınması görülmüştür. Burada krater aşınması olmasına rağmen yüzey pürüzlülüğünde azalma vardır. Krater aşınmasının BUE kadar yüzey pürüzlülüğünde etkili olmadığı şeklinde yorumlanabilir.



Şekil 6.5. Kaplamasız uç 4. kenar.

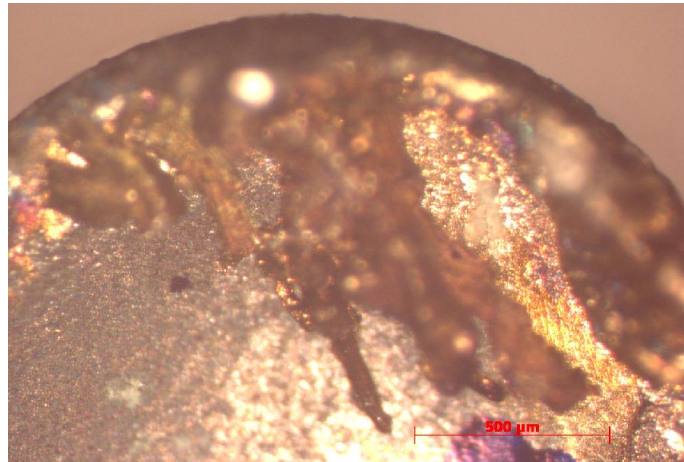
Şekil 6.6.'da 563.49 μm uzunluğunda ısıl değişim, ve sağ tarafta 193 μm kopma, 60 μm çentik aşınması, 213 μm krater aşınması görülmüştür, kesme hızı 1.

kenar gibi 120 m/dak'dır. İlerleme 0.3 mm/devir olarak arttırılmıştır. Yüzey pürüzlülüğündeki artışın, ilerlemeden meydana geldiği tespit edilmiştir.



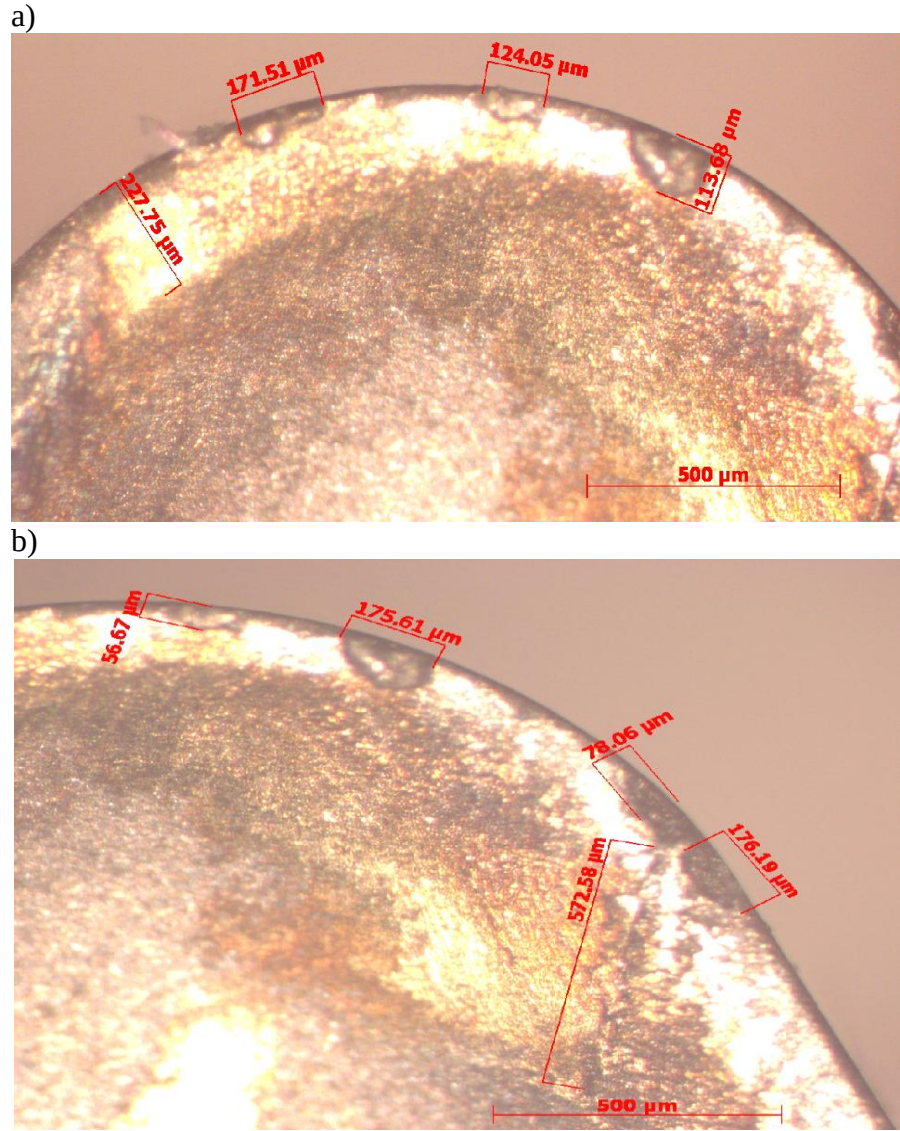
Şekil 6.6. Kaplamasız uç 5. kenar.

Şekil 6.7.'de kesme hızı 150 m/dak, ilerleme hızı 0.3 mm/devir'dir. Yüzey pürüzlülüğü artmış ve talaş sıvanması görülmüştür.



Şekil 6.7. Kaplamasız uç 6. kenar.

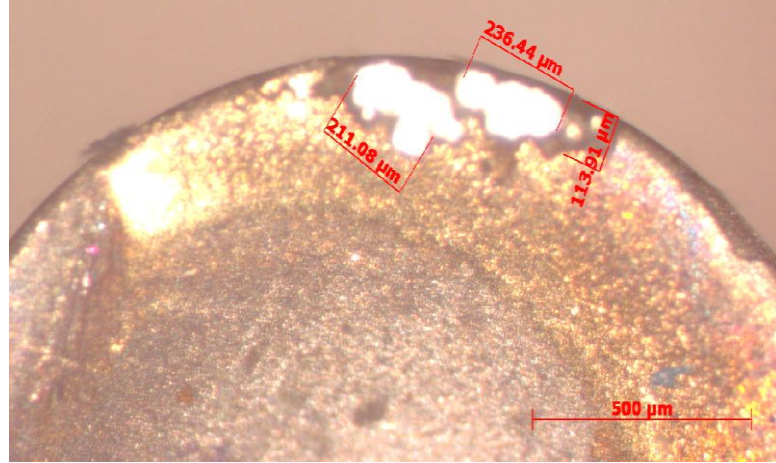
Şekil 6.8. a'da 180 m/dak kesme hızı ve 0.3 mm/devir ilerleme hızında 227.75 µm talaş yüzeyi aşınması, 171.51 µm talaş vurması 113.38 µm ve 124.05 µm krater aşınması görülmüştür. Şekil 6.8. b'de dört adet krater aşınması ve 572.85 µm uzunluğunda ısıl deformasyon görülmektedir. Burada yüzey pürüzlülüğünde çok az da olsa altıncı kenara göre bir azalma olmuştur. İlerleme sabit, hız 150 m/dak'dan 180 m/dak'ya çıkarılmıştır. Dolayısıyla yüzeyin iyileşmesi hızın artmasına bağlıdır.



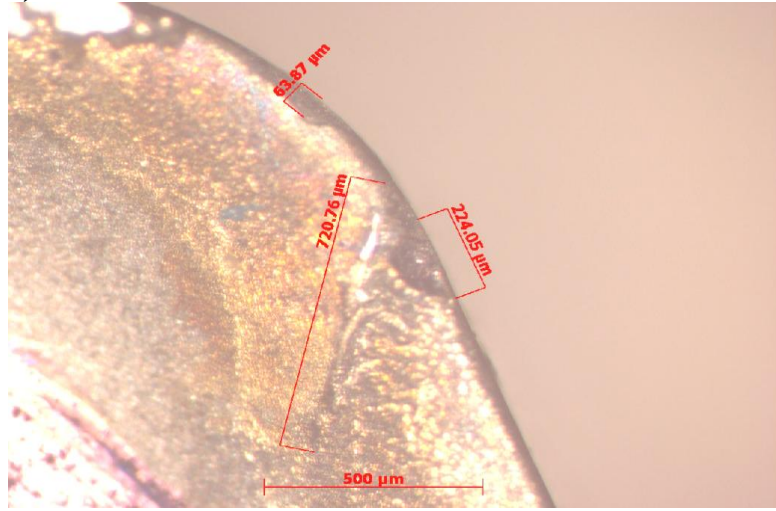
Şekil 6.8. a) Kaplamasız uç 7. kenar, b) Kaplamasız uç sağ 7. kenar.

Şekil 6.9. a'da 210 m/dak kesme hızı ve 0.3 mm/devir ilerleme hızında sol tarafta 222.64 μm genişliğinde talaş yüzeyi aşınması görülmüştür. Ra değeri 2.09'dur. Ra daki düşme aynı şekilde kesme hızının artışına bağlıdır. Sekizinci kenardaki serbest yüzey aşınmasının yedinci kenara göre azaldığı görülmüştür. Şekil 6.8. a'da ölçüleri görülen iki adet krater aşınması görülmüştür. Şekil 6.9. b'de kesici ucun sağ tarafında meydana gelen 720 μm uzunluğunda ısıl deformasyon (mekanik çatlaklar) ve talaş vurması görülmüştür.

a)

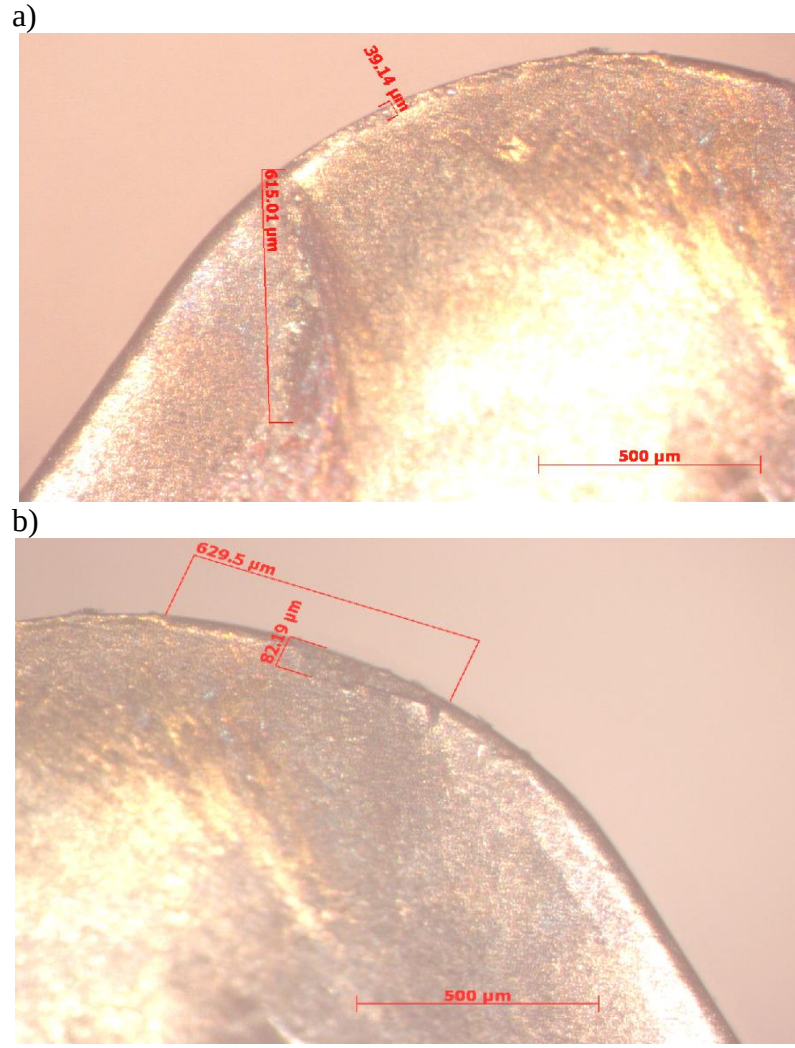


b)



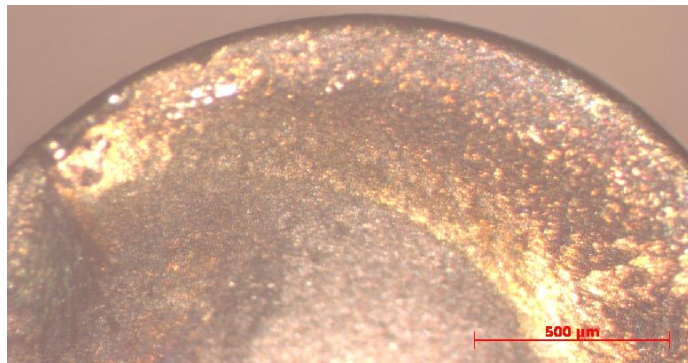
Şekil 6.9. a) Kaplamasız uç 8. kenar, b) Kaplamasız uç sağ 8. kenar.

Şekil 6.10. a ve b’de 120 m/dak kesme hızında ve ilerleme 0.4 mm/devir alınmıştır. İlerlemenin artmasına ve hızın düşmesine bağlı olarak, Ra değerinde ciddi bir artış görülmüştür bu değerler Tablo 6.1’de incelenebilir. Şekil 6.10. a’da krater aşınması ve 39 µm çentik aşınması, Şekil 6.10. b’de ise BUE görülmüştür.



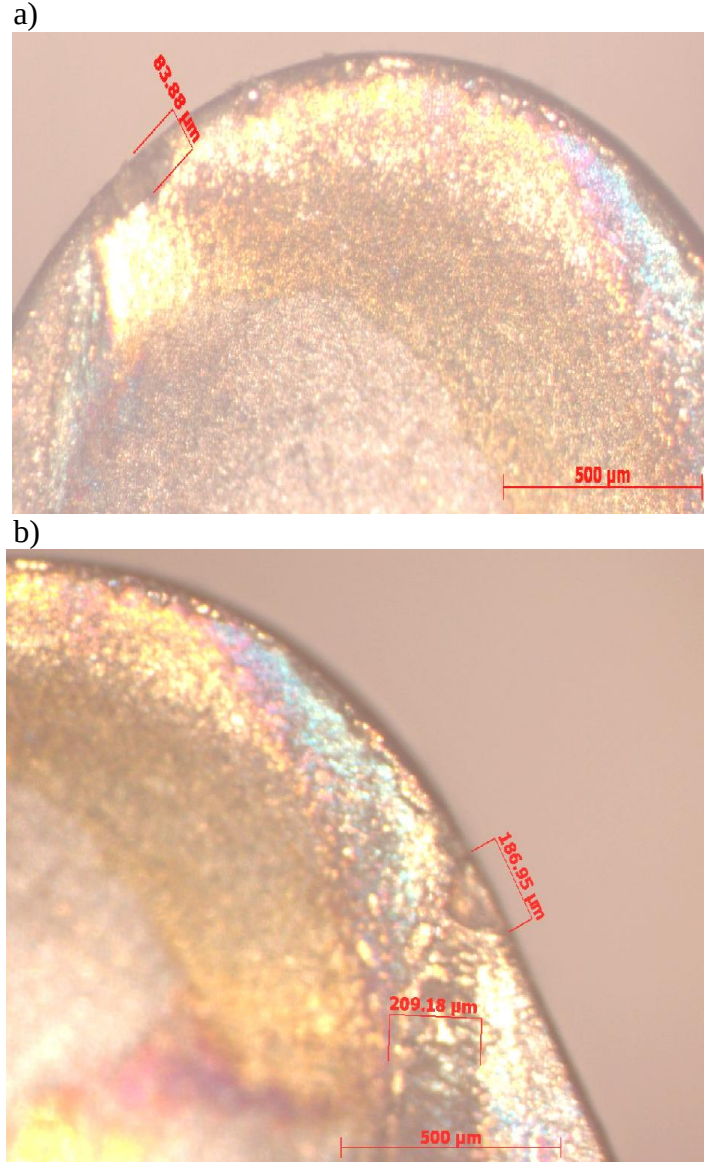
Şekil 6.10. a) Kaplamasız uç sol 9. kenar, b) Kaplamasız uç sağ 9. kenar.

Şekil 6.11.'de 150 m/dak kesme hızı ve 0.4 mm/devir ilerleme değerleri için 538 μm boyunda krater aşınması ve 260 μm boyunda, 82 μm genişliğinde krater aşınması görülmüştür.



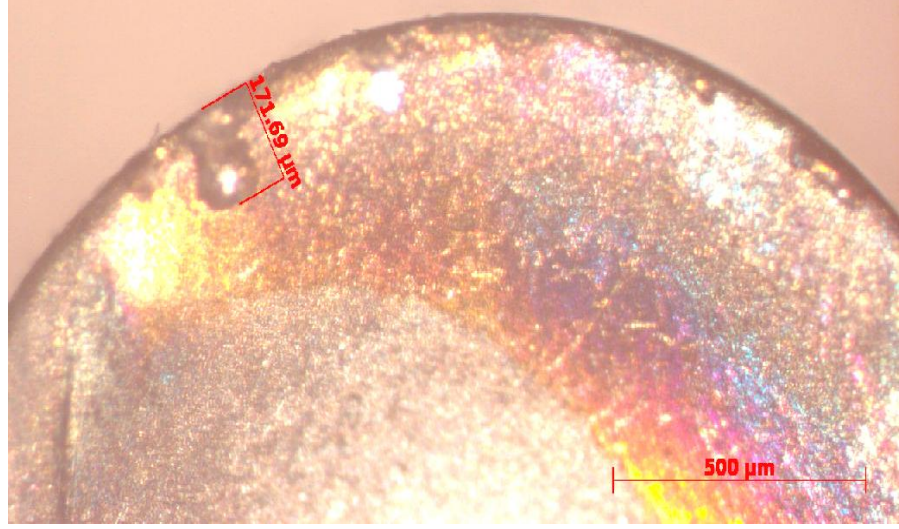
Şekil 6.11. Kaplamasız uç 10. kenar.

Şekil 6.12. a ve b’de kesme hızı 180 m/dak ve ilerleme 0.4 mm/devir alınmıştır. 506 μm uzunluğunda sol tarafta ısıl deformasyon, 121 μm genişliğinde talaş yüzeyi aşınması, 83 μm genişliğinde ve 160 μm boyunda talaş vurması görülmüştür. Ayrıca ısıl deformasyon, 186 μm çentik ve 209 μm krater aşınması Şekil 6.12. b’de görülmektedir.



Şekil 6.12. a) Kaplamasız uç 11. kenar, b) Kaplamasız uç sağ 11. kenar.

Şekil 6.13.’de kesme hızı 210 m/dak ve ilerleme 0.4 mm/devir alınmıştır. Talaş vurması ve ölçüsü şekilde görülmektedir, beyaz kısım 30 μm çapında krater aşınması, sol tarafta çizgi şeklinde 457 μm uzunluğunda krater aşınması görülmüştür.



Şekil 6.13. Kaplamasız uç 12. kenar.

Kaplamalı, kaplamasız bütün kesici uçlarda görülen aşınma bölgelerinde, birkaç noktadan ölçüm yapılarak ortalama değerleri alınmıştır. Bu sonuçların detaylı karşılaştırmaları sonuç bölümündeki Tablo 7’de incelenebilir.

6.2. AlTiN 1.3 μm ve 2.2 μm Kaplamanın Yüzey Pürüzlülük ve Aşınma Ölçümleri

Tablo 6.2.'de AlTiN 1.3 μm ve Tablo 6.3.'de AlTiN 2.2 μm kaplama kalınlığındaki numunelerin, altı noktadan yapılan yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları ve ortalama yüzey pürüzlülük değerleri görülmektedir.

Tablo 6.2. AlTiN 1.3 μm kalınlığındaki numunelerin ölçüm değerleri.

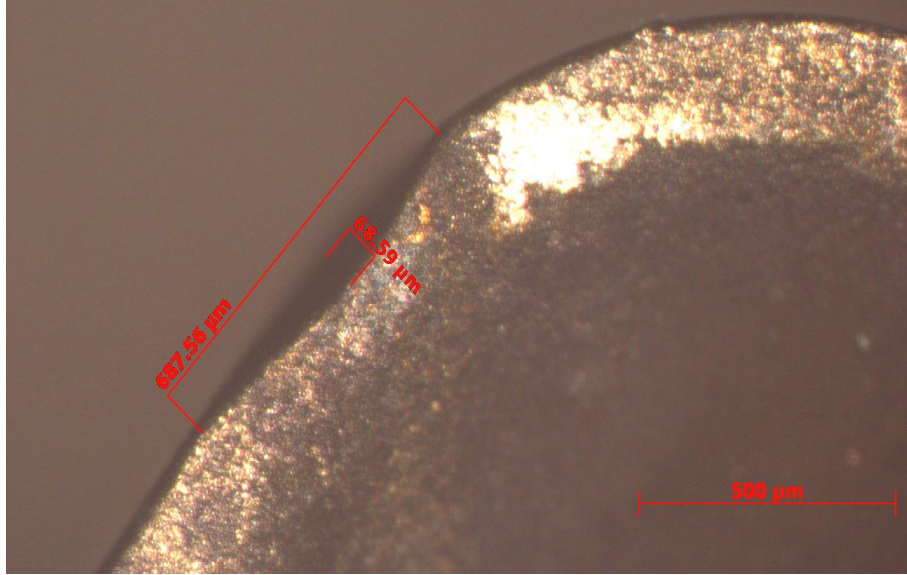
AISI 304	İŞLEME ÖLÇÜLERİ ØxL (mm)	DEVİR (devir/dk)	KESME HIZI (Vc) (m/dk)	TALAŞ DERİNLİĞİ (mm)	İLERLEME DEĞERİ (mm/devir)	YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ DEĞERLERİ (Ra)			Ortalama Ra
1	48x390	764	120	1	0.2	1.36	1.25	1.46	1.42
						1.57	1.50	1.37	
2	46x390	955	150	1	0.2	0.91	0.87	0.98	0.93
						0.97	1.04	0.80	
3	44x390	1146	180	1	0.2	1.36	1.12	1.09	1.20
						1.29	1.27	1.07	
4	42x390	1338	210	1	0.2	1.05	1.03	0.90	1.05
						1.06	1.12	1.12	
5	40x390	764	120	1	0.3	2.41	2.32	2.27	2.35
						2.32	2.29	2.46	
6	38x390	955	150	1	0.3	2.65	2.63	2.89	2.62
						2.47	2.54	2.55	
7	36x390	1146	180	1	0.3	2.58	2.63	2.56	2.55
						2.43	2.43	2.65	
8	34x390	1338	210	1	0.3	2.35	2.55	2.21	2.33
						2.30	2.33	2.21	
9	48x390	764	120	1	0.4	3.90	3.77	3.61	3.78
						3.93	3.65	3.84	
10	46x399	955	150	1	0.4	4.34	4.30	4.38	4.43
						4.34	4.61	4.61	
11	44x390	1146	180	1	0.4	4.18	4.18	4.02	4.19
						4.12	4.25	4.37	
12	42x390	1338	210	1	0.4	3.80	3.67	3.52	3.71
						3.69	3.87	3.71	

Tablo 6.3. AlTiN 2.2 µm kalınlığındaki numunelerin ölçüm değerleri.

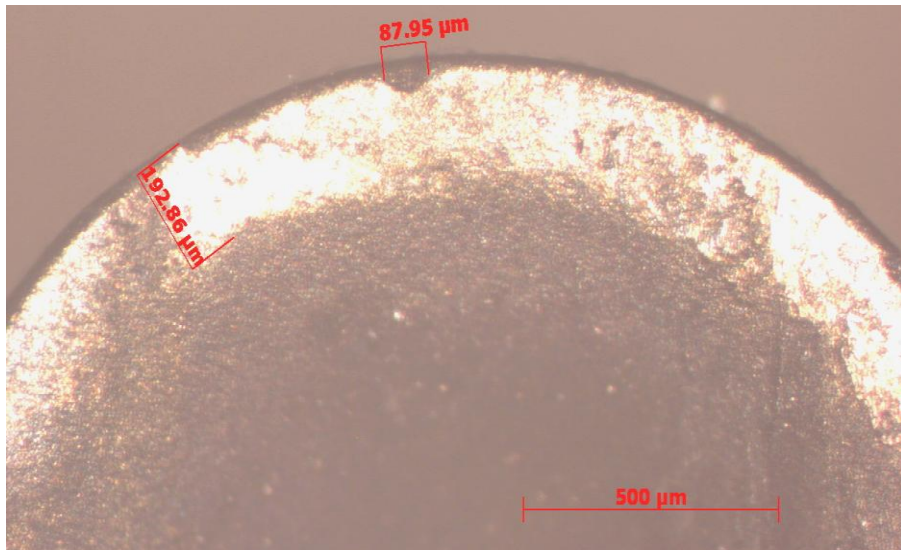
AISI 304	İŞLEME ÖLÇÜLERİ QxL (mm)	DEVİR (devir/dk)	KESME HIZI (Vc) (m/dk)	TALAŞ DERİNLİĞİ (mm)	İLERLEME DEĞERİ (mm/devir)	YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ DEĞERLERİ (Ra)			Ortalama Ra
1	50x390	764	120	1	0.2	1.30	1.05	1.10	1.16
						1.21	1.18	1.09	
2	48x390	955	150	1	0.2	1.45	1.39	1.36	1.37
						1.18	1.29	1.53	
3	46x390	1146	180	1	0.2	1.16	0.83	0.98	1.05
						1.20	1.06	1.04	
4	44x390	1338	210	1	0.2	1.19	1.23	1.05	1.14
						1.12	1.17	1.05	
5	42x390	764	120	1	0.3	2.14	1.96	1.93	2.04
						2.20	2.13	1.89	
6	40x390	955	150	1	0.3	2.05	2.05	2.00	2.12
						2.36	2.16	2.11	
7	38x390	1146	180	1	0.3	2.73	2.43	2.57	2.62
						2.74	2.48	2.78	
8	36x390	1338	210	1	0.3	2.34	2.33	2.35	2.35
						2.24	2.31	2.54	
9	50x390	764	120	1	0.4	4.05	4.08	4.11	4.09
						4.16	4.11	4.04	
10	48x399	955	150	1	0.4	4.01	3.93	4.17	4.06
						4.02	4.13	4.07	
11	46x390	1146	180	1	0.4	3.98	4.00	3.95	3.98
						3.97	4.06	3.93	
12	44x390	1338	210	1	0.4	3.64	3.86	3.55	3.59
						3.53	3.45	3.52	

Şekil 6.14. ve Şekil 6.15.'de kesme hızı 120 m/dak ilerleme değeri 0.2 mm/devir alınmıştır. Aynı kesme şartlarında AlTiN 1.3 µm'de sol tarafta plastik deformasyon görülmüştür. Kaplama kalınlığı ince olmasına rağmen aynı şartlarda Ra değeri 1.42 çıkmıştır. AlTiN 2.2 µm'nin ise 1.16'dır. Ra AlTiN 1.3 µm > Ra AlTiN

2.2 μm olmasının plastik deformasyondan kaynaklandığı söylenebilir. AlTiN 2.2 μm 'de ortalama 191 μm genişliğinde talaş yüzeyi aşınması 87 μm boyunda ve 38 μm derinliğinde çentik aşınması görülmüştür.



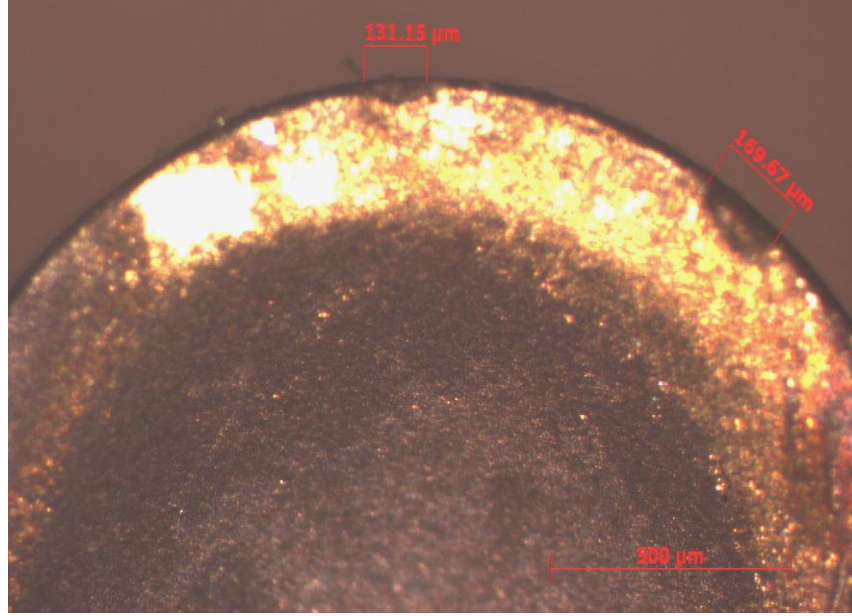
Şekil 6.14. AlTiN 1.3 μm 1. kenar.



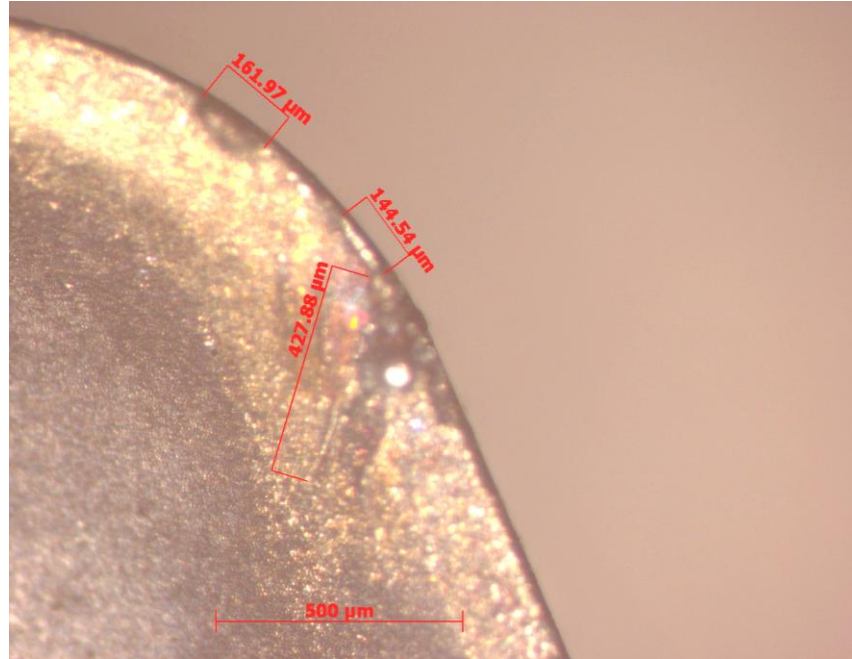
Şekil 6.15. AlTiN 2.2 μm 1. kenar.

Şekil 6.16. a ve b'de AlTiN 1.3 μm 2. kenar görülmektedir. Kesme hızı 150 m/dak, ilerleme 0.2 mm/devir alınmıştır. 170 μm talaş yüzeyi aşınması, 131 μm 169 μm ve 161 μm genişliğinde üç adet krater aşınması görülmüştür. Ayrıca 427 μm krater aşınması ve krater aşınmasının başlangıç noktasında da talaş vurması tespit edilmiştir.

a)

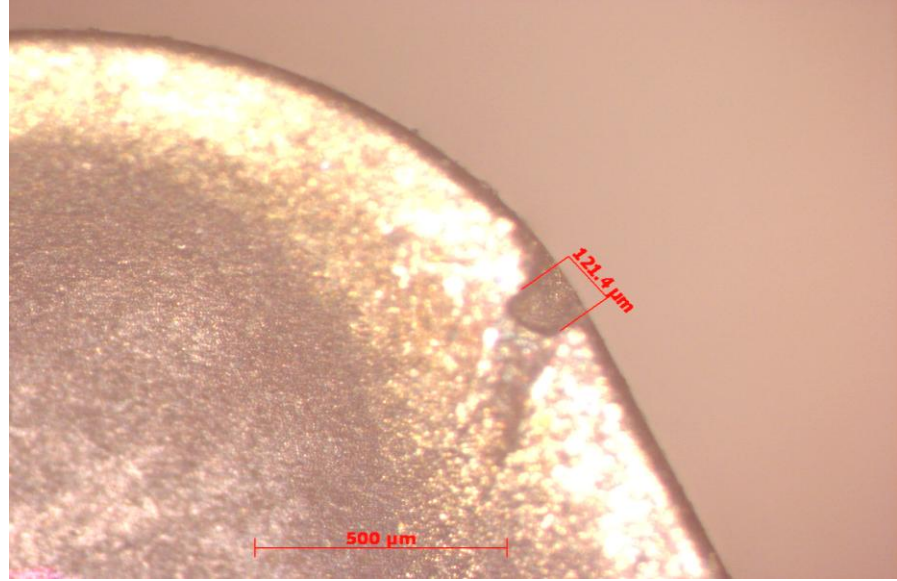


b)



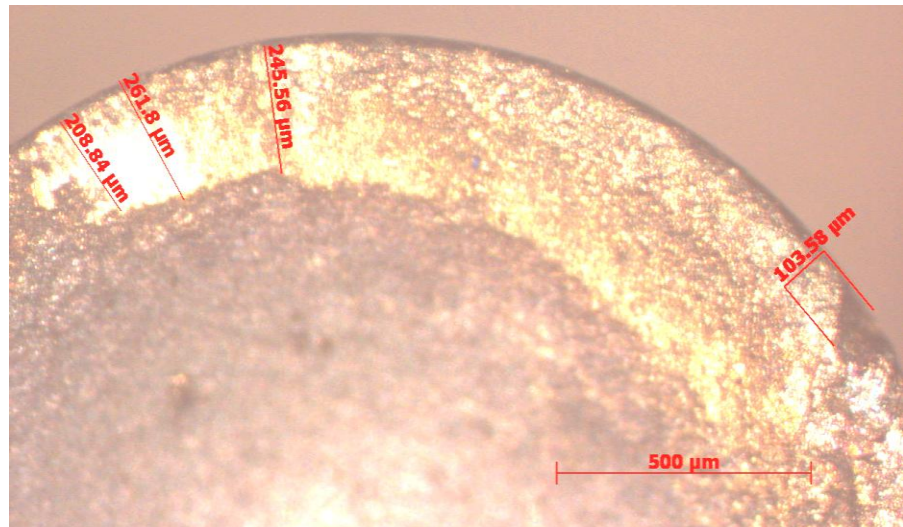
Şekil 6.16. a) AlTiN 1.3 µm 2. kenar, b) AlTiN 1.3 µm sağ 2. kenar.

Şekil 6.17.'de AlTiN 2.2 µm 2. kenar görülmektedir. Kesme hızı 150 m/dak, ilerleme 0.2 mm/devir alınmıştır. Ortalama 219 µm talaş yüzeyi aşınması, 121 µm krater aşınması görülmüştür.

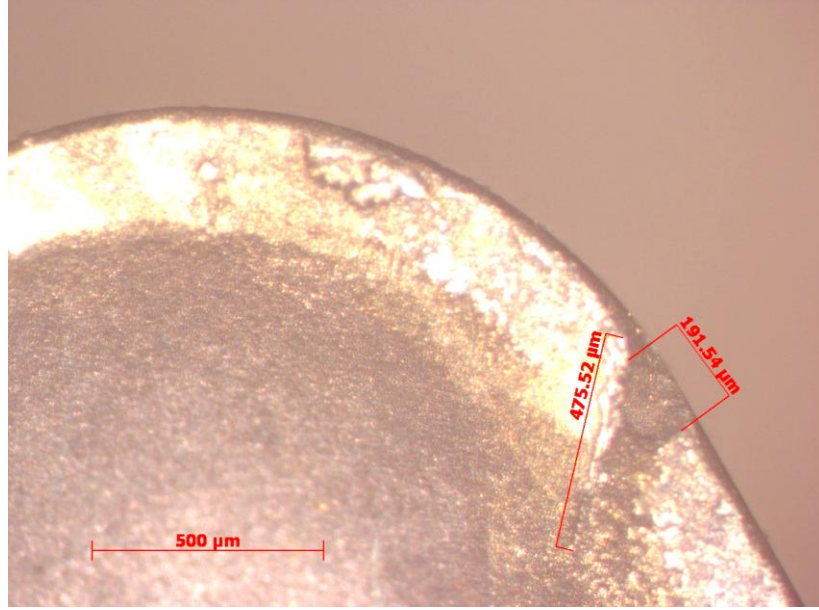


Şekil 6.17. AlTiN 2.2 µm 2. kenar.

Şekil 6.18. ve Şekil 6.19'da kesme hızı 180 m/dak, ilerleme 0.2 mm/devir alınmıştır. AlTiN 1.3 µm'de 238 µm talaş yüzeyi aşınması, 103 µm genişliğinde çentik aşınması görülmüştür. AlTiN 2.2 µm'de 475 µm boyunda, 191 µm genişliğinde krater aşınması ve 204 µm genişliğinde talaş yüzeyi aşınması tespit edilmiştir. AlTiN 1.3 µm > Ra AlTiN 2.2 µm çıkmıştır. İnce kaplamalarda pürüzlülük değerinin daha düşük olması beklenmektedir. Bu nedenle AlTiN 1.3 µm'de meydana gelen çentik aşınmasının, talaş vurmasına göre yüzey pürüzlülüğünde daha etkili olduğu tespit edilmiştir.

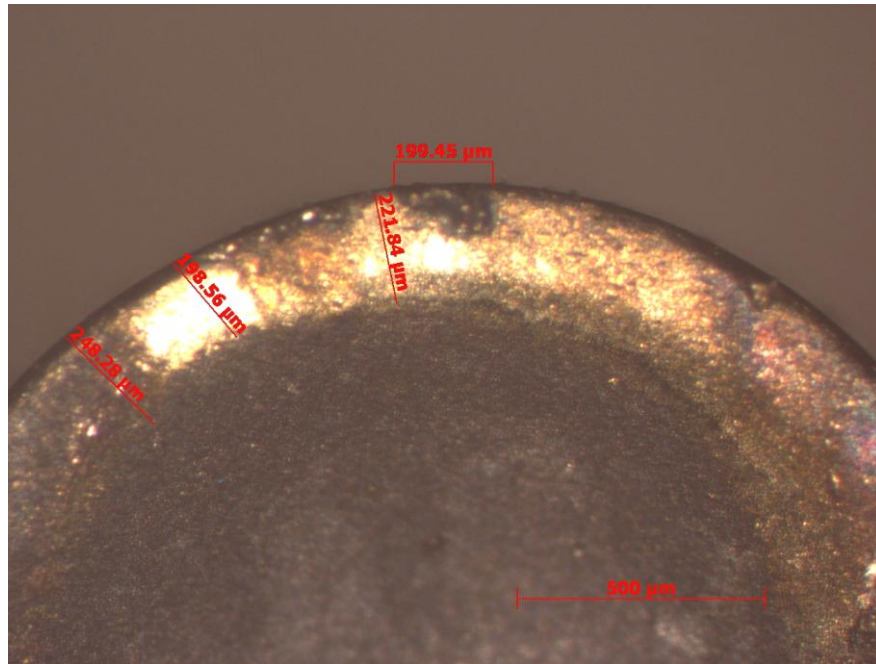


Şekil 6.18. AlTiN 1.3 µm 3. kenar.

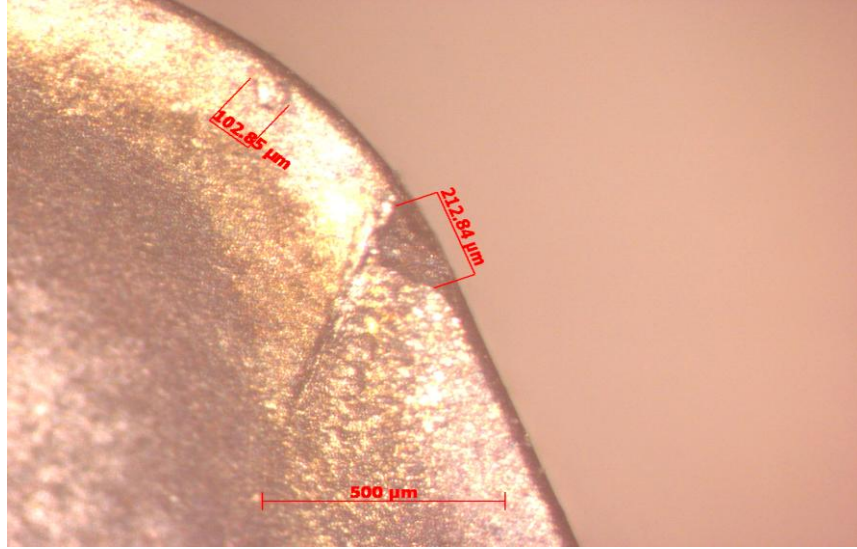


Şekil 6.19. AlTiN 2.2 μm 3. kenar.

Şekil 6.20. ve Şekil 6.21’de kesme hızı 210 m/dak, ilerleme 0.2 mm/devir alınmıştır. Aynı işlem parametrelerinde AlTiN 1.3 μm’de 147 μm talaş yüzeyi aşınması, 159 μm talaş vurması, 109 μm genişliğinde ve 199 μm boyunda krater aşınması, AlTiN 2.2 μm’de 212 μm çentik aşınması ve 102 μm krater aşınması ve 198 μm talaş yüzeyi aşınması görülmüştür.

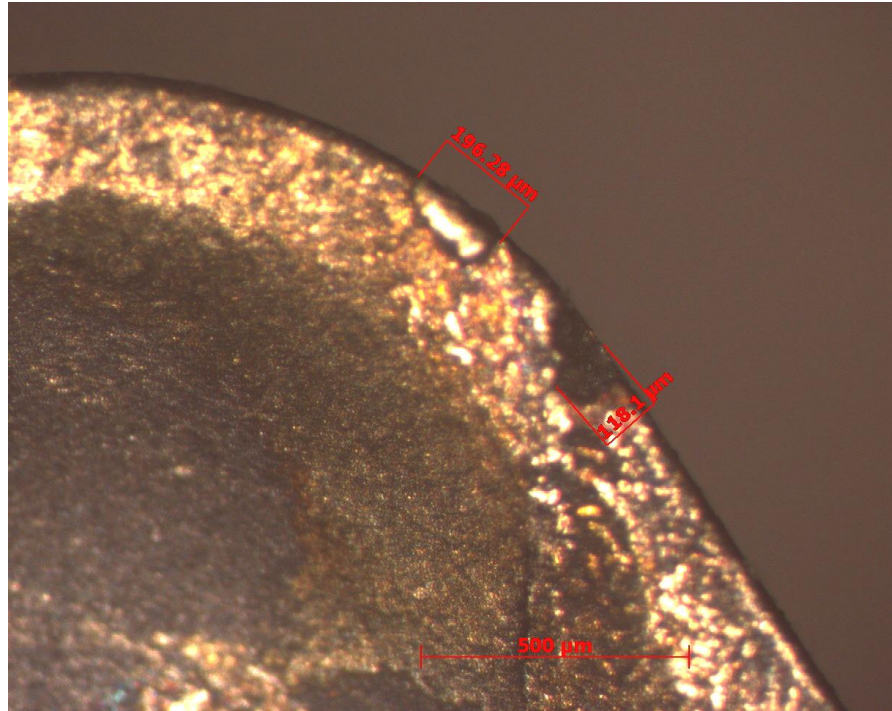


Şekil 6.20. AlTiN 1.3 μm 4. kenar.

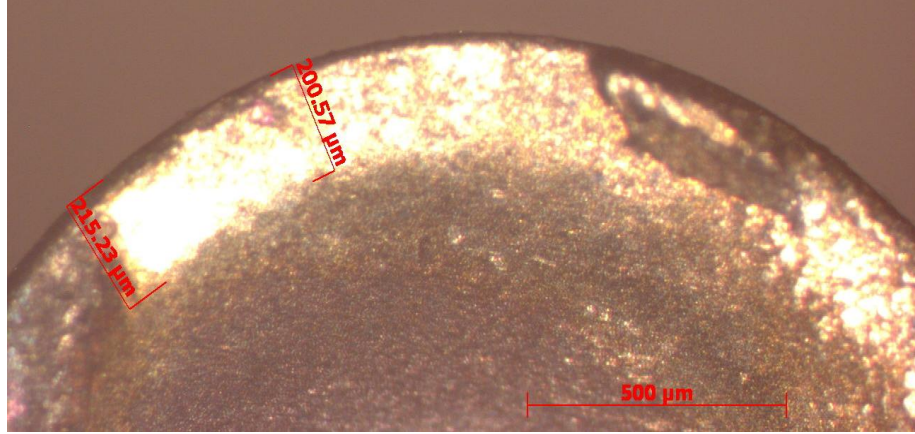


Şekil 6.21. AlTiN 2.2 µm 4. kenar.

Şekil 6.22. ve Şekil 6.23.'de kesme hızı 120 m/dak, ilerleme 0.3 mm/devir alınmıştır. Üç noktadan yapılan ölçüm sonunda, AlTiN 1.3 µm'de 239 µm talaş yüzeyi aşınması, 118 µm talaş vurması, 196 µm boyunda krater aşınması tespit edilmiştir. AlTiN 2.2 µm'de ortalama 204 µm talaş yüzeyi aşınması ve 442 µm BUE görülmüştür.

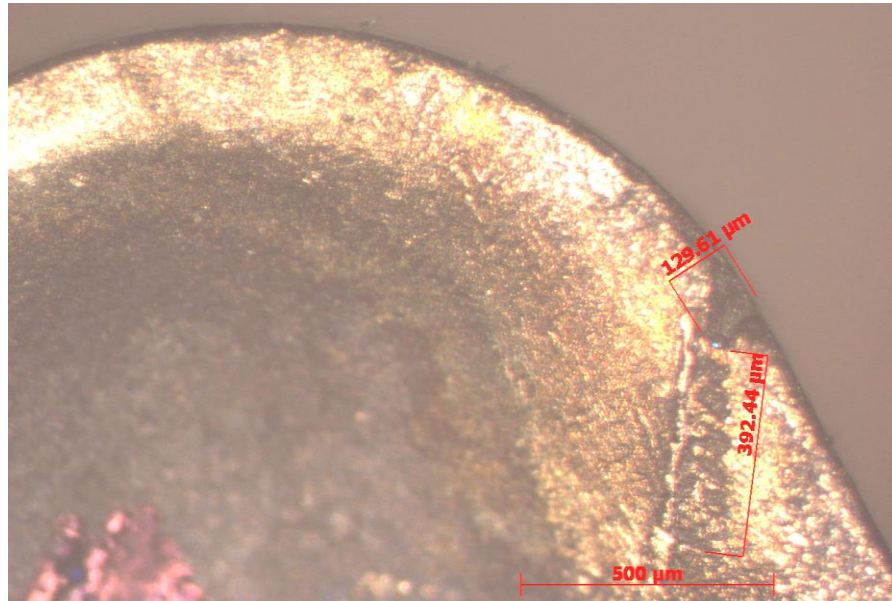


Şekil 6.22. AlTiN 1.3 µm 5. kenar.



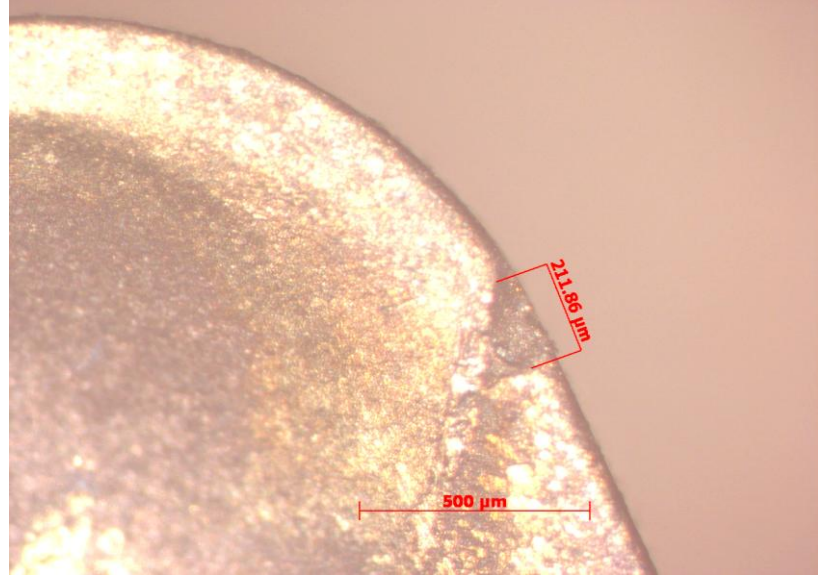
Şekil 6.23. AlTiN 2.2 µm 5. kenar.

Şekil 6.24.'de AlTiN 1.3 µm 6. kenar görülmektedir. Kesme hızı 150 m/dak, ilerleme 0.3 mm/devir alınmıştır. Üç noktadan yapılan ölçüm sonunda, 199 µm talaş yüzeyi aşınması, 129 µm genişliğinde, 392 µm boyunda 2 çeşit krater aşınması tespit edilmiştir.



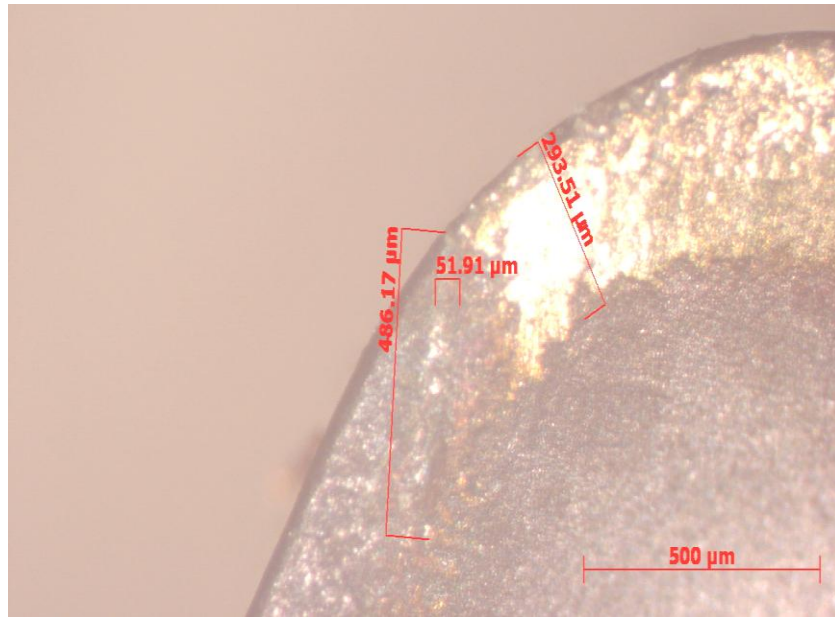
Şekil 6.24. AlTiN 1.3 µm 6. kenar.

Şekil 6.25.'de AlTiN 2.2 µm 6. kenar görülmektedir. Kesme hızı 150 m/dak, ilerleme 0.3 mm/devir alınmıştır. Üç noktadan yapılan ölçüm sonunda, 215 µm talaş yüzeyi aşınması, 211 µm krater aşınması, 398 µm boyunda krater aşınması tespit edilmiştir.



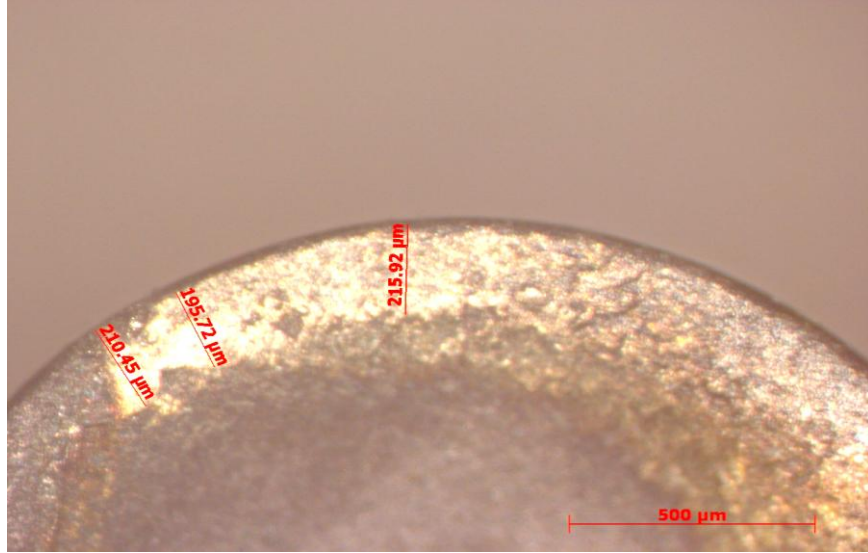
Şekil 6.25. AlTiN 2.2 µm 6. kenar.

Şekil 6.26.'da AlTiN 1.3 µm 7. kenar görülmektedir. Kesme hızı 180 m/dak, ilerleme 0.3 mm/devir alınmıştır. Ortalama 270 µm talaş yüzeyi aşınması, 486 µm boyunda, ve 51 µm genişliğinde krater aşınması görülmüştür.



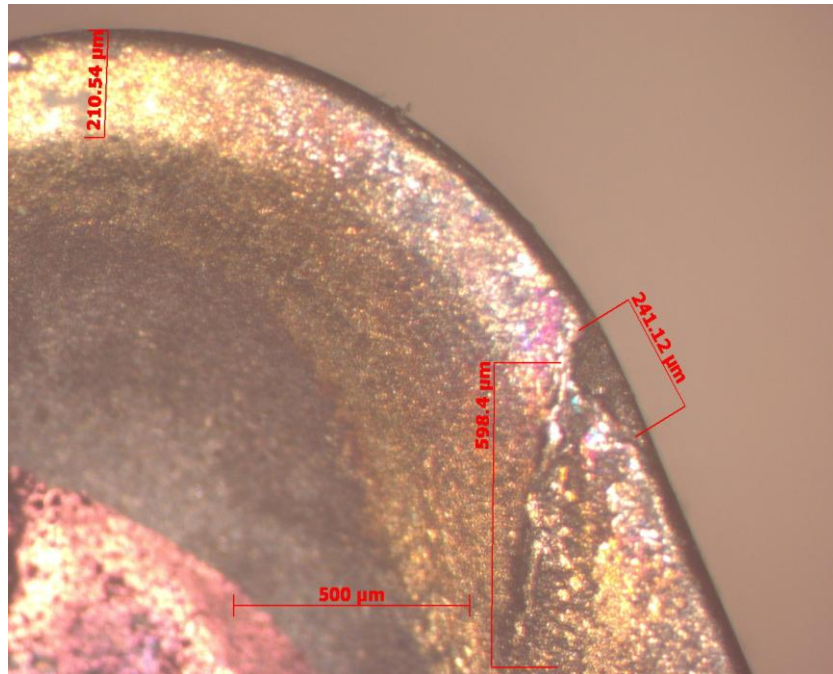
Şekil 6.26. AlTiN 1.3 µm 7. kenar.

Şekil 6.27.'de AlTiN 2.2 µm 7. kenar görülmektedir. Kesme hızı 180 m/dak, ilerleme 0.3 mm/devir alınmıştır. Üç noktadan yapılan ölçüm sonucunda 205 µm genişliğinde talaş yüzeyi aşınması görülmüştür.



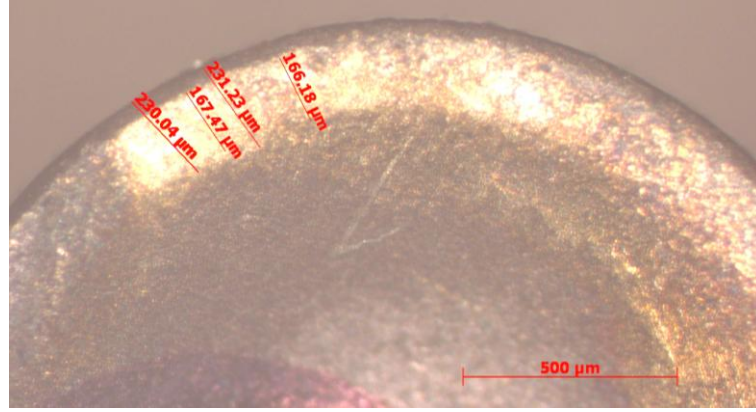
Şekil 6.27. AlTiN 2.2 µm 7. kenar.

Şekil 6.28.'de AlTiN 1.3 µm 8. kenar görülmektedir. Kesme hızı 210 m/dak, ilerleme 0.3 mm/devir alınmıştır. Ortalama 205 µm talaş yüzeyi aşınması, 598 µm boyunda ve 241 µm genişliğinde krater aşınması görülmüştür.



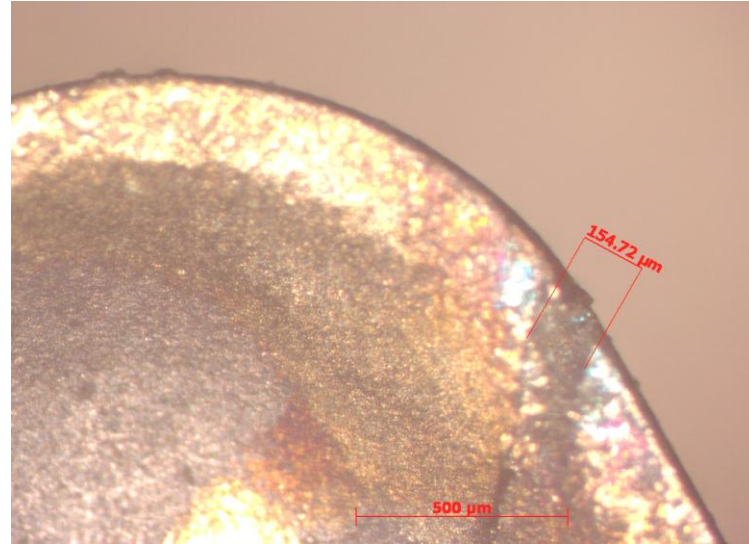
Şekil 6.28. AlTiN 1.3 µm 8. kenar.

Şekil 6.29.'da kesme hızı 210 m/dak, ilerleme 0.3 mm/devir alınmıştır. 198 µm genişliğinde talaş yüzeyi aşınması görülmüştür.



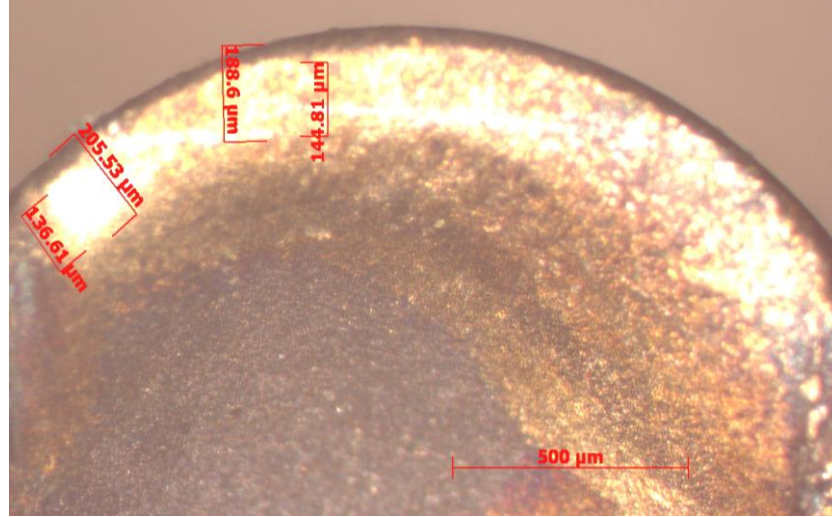
Şekil 6.29. AlTiN 2.2 µm 8. kenar.

Şekil 6.30.'da AlTiN 1.3 µm 9.kenar görülmektedir. Kesme hızı 120 m/dak, ilerleme 0.4 mm/devir alınmıştır. Ortalama 195 µm talaş yüzeyi aşınması, 590 µm boyunda, 154 µm genişliğinde krater aşınması görülmüştür. AlTiN 2.2 µm'de çok küçük bir kısımda 176 µm talaş yüzeyi aşınması görülmüştür. Kesici uçta ciddi bir aşınma görülmemesine rağmen, Ra 4.09 ölçülmüştür. Burada literatürde de belirtildiği gibi ilerlemenin pürüzlülük değerine etkisi görülmüştür.



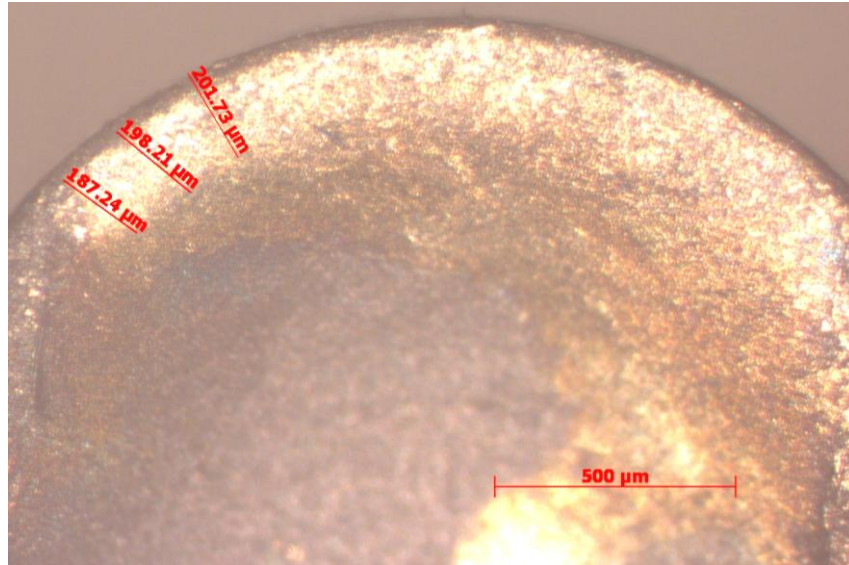
Şekil 6.30. AlTiN 1.3 µm 9. kenar.

Şekil 6.31.'de AlTiN 1.3 µm 10. kenar görülmektedir. Kesme hızı 150 m/dak, ilerleme 0.4 mm/devir alınmıştır. Ortalama 175 µm talaş yüzeyi aşınması görülmüştür.



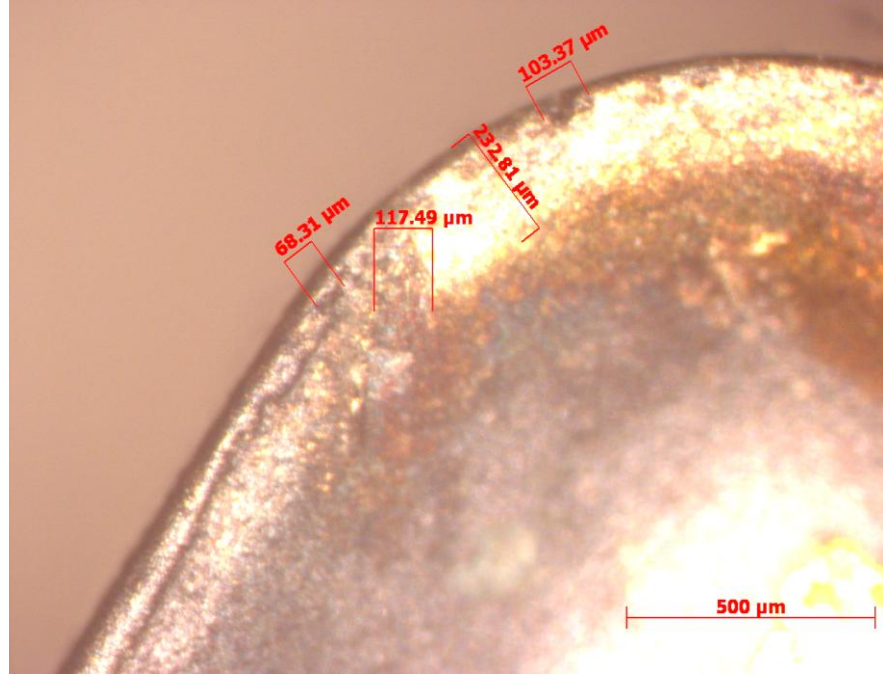
Şekil 6.31. AlTiN 1.3 µm 10. kenar.

Şekil 6.32.'de AlTiN 2.2 µm 10. kenar görülmektedir. Kesme hızı 150 m/dak, ilerleme 0.4 mm/devir alınmıştır. Ortalama 189 µm talaş yüzeyi aşınması görülmüştür.



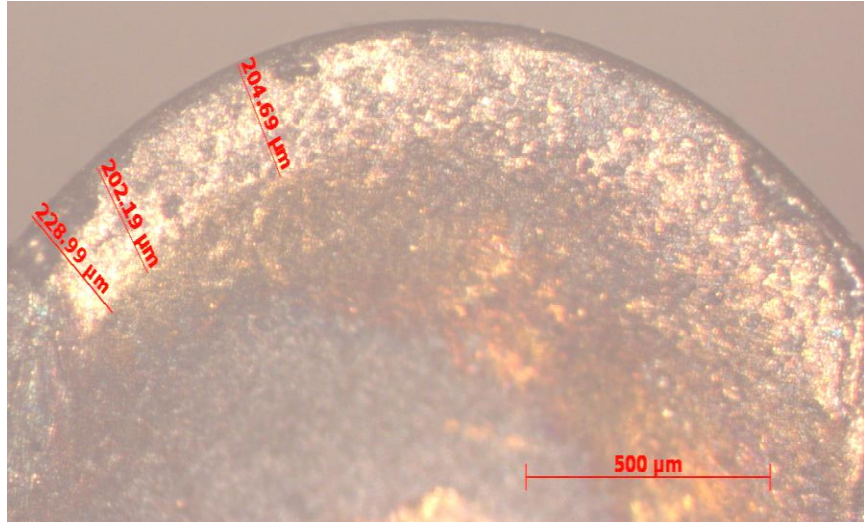
Şekil 6.32. AlTiN 2.2 µm 10. kenar.

Şekil 6.33.'de AlTiN 1.3 µm 11. kenar görülmektedir. Kesme hızı 180 m/dak, ilerleme 0.4 mm/devir alınmıştır. Ortalama 220 µm talaş yüzeyi aşınması, sol tarafta ısıl deformasyon (mekanik çatlak), 103 µm çentik aşınması, 68 µm, 117 µm ölçülerinde krater aşınması görülmüştür.



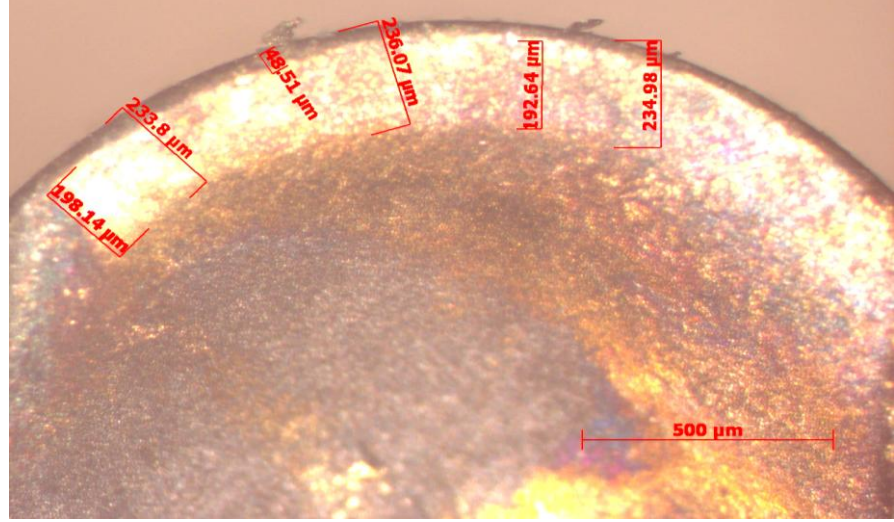
Şekil 6.33. AlTiN 1.3 µm 11. kenar.

Şekil 6.34.'de AlTiN 2.2 µm kesme hızı 180 m/dak, ilerleme 0.4 mm/devir alınmıştır. Ortalama 209 µm talaş yüzeyi aşınması görülmüştür.



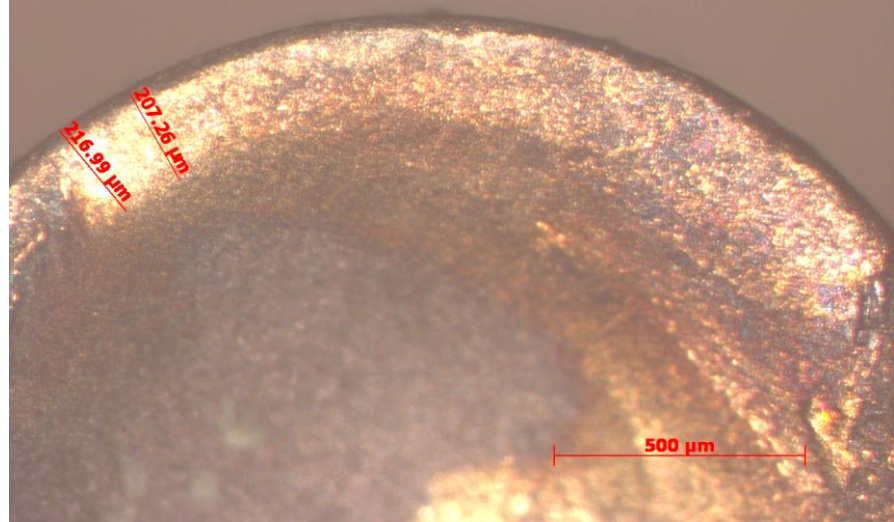
Şekil 6.34. AlTiN 2.2 µm 11. kenar.

Şekil 6.35.'de AlTiN 1.3 µm 12. kenar görülmektedir. Kesme hızı 210 m/dak, ilerleme 0.4 mm/devir alınmıştır. Ortalama 219 µm talaş yüzeyi aşınması görülmüştür.



Şekil 6.35. AlTiN 1.3 μm 12. kenar.

Şekil 6.36.'da AlTiN 2.2 μm 12. kenar görülmektedir. Kesme hızı 210 m/dak, ilerleme 0.4 mm/devir alınmıştır. Ortalama 212 μm talaş yüzeyi aşınması görülmüştür.



Şekil 6.36. AlTiN 2.2 μm 12. kenar.

Şekil 6.35. ve Şekil 6.36. incelendiğinde çok az aşınma görülmüştür. Aynı şartlarda 0.4 ilerleme değeri için 180 m/dak ve 210 m/dak kesme hızlarında Ra AlTiN 2.2 μm < Ra AlTiN 1.3 μm sonucu elde edilmiştir. 11. ve 12. kenarlarda da görüldüğü gibi yüksek ilerleme değerlerinde iyi bir yüzey elde etmek için, kaplama kalınlığı daha büyük seçilmelidir.

6.3. TiAlN 2.4 μm ve 4 μm Kaplamanın Yüzey Pürüzlülük Değerleri ve Aşınma Ölçümleri

Tablo 6.4.'de TiAlN 2.4 μm ve Tablo 6.5.'de TiAlN 4 μm kaplama kalınlığındaki numunelerin, altı noktadan yapılan yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları ve ortalama pürüzlülük değerleri görülmektedir.

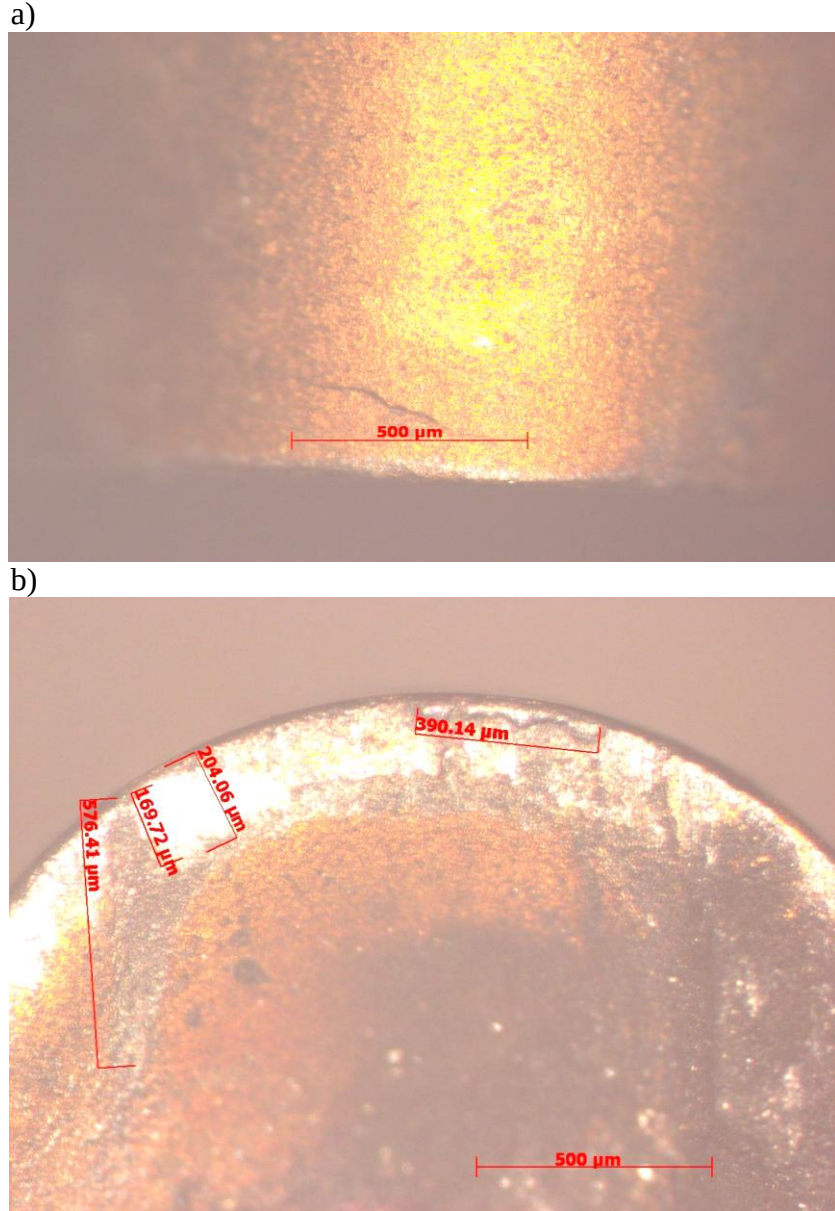
Tablo 6.4. TiAlN 2.4 μm kaplı numunelerin yüzey pürüzlülük değerleri.

AISI 304	İŞLEME ÖLÇÜLERİ QxL (mm)	DEVİR (devir/dk)	KESME HIZI (Vc) (m/dk)	TALAŞ DERİNLİĞİ (mm)	İLERLEME DEĞERİ (mm/devir)	YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ DEĞERLERİ (Ra)			Ortalama Ra
1	50x390	764	120	1	0.2	1.16	1.12	1.19	1.17
						1.23	1.25	1.05	
2	48x390	955	150	1	0.2	1.94	1.90	1.93	1.91
						1.87	1.86	1.95	
3	46x390	1146	180	1	0.2	1.44	1.18	1.15	1.24
						1.36	1.11	1.17	
4	44x390	1338	210	1	0.2	1.45	1.12	1.24	1.26
						1.22	1.28	1.25	
5	42x390	764	120	1	0.3	2.10	1.92	1.81	1.95
						2.01	1.88	2.00	
6	40x390	955	150	1	0.3	2.57	2.35	2.39	2.36
						2.28	2.33	2.26	
7	38x390	1146	180	1	0.3	2.25	2.45	2.26	2.29
						2.30	2.28	2.21	
8	36x390	1338	210	1	0.3	1.77	1.97	1.92	1.83
						1.79	1.83	1.71	
9	50x390	764	120	1	0.4	3.94	3.83	3.77	3.87
						4.00	3.90	3.77	
10	48x390	955	150	1	0.4	3.37	3.36	3.40	3.43
						3.34	3.55	3.56	
11	46x390	1146	180	1	0.4	3.68	3.75	3.55	3.60
						3.56	3.51	3.53	
12	44x390	1338	210	1	0.4	4.02	4.07	3.95	4.01
						4.08	4.00	3.93	

Tablo 6.5. TiAlN 4 µm kaplı numunelerin yüzey pürüzlülük değerleri.

AISI 304	İŞLEME ÖLÇÜLERİ QxL (mm)	DEVİR (devir/dk)	KESME HIZI (Vc) (m/dk)	TALAŞ DERİNLİĞİ (mm)	İLERLEME DEĞERİ (mm/devir)	YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ DEĞERLERİ (Ra)			Ortalama Ra
1	50x390	764	120	1	0.2	1.13	1.16	1.10	1.14
						1.30	1.24	0.90	
2	48x390	955	150	1	0.2	1.20	1.00	0.93	1.09
						1.15	1.16	1.09	
3	46x390	1146	180	1	0.2	0.88	0.95	0.84	0.86
						0.89	0.82	0.79	
4	44x390	1338	210	1	0.2	1.44	1.37	1.44	1.37
						1.21	1.35	1.38	
5	42x390	764	120	1	0.3	2.51	2.63	2.80	2.70
						2.65	2.79	2.83	
6	40x390	955	150	1	0.3	2.15	2.03	2.24	2.13
						2.19	2.16	2.03	
7	38x390	1146	180	1	0.3	3.00	3.04	2.69	2.86
						2.87	2.95	2.59	
8	36x390	1338	210	1	0.3	2.14	2.08	2.06	2.03
						1.97	1.95	1.96	
9	50x390	764	120	1	0.4	4.30	4.31	4.19	4.27
						4.36	4.20	4.28	
10	48x390	955	150	1	0.4	3.83	3.75	3.62	3.76
						3.77	3.80	3.76	
11	46x390	1146	180	1	0.4	4.12	4.09	4.12	4.10
						4.16	4.03	4.08	
12	44x390	1338	210	1	0.4	4.06	4.39	4.23	4.20
						4.05	4.23	4.25	

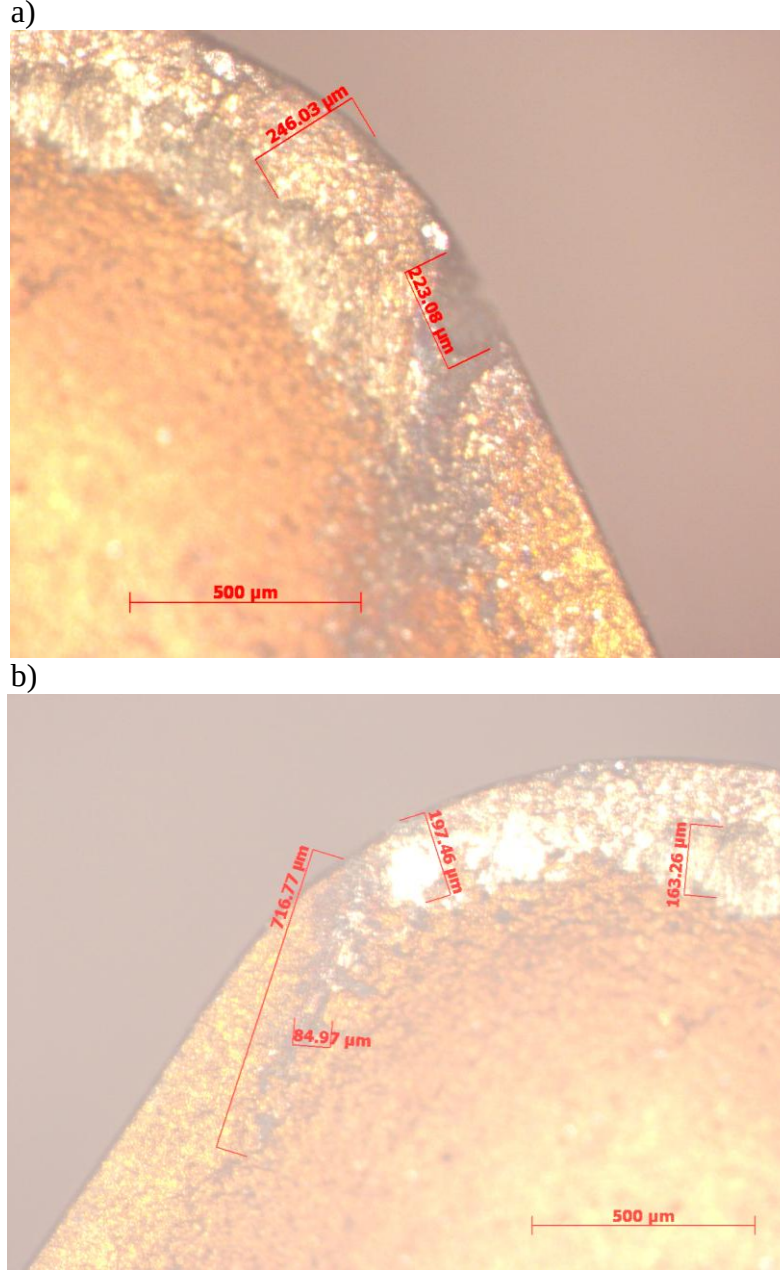
Şekil 6.37. a ve b’de kesme hızı 120 m/dak ilerleme değeri 0.2 mm/devir alınmıştır. TiAlN 2.4 μm ’de 390 μm uzunluğunda krater aşınması, 186 μm talaş yüzeyi aşınması ve 576 μm boyunda ısıl deformasyon görülmüştür. Şekil 6.37. a’da burunda meydana gelen ısıl çatlak görülmektedir. TiAlN 4 μm 1. kenarda aynı kesme parametrelerinde aşınma görülmemiştir.



Şekil 6.37. a) TiAlN 2.4 μm 1. kenar uç kısmı, b) TiAlN 2.4 μm 1. kenar.

Şekil 6.38 a ve b’de TiAlN 2.4 μm kaplama kalınlığında kesme hızı 150 m/dak, ilerleme 0.2 mm/devir alınmıştır. Şekil 6.38. a’da ortalama 163 μm genişliğinde BUE, 223 μm ölçüsünde krater aşınması Şekil 6.38. b’de 173 μm talaş

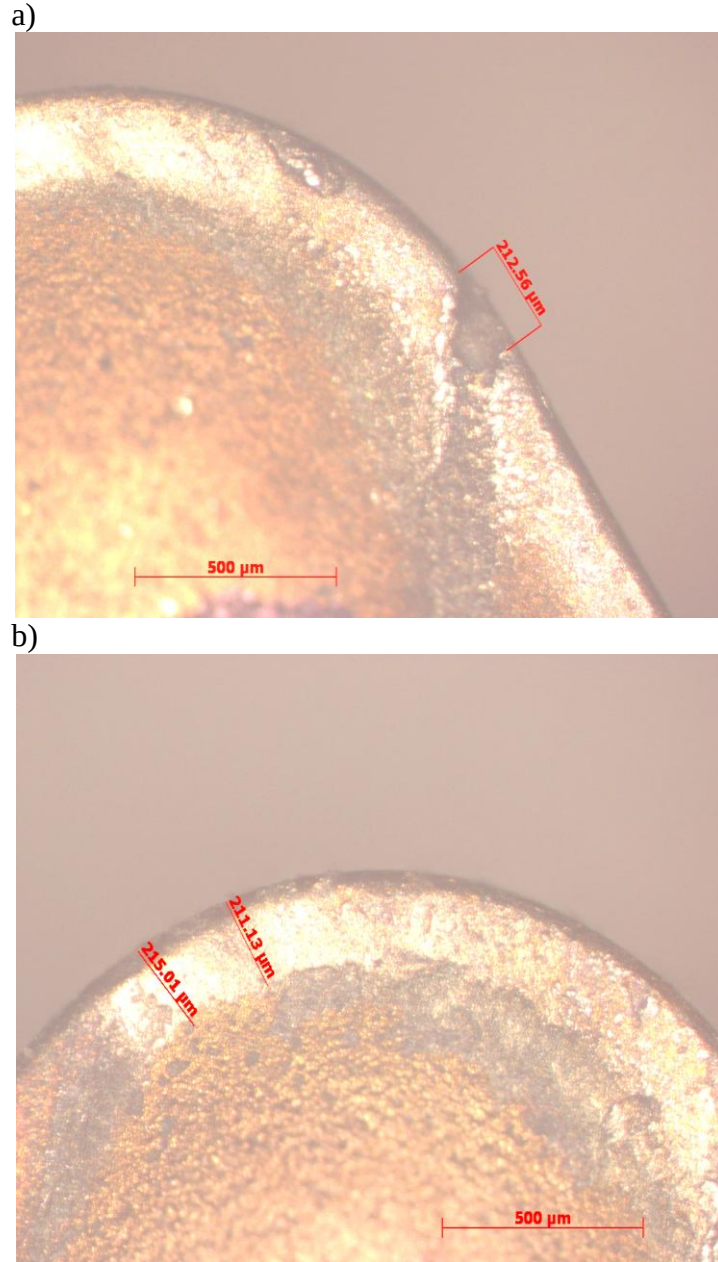
yüzeyi aşınması, 716 μm uzunluğunda ve 84 μm genişliğinde krater aşınması meydana gelmiştir. Aynı kesme parametrelerinde TiAlN 4 μm kaplama kalınlığında sadece 82 μm genişliğinde krater aşınması görülmüştür.



Şekil 6.38. a) TiAlN 2.4 μm sağ 2. kenar, b) TiAlN 2.4 μm sol 2. kenar.

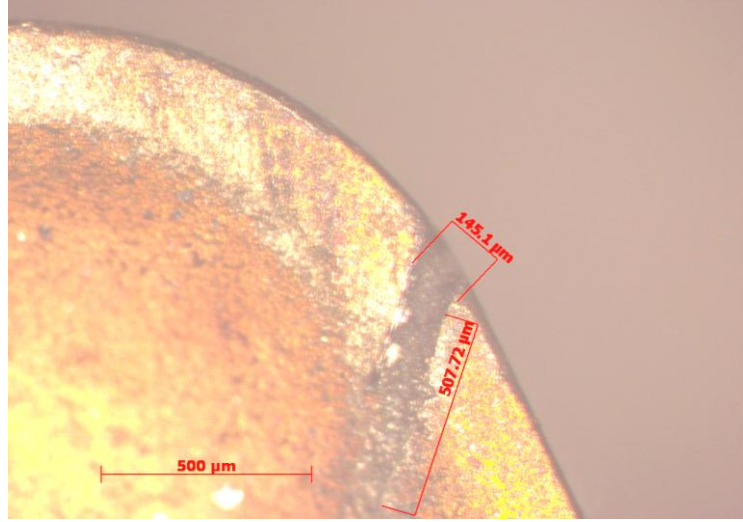
Şekil 6.39. a ve b’de kesme hızı 180 m/dak, ilerleme 0.2 mm/devir alınmıştır. TiAlN 2.4 μm ’de 194 μm talaş yüzeyi aşınması, 242 μm ve 212 μm ölçülerinde krater aşınması görülmüştür. TiAlN 4 μm ’de ortalama 218 μm talaş yüzeyi aşınması tespit edilmiştir. R_a TiAlN 2.4 μm > R_a TiAlN 4 μm ölçülmüştür. Aynı kesme

şartlarında TiAlN 4 μm tercih edilmelidir.



Şekil 6.39. a) TiAlN 2.4 μm 3. kenar, b) TiAlN 4 μm 3. kenar.

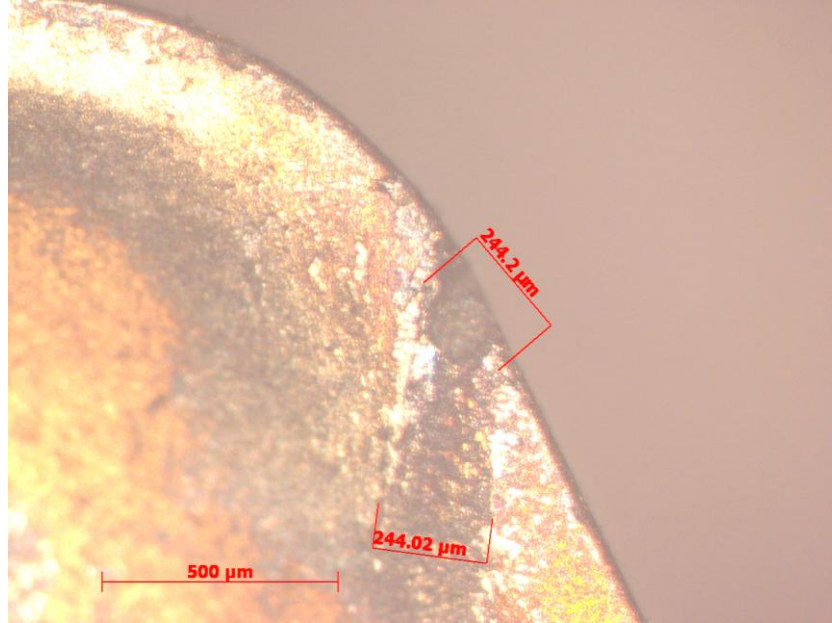
Şekil 6.40.'da kesme hızı 210 m/dak, ilerleme 0.2 mm/devir alınmıştır. Aynı işlem parametrelerinde TiAlN 2.4 μm 'de 194 μm talaş yüzeyi aşınması, 145 μm eninde 507 μm boyunda krater aşınması görülmektedir. TiAlN 4 μm 'de 72 μm krater aşınması görülmüştür.



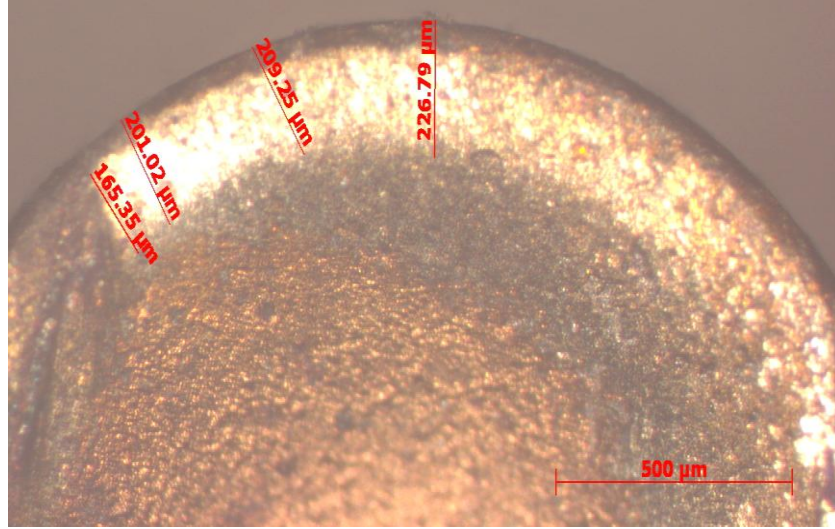
Şekil 6.40. TiAlN 2.4 μm 4. kenar.

Şekil 6.41. a ve b’de kesme hızı 120 m/dak, ilerleme 0.3 mm/devir alınmıştır. Üç noktadan yapılan ölçüm sonunda, TiAlN 2.4 μm’de 204 μm talaş yüzeyi aşınması, 244 μm eninde ve 610 μm boyunda krater aşınması tespit edilmiştir. TiAlN 4 μm’de ortalama 198 μm talaş yüzeyi aşınması görülmüştür.

a)



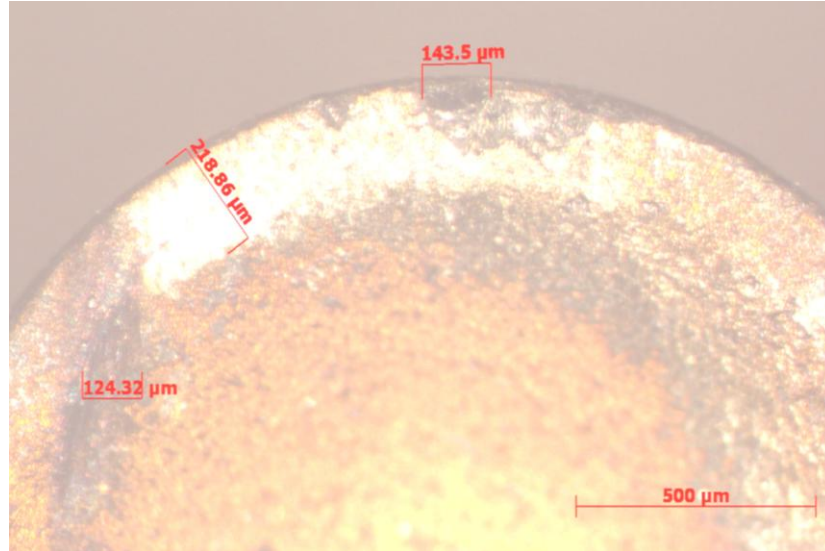
b)

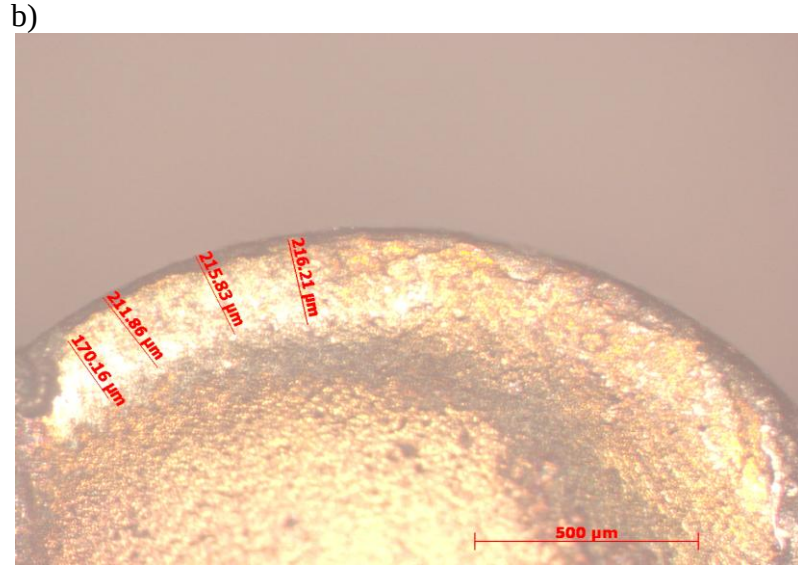


Şekil 6.41. a) TiAlN 2.4 μm 5. kenar, b) TiAlN 4 μm 5. kenar.

Şekil 6.42. a'da TiAlN 2.4 μm 6. kenar görülmektedir. Kesme hızı 150 m/dak, ilerleme 0.3 mm/devir alınmıştır. Üç noktadan yapılan ölçüm sonunda, 218 μm talaş yüzeyi aşınması, 143 μm ve 228 μm krater aşınması, 124 μm eninde krater aşınması tespit edilmiştir. Şekil 6.42. b'de TiAlN 4 μm 6. kenar görülmektedir. Kesme hızı 150 m/dak, ilerleme 0.3 mm/devir alınmıştır. Ortalama 203 μm talaş yüzeyi aşınması görülmüştür.

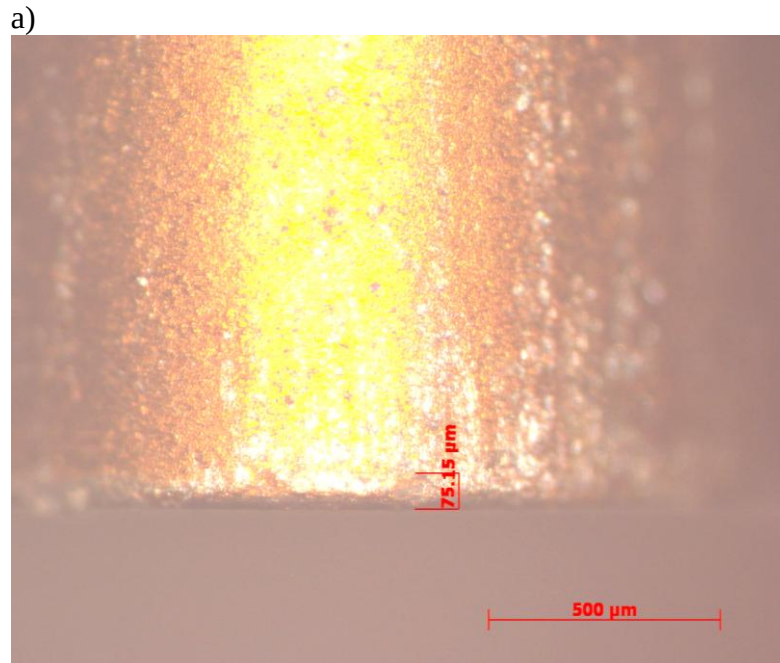
a)

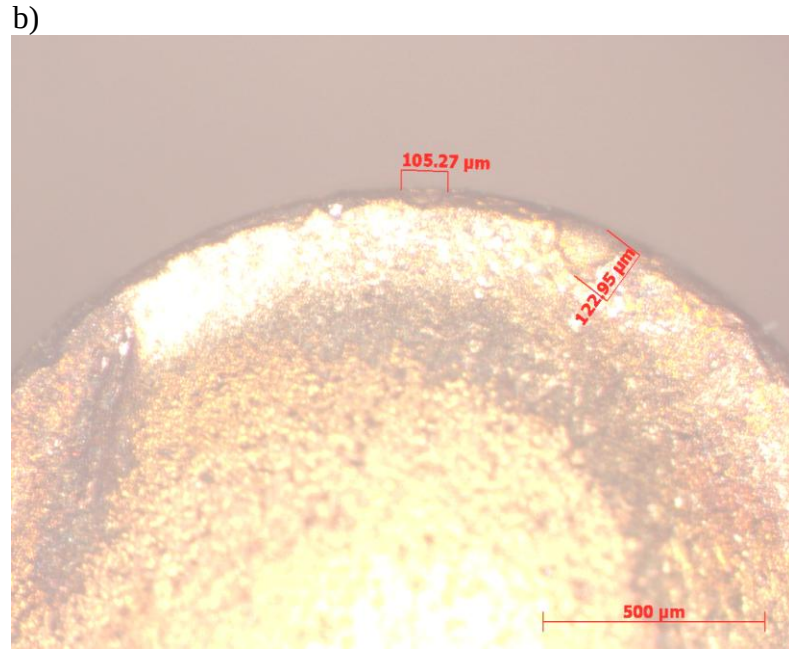




Şekil 6.42. a) TiAlN 2.4 µm 6. kenar, b) TiAlN 4 µm 6. kenar.

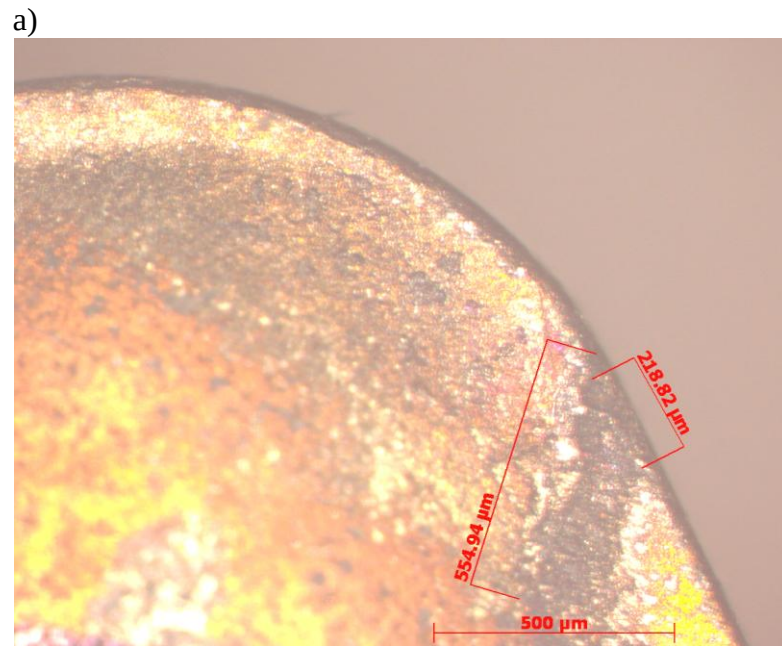
Şekil 6.43. a'da TiAlN 2.4 µm 7. kenar görülmektedir. Kesme hızı 180 m/dak, ilerleme 0.3 mm/devir alınmıştır. Ortalama 182 µm talaş yüzeyi aşınması, 75.15 µm çentik aşınması görülmüştür. Şekil 6.43. b'de TiAlN 4 µm 7. kenar görülmektedir. Kesme hızı 180 m/dak, ilerleme 0.3 mm/devir alınmıştır. 587 µm boyunda, 35 µm eninde, 105 µm ve 131 µm boyunda 122 µm eninde krater aşınması, 146 µm ölçüsünde talaş vurması görülmüştür.

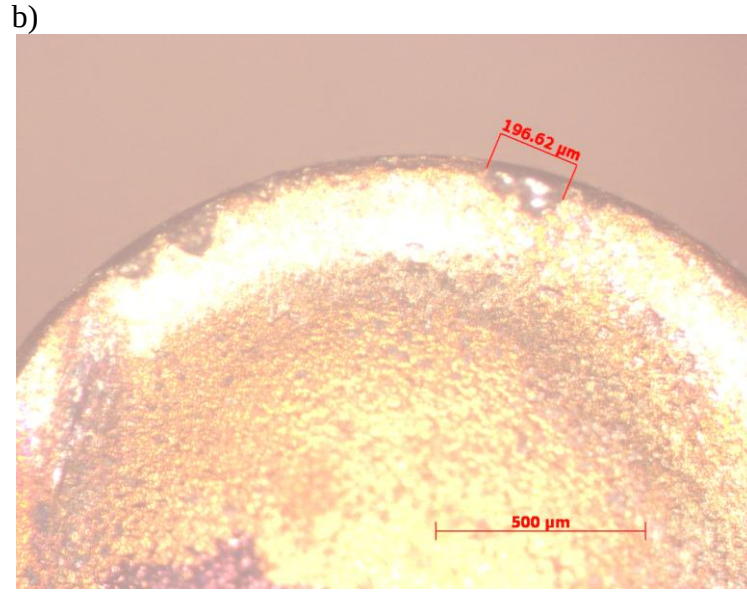




Şekil 6.43. a) TiAlN 2.4 μm 7. kenar uç kısmı, b) TiAlN 4 μm 7. kenar.

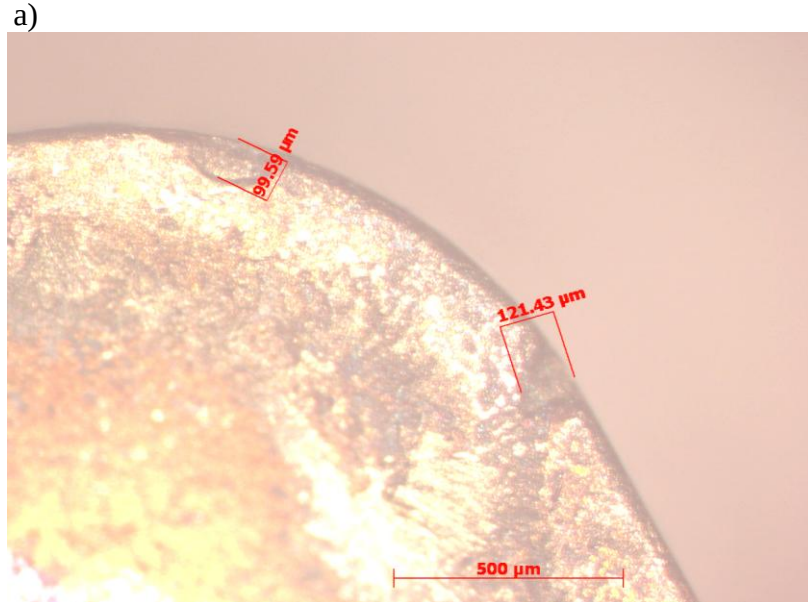
Şekil 6.44. a'da TiAlN 2.4 μm 8. kenar görülmektedir. Kesme hızı 210 m/dak, ilerleme 0.3 mm/devir alınmıştır. 218 μm genişliğinde 554 μm uzunluğunda krater aşınması ve 232 μm ölçüsünde talaş yüzeyi aşınması görülmüştür. Şekil 6.44. b'de kesme hızı 180 m/dak, ilerleme 0.3 mm/devir alınmıştır. 259 μm genişliğinde 468 μm uzunluğunda ısıl deformasyon ve 196 μm krater aşınması görülmüştür.

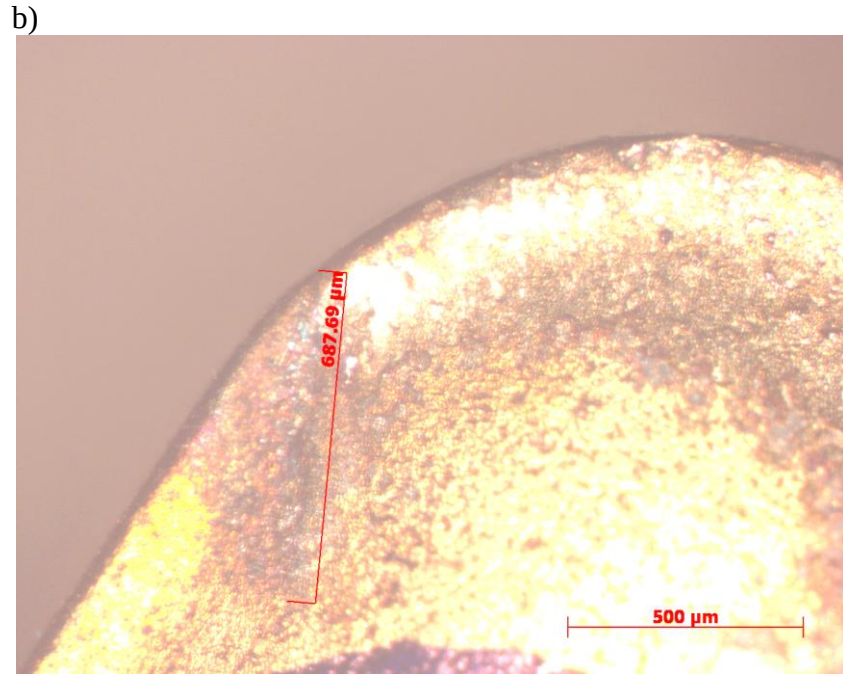




Şekil 6.44. a) TiAlN 2.4 μm 8. kenar, b) TiAlN 4 μm 8. kenar.

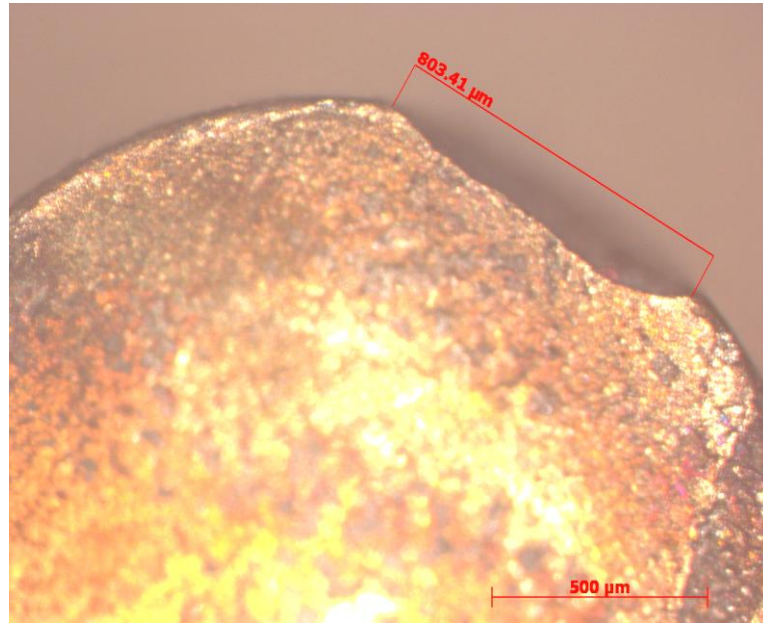
Şekil 6.45. a ve b’de kesme hızı 120 m/dak, ilerleme 0.4 mm/devir alınmıştır. TiAlN 2.4 μm’de 99 μm ve 121 μm genişliğinde 2 adet krater aşınması TiAlN 4 μm’de 57 μm ve 35 μm genişliğinde talaş vurması ve 107 μm krater aşınması görülmüştür.





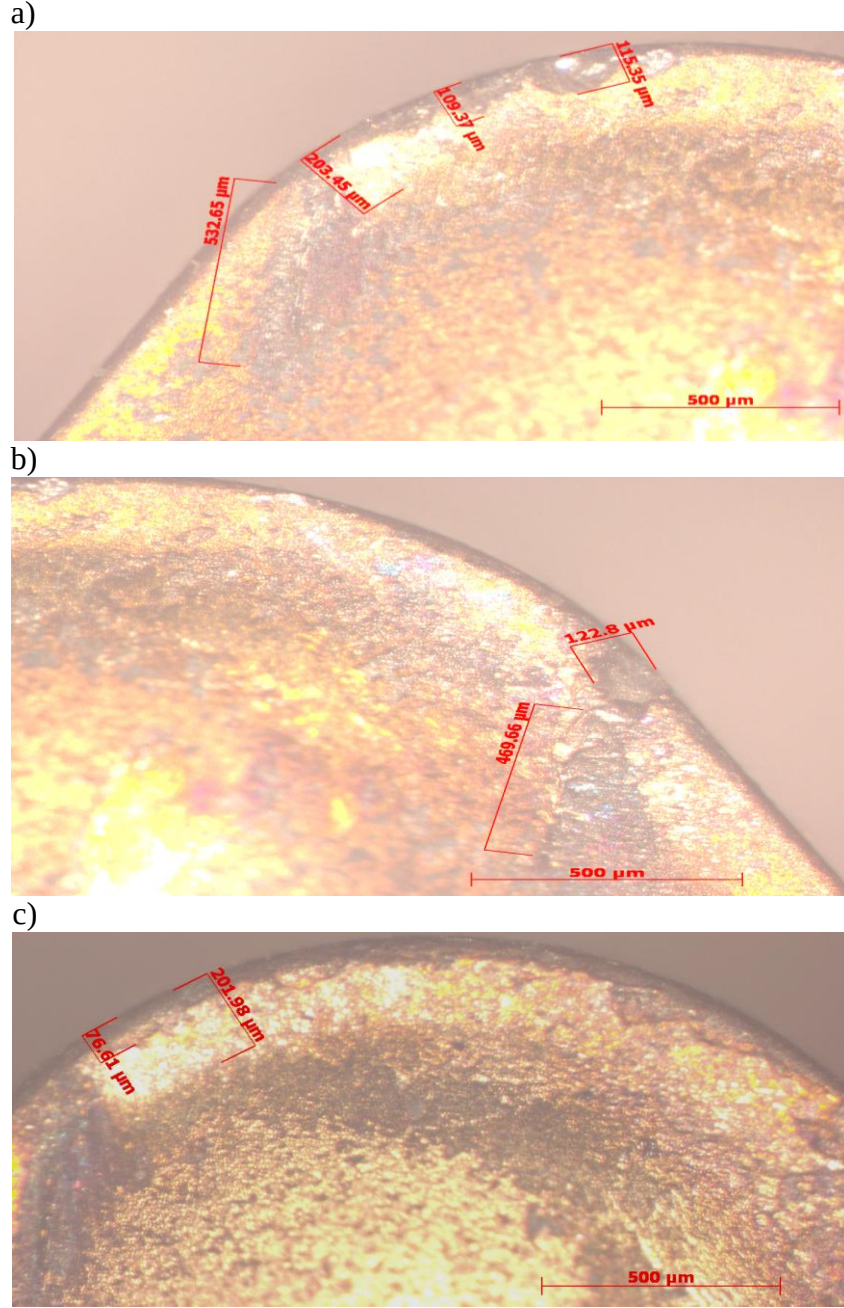
Şekil 6.45. a) TiAlN 2.4 μm 9. kenar, b) TiAlN 4 μm 9. kenar.

Şekil 6.46'da TiAlN 2.4 μm 10. kenar görülmektedir. Kesme hızı 150 m/dak, ilerleme 0.4 mm/devir alınmıştır. 803 μm uzunluğunda ve ortalama 117 μm genişliğinde plastik deformasyon, sağ tarafta 212 μm eninde, 690 μm boyunda krater aşınması meydana gelmiştir. TiAlN 4 μm kaplama kalınlığında 10. kenarda aşınma görülmemiştir.



Şekil 6.46. TiAlN 2.4 μm 10. kenar.

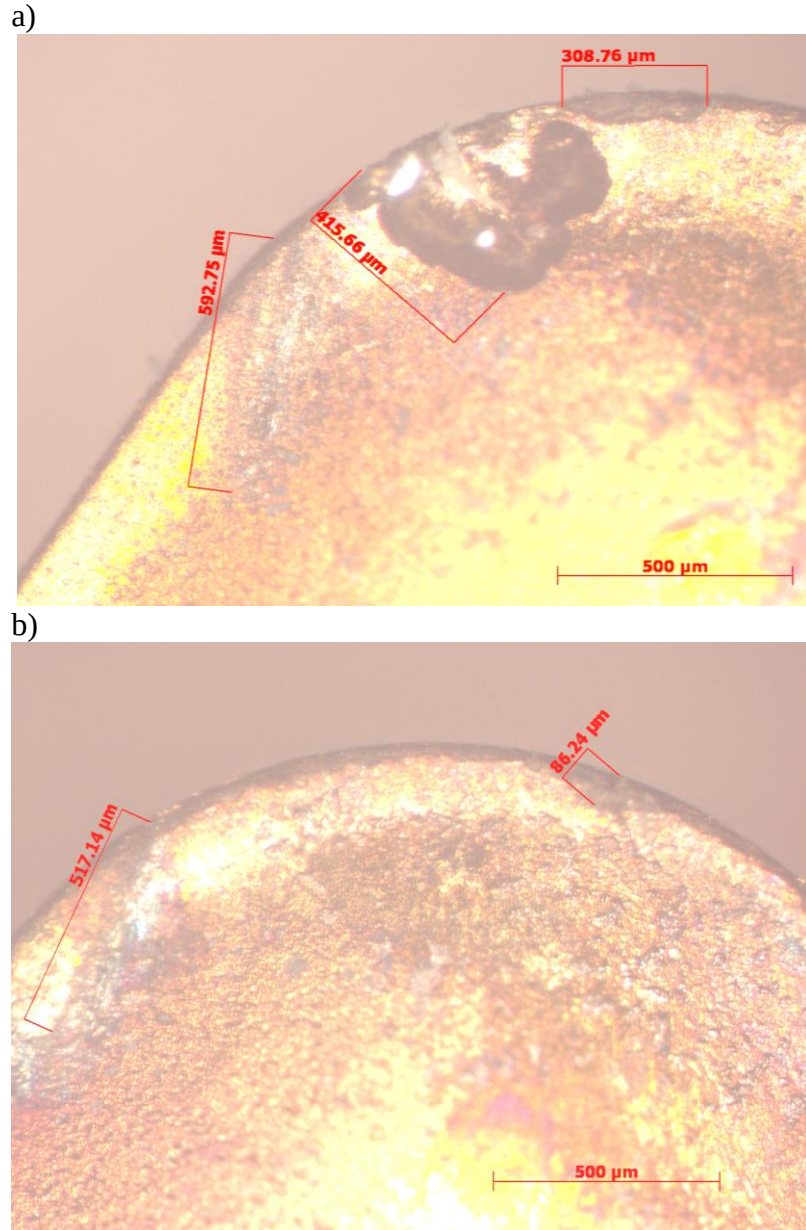
Şekil 6.47. a ve b’de TiAlN 2.4 μm 11. kenar görülmektedir. Kesme hızı 180m/dak, ilerleme 0.4 mm/devir alınmıştır. Şekil 6.47. a’da 109 μm talaş vurması, 115 μm krater aşınması, 203 μm talaş yüzeyi aşınması ve 532 μm ısıl değişim görülmüştür. b’de 122 μm ve 469 μm ölçülerinde krater aşınması görülmüştür. Şekil 6.47. c’de TiAlN 4 μm 11. kenar görülmektedir. Kesme hızı 180 m/dak, ilerleme 0.4 mm/devir alınmıştır. Ortalama 193 μm talaş yüzeyi aşınması görülmüştür.



Şekil 6.47. a) TiAlN 2.4 μm 11. kenar, b) TiAlN 2.4 μm sağ 11. kenar,

c) TiAlN 4 μm 11. kenar.

Şekil 6.48. a'da TiAlN 2.4 μm 12. kenar görülmektedir. Kesme hızı 210 m/dak, ilerleme 0.4 mm/devir alınmıştır. 415 μm krater aşınması, 592 μm krater aşınması, 308 μm talaş vurması görülmüştür. Ayrıca talaş yapışması tespit edilmiştir. Şekil 6.48. b'de TiAlN 4 μm 12. kenar görülmektedir. Kesme hızı 210 m/dak, ilerleme 0.4 mm/devir alınmıştır. 517 μm ve 86.21 μm ölçülerinde krater aşınması görülmüştür.



Şekil 6.48. a) TiAlN 2.4 μm 12. kenar, b) TiAlN 4 μm 12. kenar.

6.4. TiN 2.1 µm ve 4 µm Kaplamanın Yüzey Pürüzlülük ve Aşınma Ölçümleri

Tablo 6.6.'da TiN 2.1 µm ve Tablo 6.7.'de TiN 4 µm kaplama kalınlığındaki numunelerin, altı noktadan yapılan yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları ve ortalama yüzey pürüzlülük değerleri görülmektedir.

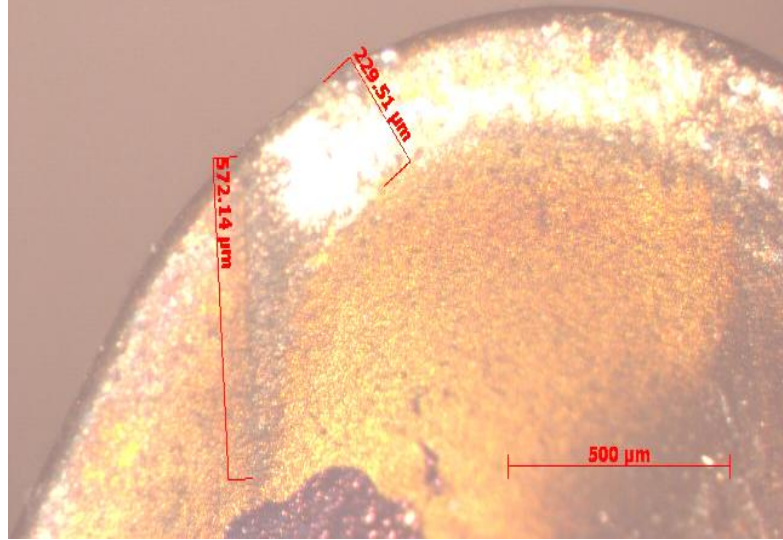
Tablo 6.6. TiN 2.1 µm kaplamanın yüzey pürüzlülük değerleri.

AISI 304	İŞLEME ÖLÇÜLERİ QxL (mm)	DEVİR (devir/dk)	KESME HIZI (Vc) (m/dk)	TALAŞ DERİNLİĞİ (mm)	İLERLEME DEĞERİ (mm/devir)	YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ DEĞERLERİ (Ra)			Ortalama Ra
1	48x390	764	120	1	0.2	1.01	0.97	0.99	0.99
						1.00	1.03	0.96	
2	46x390	955	150	1	0.2	1.30	1.16	1.28	1.28
						1.37	1.21	1.37	
3	44x390	1146	180	1	0.2	1.08	0.94	1.06	1.02
						0.95	1.07	0.99	
4	42x390	1338	210	1	0.2	0.92	1.11	0.91	0.97
						1.05	0.83	1.01	
5	40x390	764	120	1	0.3	2.07	2.10	2.14	2.12
						2.07	2.18	2.16	
6	38x390	955	150	1	0.3	2.14	2.12	2.29	2.18
						2.22	2.17	2.11	
7	36x390	1146	180	1	0.3	2.73	2.89	2.80	2.80
						2.79	2.78	2.79	
8	34x390	1338	210	1	0.3	2.21	2.23	2.38	2.20
						2.20	2.14	2.06	
9	48x390	764	120	1	0.4	3.54	3.61	3.54	3.61
						3.53	3.70	3.76	
10	46x399	955	150	1	0.4	3.81	3.71	3.70	3.69
						3.62	3.61	3.71	
11	44x390	1146	180	1	0.4	3.90	3.67	3.64	3.79
						3.85	3.85	3.85	
12	42x390	1338	210	1	0.4	3.73	3.88	3.93	3.83
						3.91	3.87	3.63	

Tablo 6.7. TiN 4 µm kaplamanın yüzey pürüzlülük değerleri.

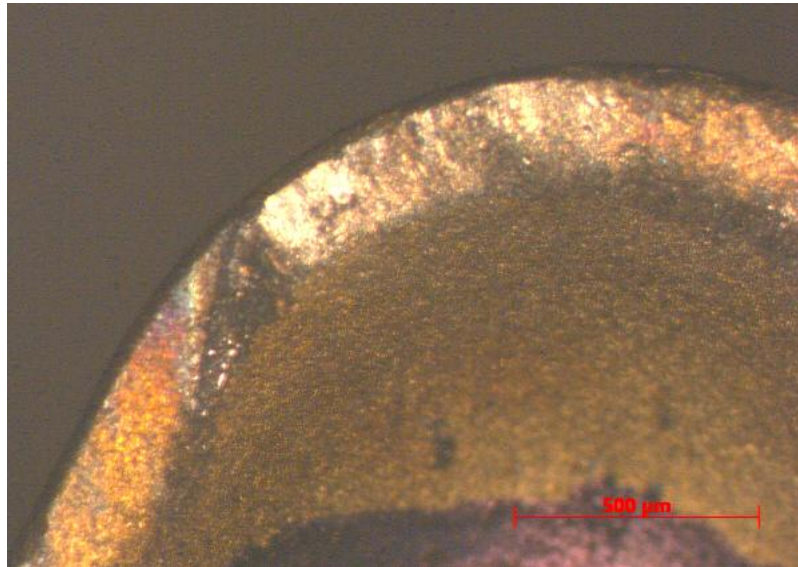
AISI 304	İŞLEME ÖLÇÜLERİ QxL (mm)	DEVİR (devir/dk)	KESME HIZI (Vc) (m/dk)	TALAŞ DERİNLİĞİ (mm)	İLERLEME DEĞERİ (mm/devir)	YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ DEĞERLERİ (Ra)			Ortalama Ra
1	48x390	764	120	1	0.2	1.06	1.24	1.18	1.10
						1.19	1.05	0.87	
2	46x390	955	150	1	0.2	1.14	1.12	1.06	1.19
						1.30	1.33	1.19	
3	44x390	1146	180	1	0.2	1.30	1.33	1.19	1.23
						1.14	1.18	1.25	
4	42x390	1338	210	1	0.2	1.12	1.24	1.10	1.17
						1.34	1.04	1.19	
5	40x390	764	120	1	0.3	2.31	2.33	2.23	2.26
						2.27	2.24	2.18	
6	38x390	955	150	1	0.3	2.09	2.06	2.17	2.11
						2.08	2.09	2.19	
7	36x390	1146	180	1	0.3	1.82	1.63	1.67	1.72
						1.83	1.78	1.60	
8	34x390	1338	210	1	0.3	2.09	2.11	2.12	2.16
						2.21	2.22	2.21	
9	48x390	764	120	1	0.4	4.16	4.23	4.40	4.23
						4.28	4.14	4.19	
10	46x399	955	150	1	0.4	4.17	3.94	3.97	4.01
						3.97	4.02	3.99	
11	44x390	1146	180	1	0.4	4.21	4.07	4.37	4.21
						4.30	4.16	4.13	
12	42x390	1338	210	1	0.4	3.68	3.84	3.66	3.75
						3.76	3.69	3.84	

Şekil 6.49.'da kesme hızı 120 m/dak ilerleme değeri 0.2 mm/devir alınmıştır. 180 μm uzunluğunda talaş vurması, 229 μm talaş yüzeyi aşınması ve 572 μm boyunda krater aşınması, aynı kesme parametrelerinde TiN 2.1 μm 'de 176 μm talaş yüzeyi aşınması görülmüştür.



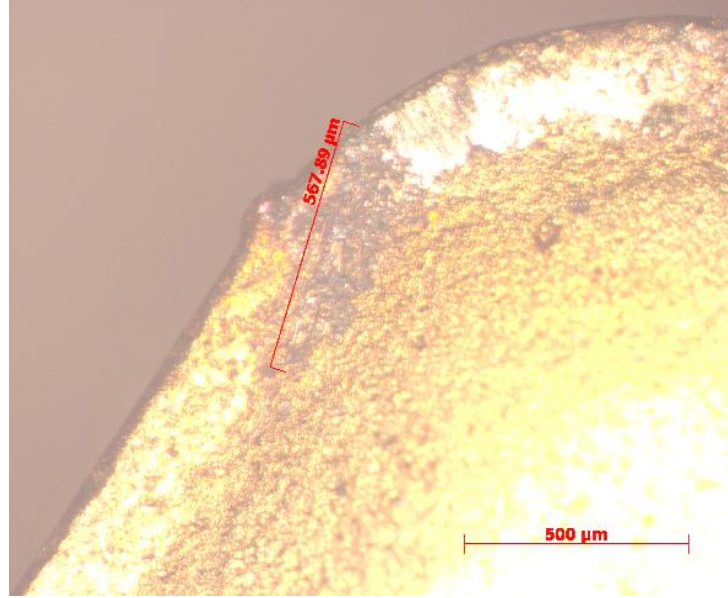
Şekil 6.49. TiN 4 μm 1. kenar.

Şekil 6.50.'de kesme hızı 150 m/dak ilerleme değeri 0.2 mm/devir alınmıştır. Çentik aşınması, krater aşınması, 216 μm genişliğinde talaş yüzeyi aşınması görülmektedir.



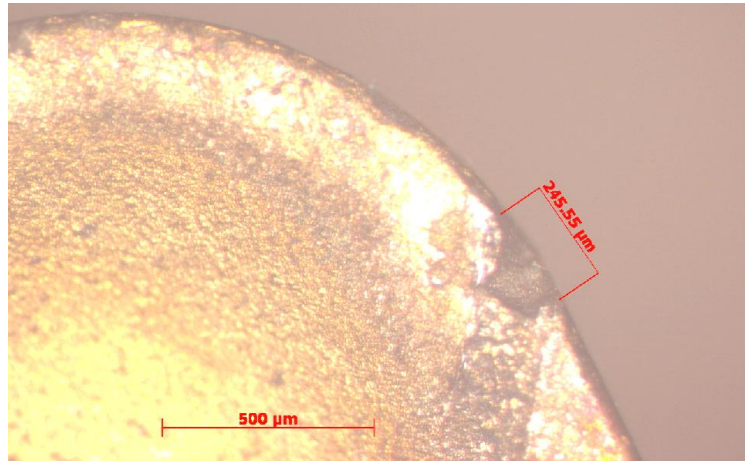
Şekil 6.50. TiN 2.1 μm 2. kenar.

Şekil 6.51.'de kesme hızı 150 m/dak ilerleme değeri 0.2 mm/devir alınmıştır. 567 μm krater aşınması, ayrıca talaş yapışması görülmektedir.



Şekil 6.51. TiN 4 μm 2. kenar.

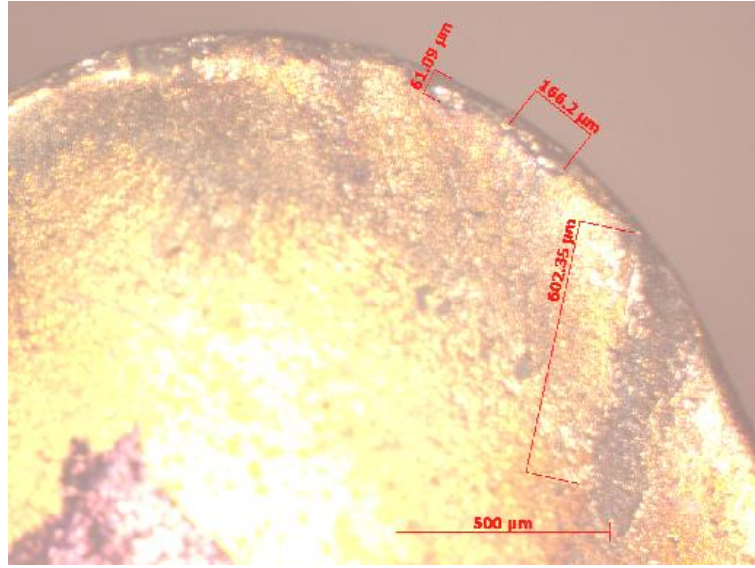
Şekil 6.52.'de kesme hızı 180 m/dak ilerleme değeri 0.2 mm/devir alınmıştır. 245.55 μm ölçüsünde krater aşınması, 203 μm genişliğinde talaş yüzeyi aşınması görülmektedir. TiN 2.1 μm için 3. kenarda 193 μm genişliğinde talaş yüzeyi aşınması görülmüştür.



Şekil 6.52. TiN 4 μm 3. kenar.

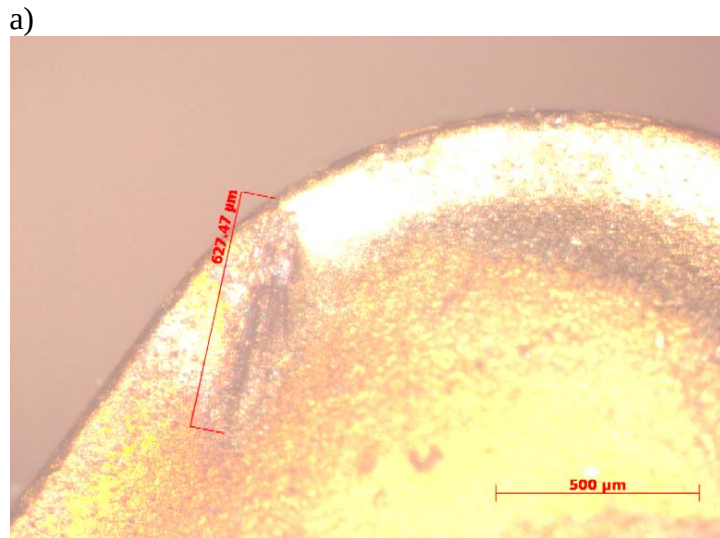
Şekil 6.53.'de kesme hızı 210 m/dak ilerleme değeri 0.2 mm/devir alınmıştır. 602 μm uzunluğunda ve 245 μm genişliğinde krater aşınması, 166 μm ve 61.09 μm

ölçülerinde krater aşınması görülmektedir. TiN 2.1 μm için 4. kenarda 196 μm genişliğinde talaş yüzeyi aşınması görülmüştür.

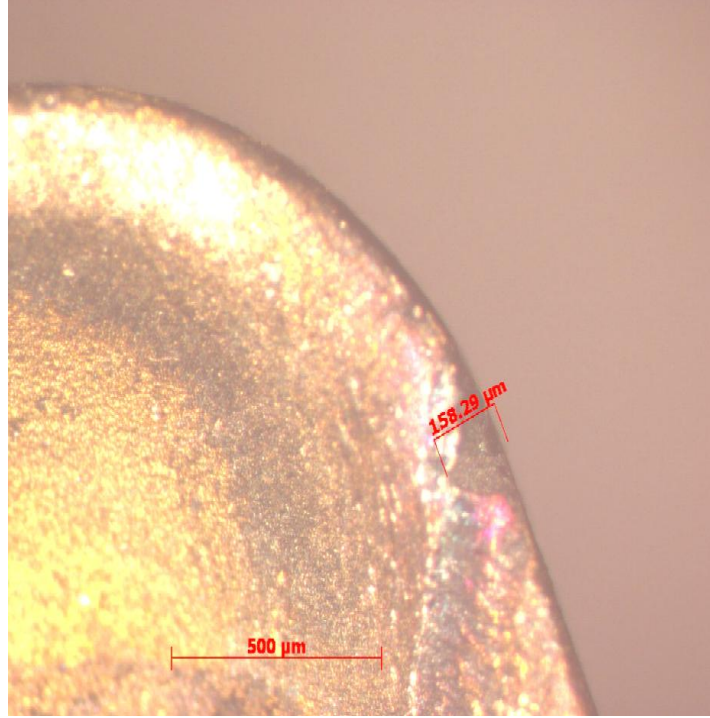


Şekil 6.53. TiN 4 μm 4. kenar.

Şekil 6.54. a ve b’de TiN 4 μm 5. kenar görülmektedir. Kesme hızı 120 m/dak ilerleme değeri 0.3 mm/devir alınmıştır. 189 μm genişliğinde talaş yüzeyi aşınması, a’da 627.47 μm uzunluğunda ısıl çatlaklar, b’de 158 μm genişliğinde krater aşınması görülmüştür. TiN 2.1 μm için 5. kenarda ortalama 51.5 μm genişliğinde krater aşınması görülmüştür.



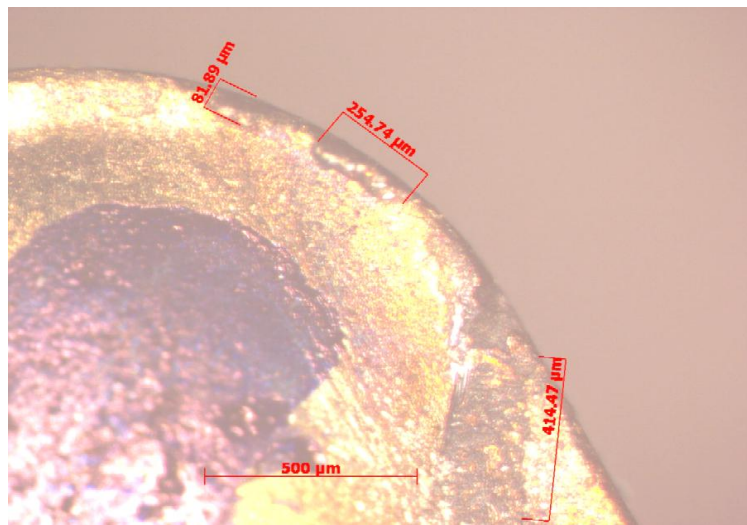
b)



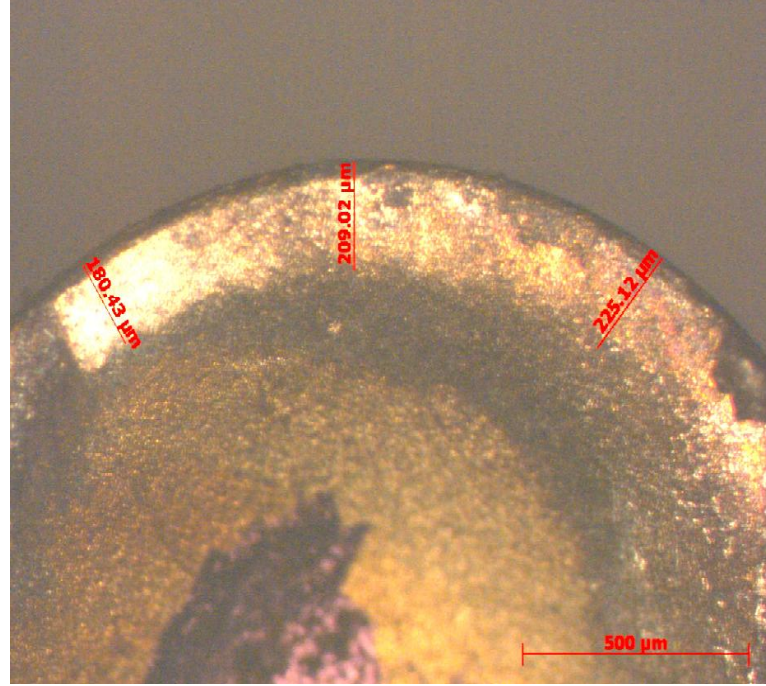
Şekil 6.54. a) TiN 4 µm sol 5. kenar, b) TiN 4 µm sağ 5. kenar.

Şekil 6.55. a'da TiN 4 µm 6. kenar, b'de TiN 2.1 µm 6. kenar görülmektedir. Kesme hızı 150 m/dak ilerleme değeri 0.3 mm/devir alınmıştır. Şekil 6.55. a'da 181 µm genişliğinde talaş yüzeyi aşınması, üç adet 81 µm, 254 µm, 414 µm ölçülerinde krater aşınması görülmektedir. TiN 2.1 µm için 6. kenarda ortalama 205 µm genişliğinde talaş yüzeyi aşınması görülmüştür.

a)



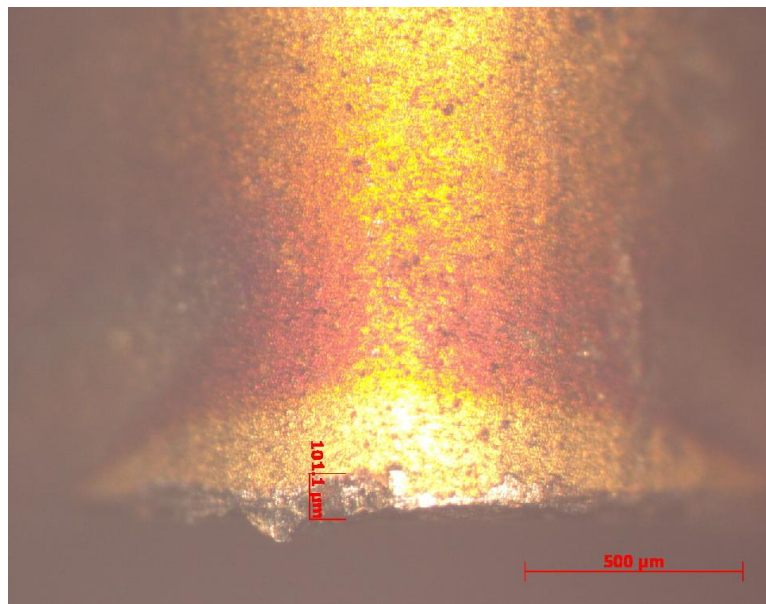
b)

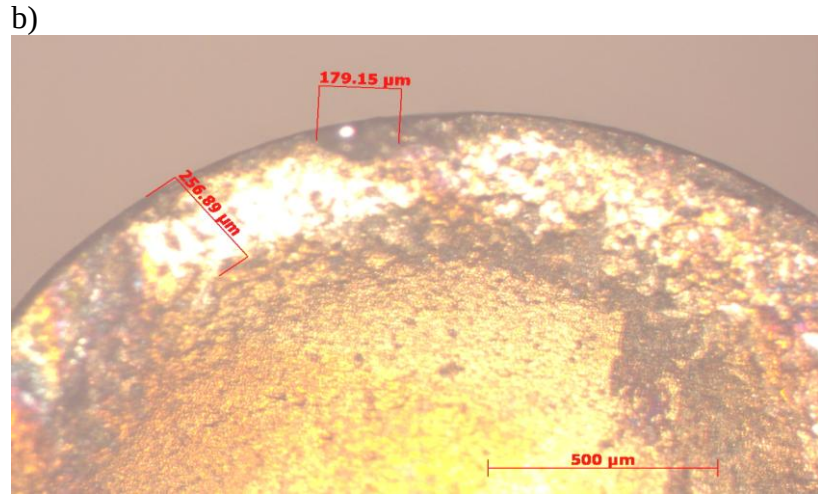


Şekil 6.55. a) TiN 4 μm 6. kenar sağ, b) TiN 2.1 μm 6. kenar.

Şekil 6.56. a'da TiN 2.1 μm 7. kenar burun kısmında 101 μm burun aşınması ayrıca talaş yapışması görülmektedir. Kesme hızı 180 m/dak ilerleme değeri 0.3 mm/devir alınmıştır. Şekil 6.56. b'de 250 μm genişliğinde talaş yüzeyi aşınması, 179.15 μm, ölçüsünde krater aşınması tespit edilmiştir.

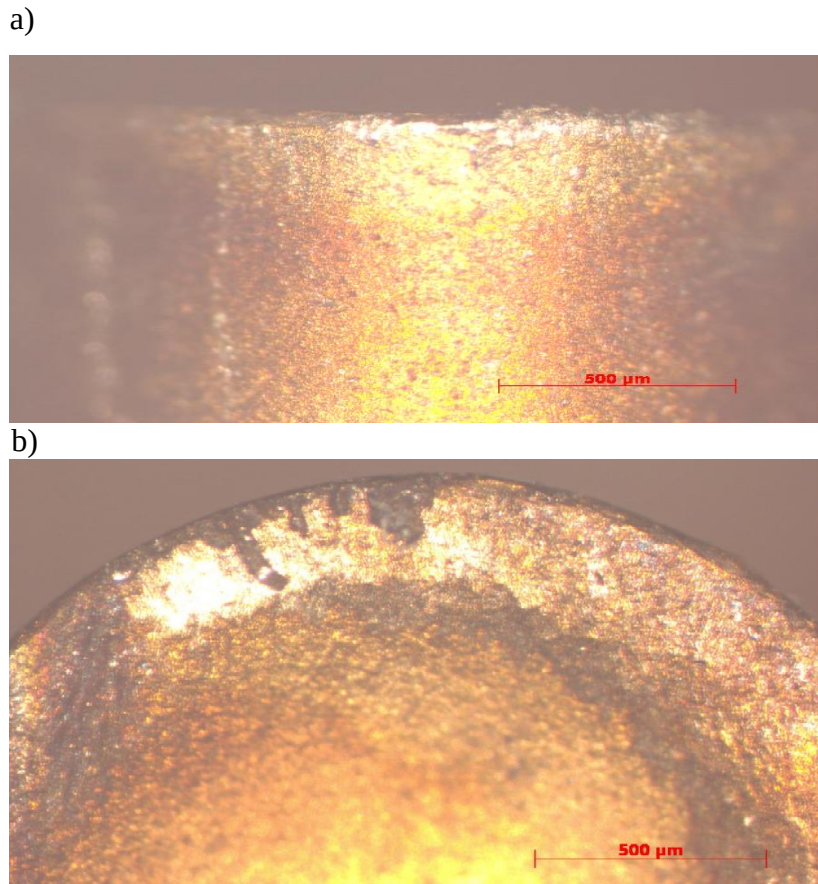
a)





Şekil 6.56. a) TiN 2.1 µm 7. kenar burun kısmı, b) TiN 2.1 µm 7. kenar.

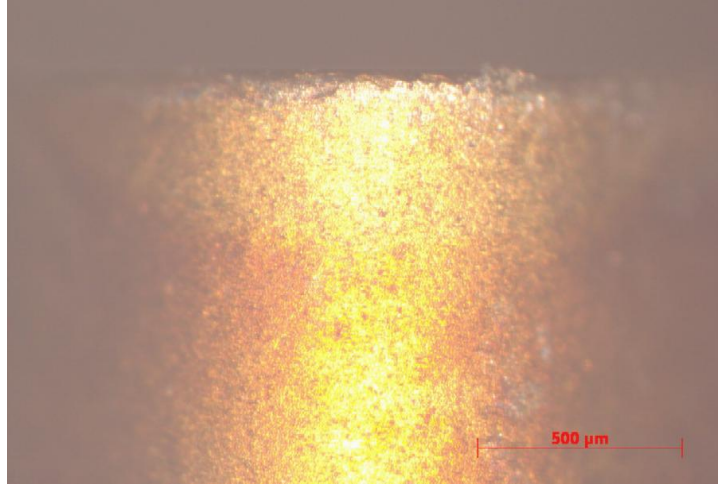
Şekil 6.57. a'da TiN 4 µm 7. kenar burun kısmı, b'de TiN 4 µm 7. kenar görülmektedir. Kesme hızı 180 m/dak ilerleme değeri 0.3 mm/devir alınmıştır. Bu kesme parametrelerinde ortalama 135 µm talaş vurması ve krater aşınması meydana gelmiştir.



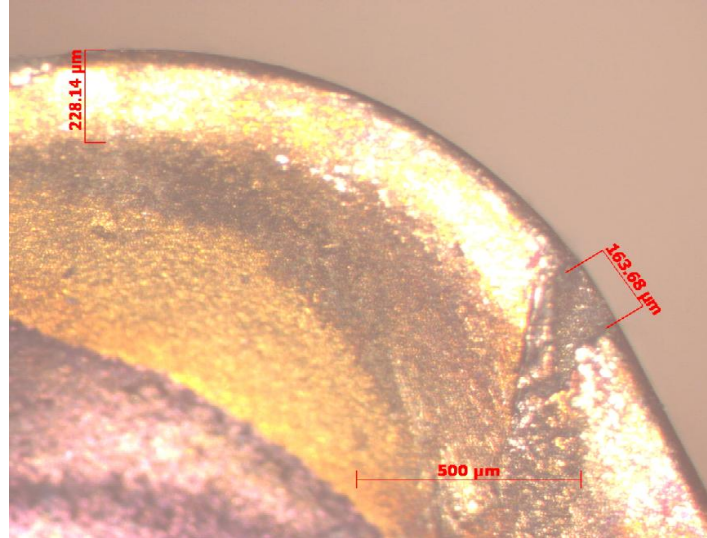
Şekil 6.57. a) TiN 4 µm 7. kenar burun kısmı, b) TiN 4 µm 7. kenar.

Şekil 6.58. a'da TiN 2.1 μm 8. kenar burun kısmı, b'de TiN 2.1 μm 8. kenar görülmektedir. Kesme hızı 210 m/dak ilerleme değeri 0.3 mm/devir alınmıştır. Şekil 6.58. a'da çentiklenme, b'de 601 μm ölçüsünde krater aşınması ve 228 μm talaş yüzeyi aşınması görülmüştür.

a)

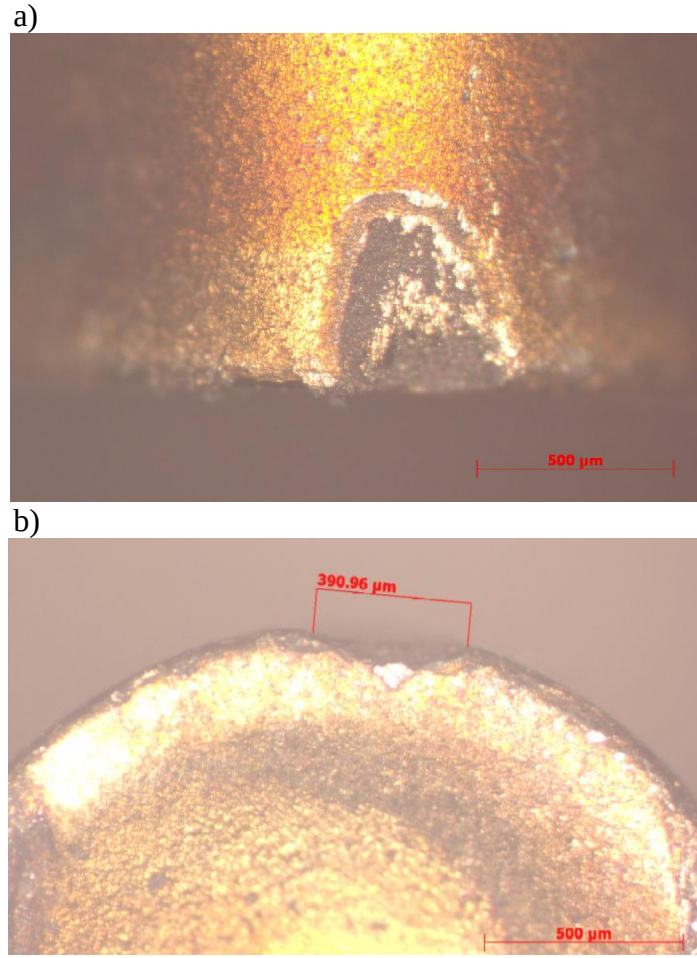


b)



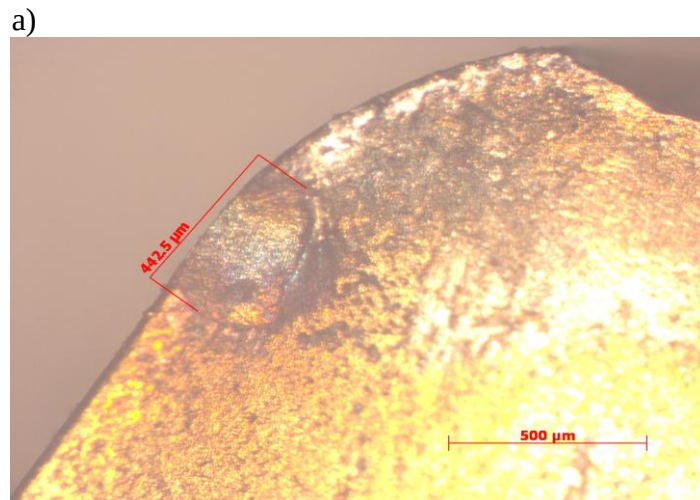
Şekil 6.58. a) TiN 2.1 μm 8. kenar burun kısmı, b) TiN 2.1 μm 8. kenar.

Şekil 6.59. a'da TiN 4 μm 8. kenar burun kısmı, b'de TiN 4 μm 8. kenar görülmektedir. Kesme hızı 210 m/dak ilerleme değeri 0.3 mm/devir alınmıştır. Şekil 6.59. a'da burun aşınması görülmektedir. Şekil 6.59. b'de 390 μm genişliğinde kopma meydana gelmiştir. Ayrıca ortalama 211 μm genişliğinde talaş yüzeyi aşınması görülmüştür.

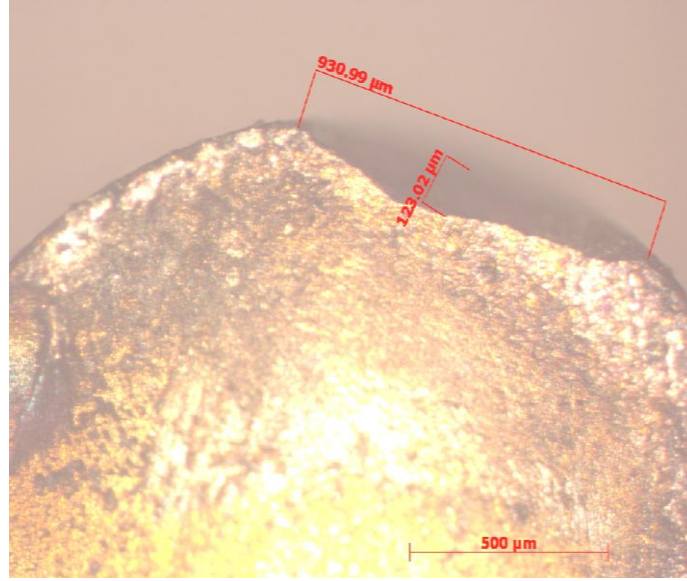


Şekil 6.59. a) TiN 4 μm 8. kenar burun kısmı, b) TiN 4 μm 8. kenar.

Şekil 6.60. a'da TiN 2.1 μm 9. kenar, b'de TiN 2.1 μm 9. kenar görülmektedir. Kesme hızı 120 m/dak ilerleme değeri 0.4 mm/devir alınmıştır. Şekil 6.60. a'da 442.5 μm genişliğinde BUE görülmektedir. 930 μm uzunluğunda ve 123 μm genişliğinde kesici uçta kopma meydana gelmiştir.

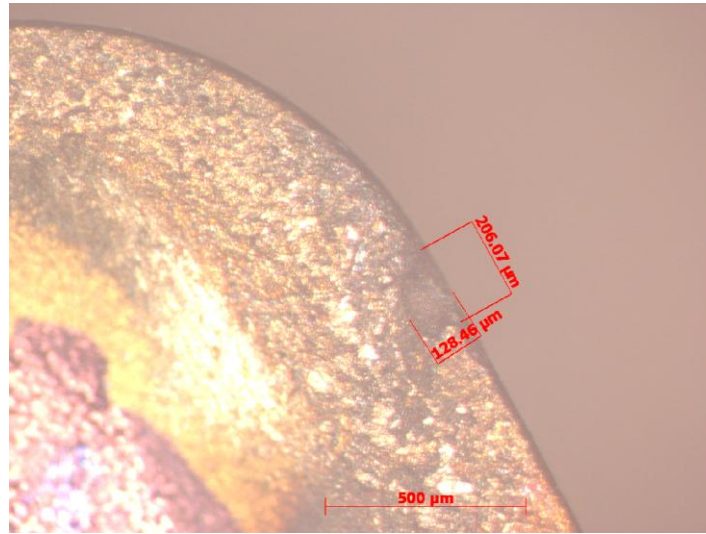


b)



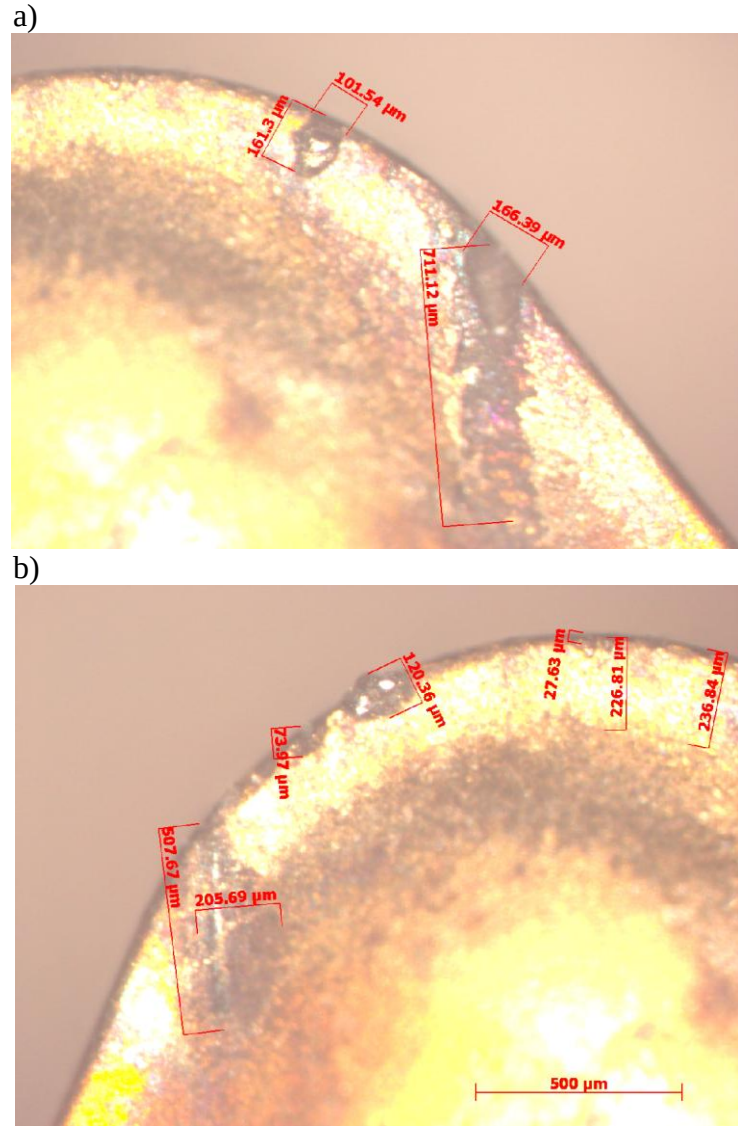
Şekil 6.60. a) TiN 2.1 µm sol 9. kenar, b) TiN 2.1 µm 9. kenar.

Şekil 6.61.'de TiN 4 µm 9. kenar görülmektedir. Kesme hızı 120 m/dak ilerleme değeri 0.4 mm/devir alınmıştır. 206 µm krater aşınması görülmektedir.



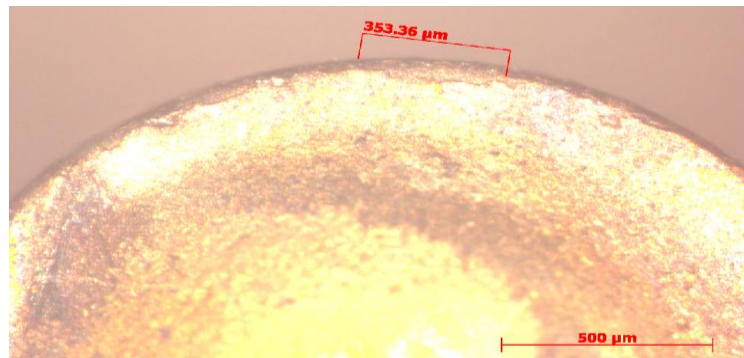
Şekil 6.61. TiN 4 µm 9. kenar.

Şekil 6.62. a ve b'de TiN 2.1 µm 10. kenar görülmektedir. Kesme hızı 150 m/dak ilerleme değeri 0.4 mm/devir alınmıştır. İki tip krater aşınması a'da, 711 µm uzunluğunda krater aşınması, 73 µm ölçüsünde kopma 27 µm çentik aşınması, ortalama 227 µm genişliğinde talaş yüzeyi aşınması ve 120 µm genişliğinde plastik şekil değiştirme ve talaş yapışması b'de görülmektedir.



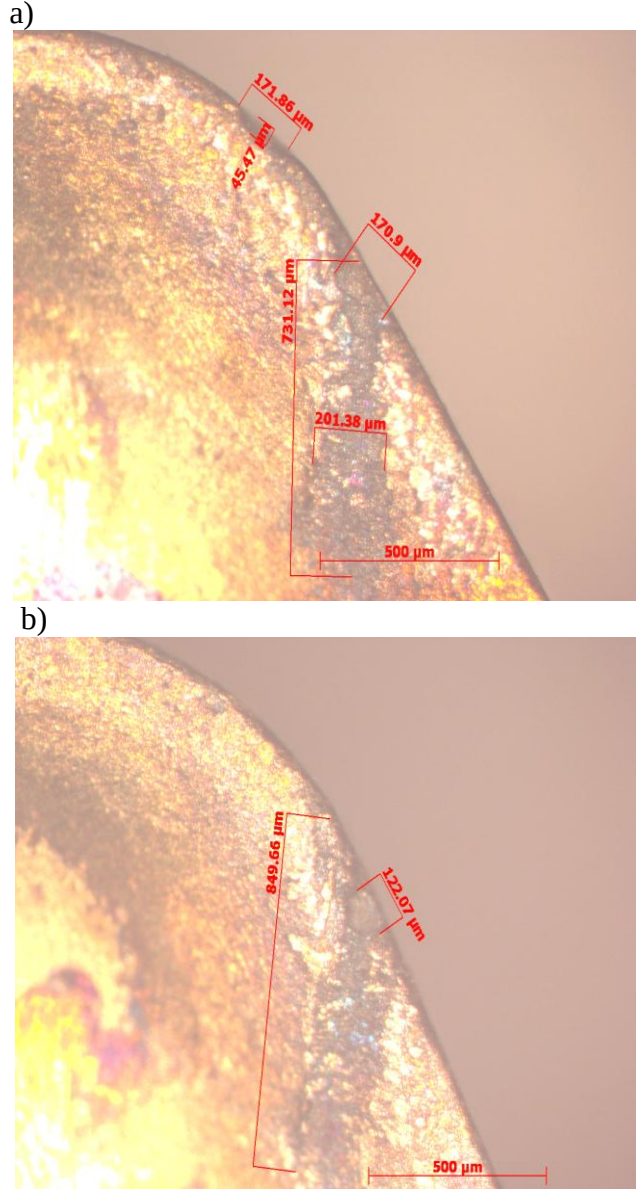
Şekil 6.62. a) TiN 2.1 μm sağ 10. kenar, b) TiN 2.1 μm sol 10. kenar.

Şekil 6.63’de TiN 4 μm 10. kenar görülmektedir. Kesme hızı 150 m/dak ilerleme değeri 0.4 mm/devir alınmıştır. Talaş vurma görülmektedir.



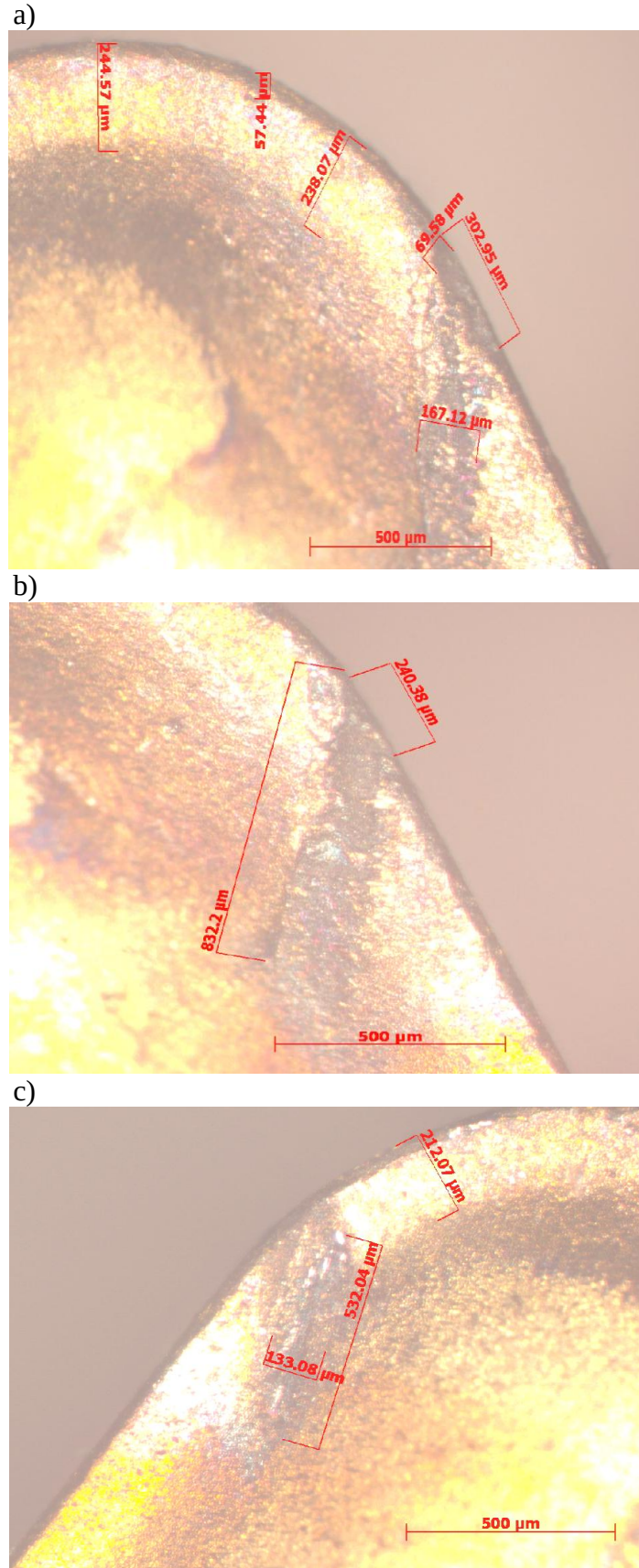
Şekil 6.63. TiN 4 μm 10. kenar.

Şekil 6.64. a'da TiN 2.1 μm 11. kenar, b'de TiN 4 μm 11. kenar görülmektedir. Kesme hızı 180 m/dak ilerleme değeri 0.4 mm/devir alınmıştır. Şekil 6.64. a'da 45.47 μm kopma, 731 μm boyunda krater aşınması, b'de 849 μm uzunluğunda krater aşınması, 122 μm ölçüsünde ikinci krater aşınması görülmüştür.



Şekil 6.64. a) TiN 2.1 μm 11. kenar, b) TiN 4 μm 11. kenar.

Şekil 6.65. a'da TiN 2.1 μm 12. kenar, b'de TiN 4 μm 12. kenar görülmektedir. Kesme hızı 210 m/dak ilerleme değeri 0.4 mm/devir alınmıştır. Şekil 6.65. a'da ortalama 241 μm talaş yüzeyi aşınması, 302 μm krater aşınması, 167 μm genişliğinde krater aşınması, b'de 832 μm uzunluğunda krater aşınması, c'de 242 μm ölçüsünde talaş yüzeyi aşınması, 532 μm uzunluğunda krater aşınması görülmüştür.



Şekil 6.65. a) TiN 2.1 μm 12. kenar, b) TiN 4 μm sağ 12. kenar,
b) TiN 4 μm sol 12. kenar.

6.5. TiAlNCr 3 μm ve 4.5 μm Kaplamanın Yüzey Pürüzlülük ve Aşınma Ölçümleri

Tablo 6.8.'de TiAlNCr 3 μm ve Tablo 6.9.'da TiAlNCr 4.5 μm kaplama kalınlığındaki numunelerin, altı noktadan yapılan yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları ve ortalama pürüzlülük değerleri görülmektedir.

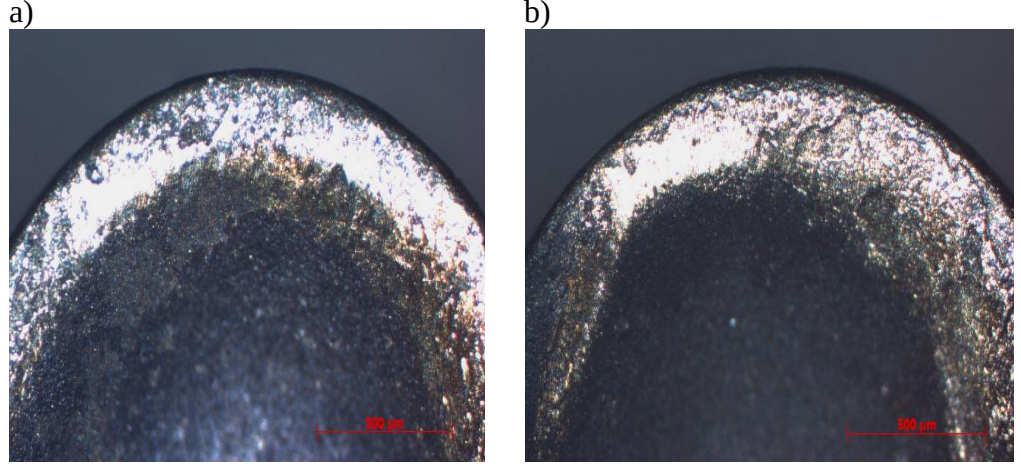
Tablo 6.8. TiAlNCr 3 μm kaplı numunelerin yüzey pürüzlülük değerleri.

AISI 304	İŞLEME ÖLÇÜLERİ QxL (mm)	DEVİR (devir/dk)	KESME HIZI (Vc) (m/dk)	TALAŞ DERİNLİĞİ (mm)	İLERLEME DEĞERİ (mm/devir)	YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ DEĞERLERİ (Ra)			Ortalama Ra
1	48x390	764	120	1	0.2	1.05	1.05	1.06	1.11
						1.09	1.20	1.20	
2	46x390	955	150	1	0.2	0.77	0.84	0.86	0.79
						0.78	0.72	0.78	
3	44x390	1146	180	1	0.2	0.78	0.91	0.75	0.85
						0.87	0.79	0.98	
4	42x390	1338	210	1	0.2	0.90	1.10	0.98	1.00
						0.93	1.12	0.96	
5	40x390	764	120	1	0.3	2.93	3.13	3.20	3.07
						2.92	3.05	3.16	
6	38x390	955	150	1	0.3	2.41	2.38	2.46	2.45
						2.48	2.49	2.47	
7	36x390	1146	180	1	0.3	2.38	2.45	2.41	2.40
						2.38	2.38	2.40	
8	34x390	1338	210	1	0.3	2.87	2.92	2.85	2.87
						2.86	2.84	2.90	
9	48x390	764	120	1	0.4	4.14	4.25	4.58	4.32
						4.42	4.26	4.28	
10	46x399	955	150	1	0.4	4.43	4.56	4.53	4.43
						3.98	4.62	4.43	
11	44x390	1146	180	1	0.4	4.61	4.80	4.55	4.69
						4.83	4.61	4.76	
12	42x390	1338	210	1	0.4	5.00	5.01	4.84	5.11
						5.42	5.24	5.15	

Tablo 6.9. TiAlNCr 4.5 µm kaplı numunelerin yüzey pürüzlülük değerleri.

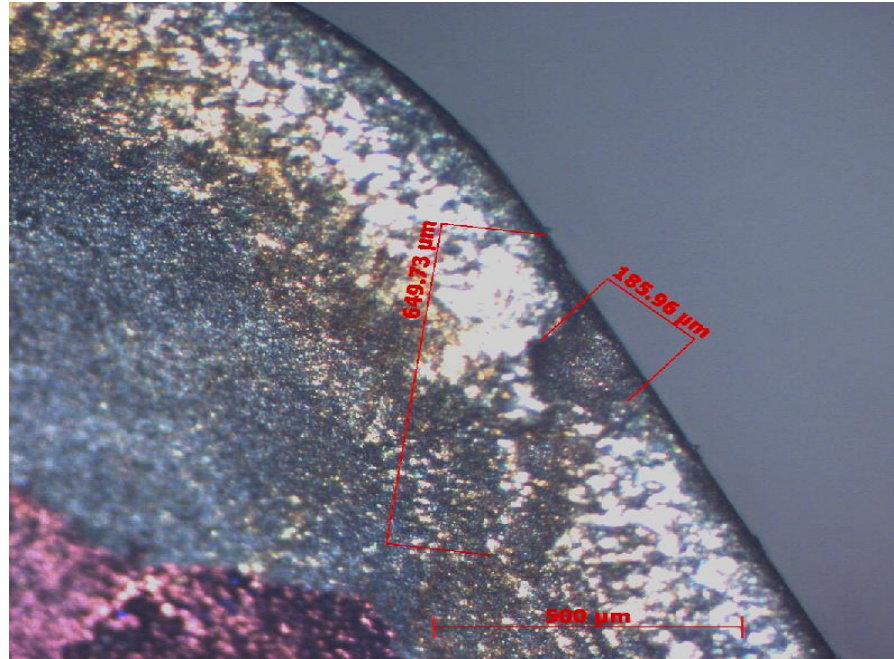
AISI 304	İŞLEME ÖLÇÜLERİ QxL (mm)	DEVİR (devir/dk)	KESME HIZI (Vc) (m/dk)	TALAŞ DERİNLİĞİ (mm)	İLERLEME DEĞERİ (mm/devir)	YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ DEĞERLERİ (Ra)			Ortalama Ra
1	48x390	764	120	1	0.2	1.12	0.96	1.13	1.05
						1.04	1.11	0.94	
2	46x390	955	150	1	0.2	1.03	1.10	0.95	1.03
						1.05	1.00	1.02	
3	44x390	1146	180	1	0.2	1.26	1.21	1.12	1.12
						1.15	1.02	0.96	
4	42x390	1338	210	1	0.2	1.04	1.05	1.11	1.04
						1.03	0.94	1.07	
5	40x390	764	120	1	0.3	2.23	2.27	2.17	2.21
						2.25	2.27	2.04	
6	38x390	955	150	1	0.3	2.53	2.69	2.48	2.58
						2.65	2.64	2.48	
7	36x390	1146	180	1	0.3	2.50	2.51	2.43	2.47
						2.44	2.52	2.41	
8	34x390	1338	210	1	0.3	5.21	5.25	5.55	5.43
						5.47	5.50	5.60	
9	48x390	764	120	1	0.4	4.50	4.52	4.62	4.55
						4.70	4.35	4.58	
10	46x399	955	150	1	0.4	4.43	4.39	4.49	4.44
						4.51	4.78	4.06	
11	44x390	1146	180	1	0.4	4.57	4.70	4.37	4.55
						4.47	4.46	4.71	
12	42x390	1338	210	1	0.4	4.33	4.39	4.76	4.55
						4.67	4.60	4.54	

Şekil 6.66. a ve b’de kesme hızı 120 m/dak ilerleme değeri 0.2 mm/devir alınmıştır. Üç noktadan yapılan ölçümde a’da 189 μm talaş yüzeyi aşınması, 97 μm krater aşınması, b’de 180 μm talaş yüzeyi aşınması görülmüştür.



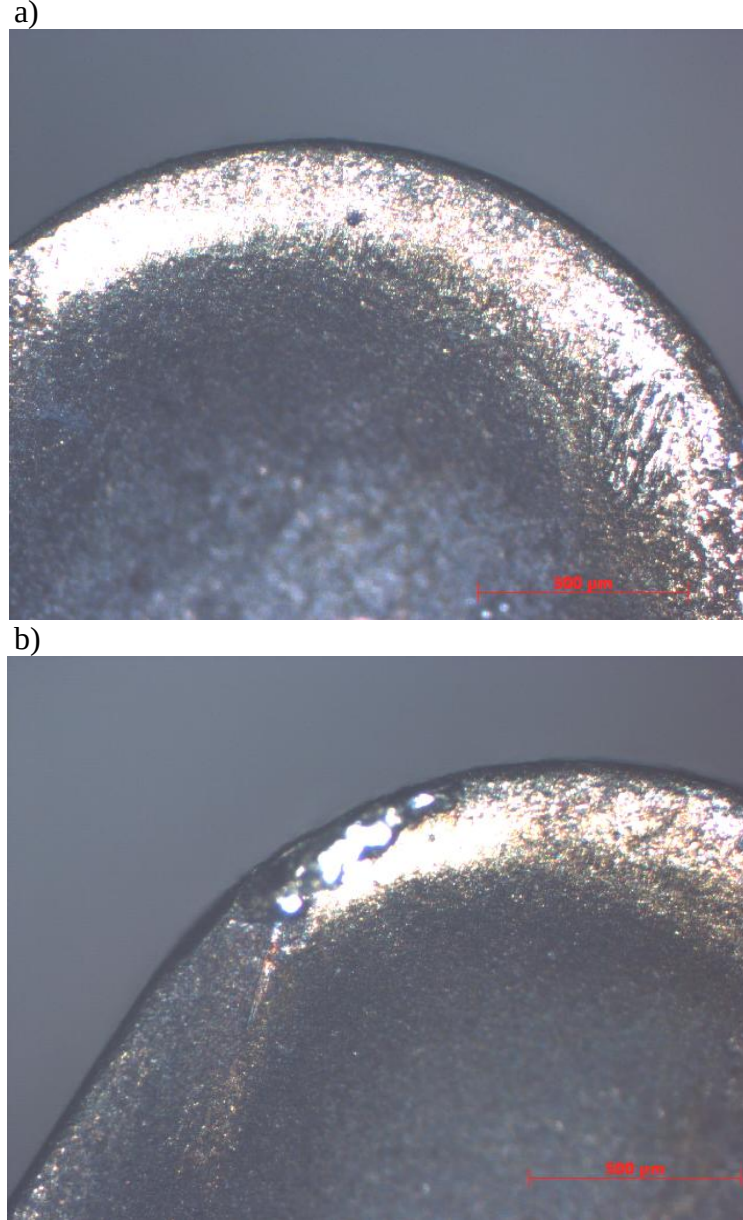
Şekil 6.66. a) TiAlNCr 3 μm 1. kenar, b) TiAlNCr 4.5 μm 1. kenar.

Şekil 6.67.’de kesme hızı 150 m/dak ilerleme değeri 0.2 mm/devir alınmıştır. TiAlNCr 3 μm 2. kenarda 649 μm uzunluğunda ve 185 μm genişliğinde krater aşınması, TiAlNCr 4.5 μm 2. kenarda iki nokta şeklinde krater aşınması, 233 μm talaş yüzeyi aşınması ve 150 μm kopma görülmektedir.



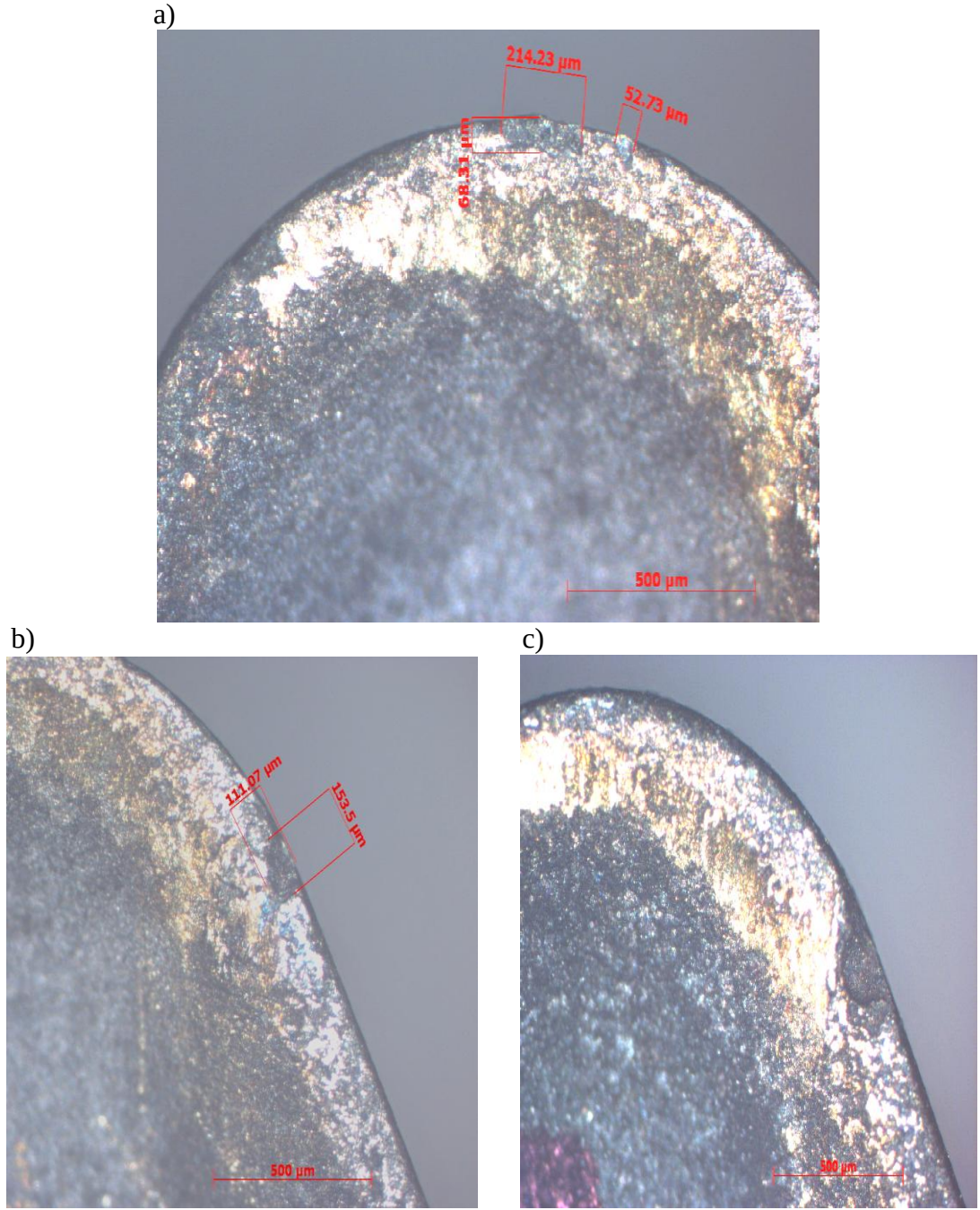
Şekil 6.67. TiAlNCr 3 μm 2. kenar.

Şekil 6.68. a ve b’de kesme hızı 180 m/dak ilerleme değeri 0.2 mm/devir alınmıştır. Şekil 6.68. a’da 209 μm uzunluğunda talaş yüzeyi aşınması aşınması, b’de iki tip krater aşınması ve 233 μm genişliğinde talaş yapışması görülmektedir.



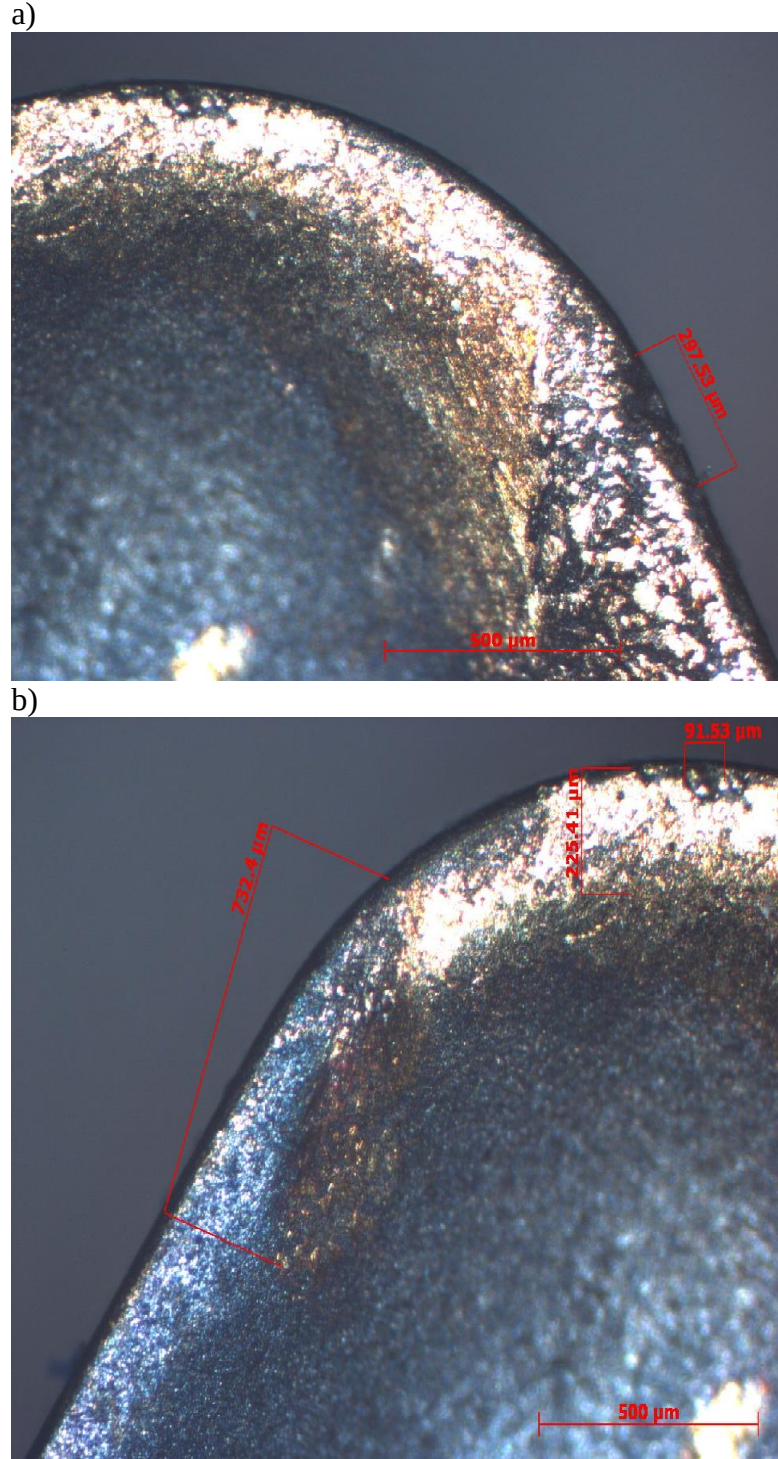
Şekil 6.68. a) TiAlNCr 3 μm 3. kenar, b) TiAlNCr 4.5 μm 3. kenar.

Şekil 6.69.’da kesme hızı 210 m/dak ilerleme değeri 0.2 mm/devir alınmıştır. a’da 224 μm , 52 μm ölçülerinde çentik aşınması, b’de 153 μm krater aşınması, c’de 185 μm kopma görülmektedir.



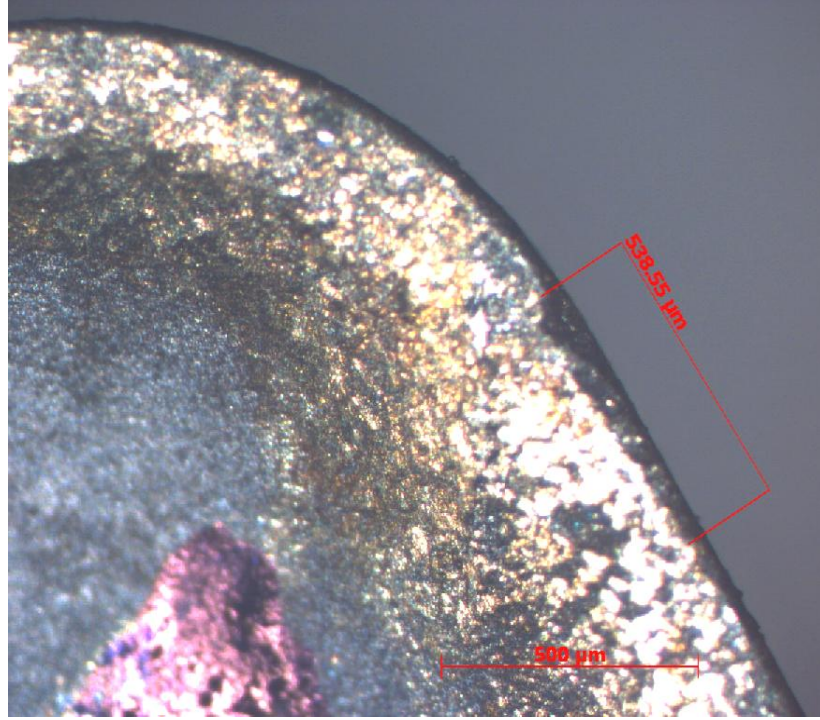
Şekil 6.69. a) TiAlNCr 3 µm 4. kenar, b) TiAlNCr 3 µm sağ 4. kenar, c) TiAlNCr 4.5 µm 4. kenar.

Şekil 6.70. a ve b’de TiAlNCr 3 µm 5. kenar görülmektedir. Kesme hızı 120 m/dak ilerleme değeri 0.3 mm/devir alınmıştır. 297 µm genişliğinde kopma, b’de 732 µm uzunluğunda ısıl çatlaklar, 91 µm genişliğinde krater aşınması, 226 µm talaş yüzeyi aşınması görülmüştür. TiAlNCr 4.5 µm kaplama kalınlığında 5. kenarda aşınma görülmemiştir.



Şekil 6.70. a) TiAlN/Cr 3 μm sağ 5. kenar, b) TiAlN/Cr 3 μm sol 5. kenar.

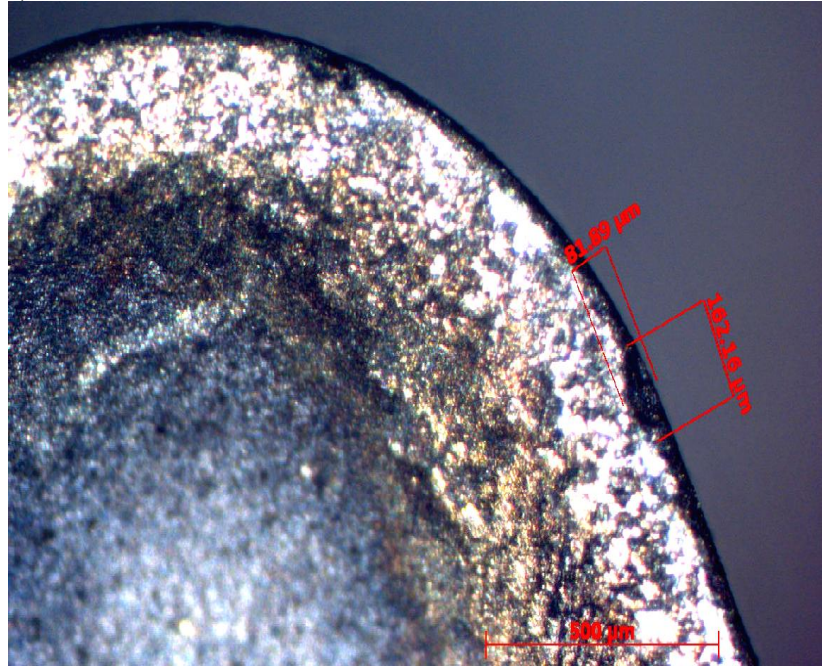
Şekil 6.71. 'de kesme hızı 150 m/dak ilerleme değeri 0.3 mm/devir alınmıştır. 538.55 μm boyunda BUE görülmüştür. TiAlN/Cr 4.5 μm kaplama kalınlığında 6. kenarda aşınma görülmemiştir.



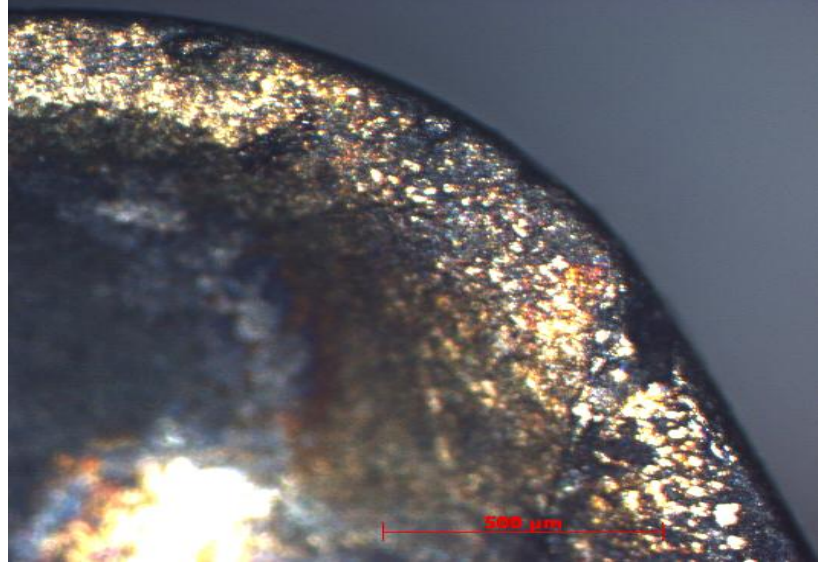
Şekil 6.71. TiAlNCr 3 μm 6. kenar.

Şekil 6.72. a ve b'de kesme hızı 180 m/dak ilerleme değeri 0.3 mm/devir alınmıştır. Şekil 6.72. a'da ortalama 221 μm genişliğinde talaş yüzeyi aşınması, 81μm ölçüsünde kopma tespit edilmiştir. Şekil 6.72. b'de 107 μm kopma görülmüştür.

a)



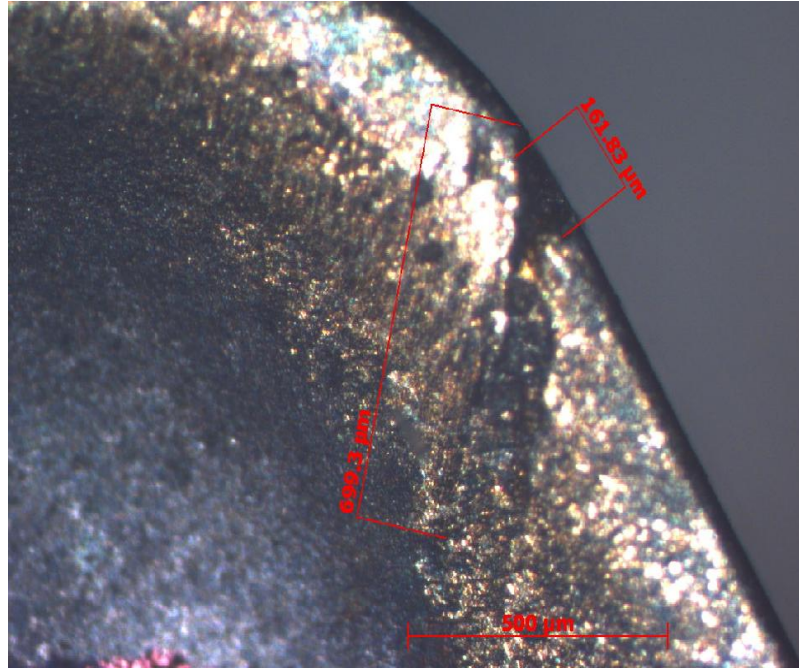
b)

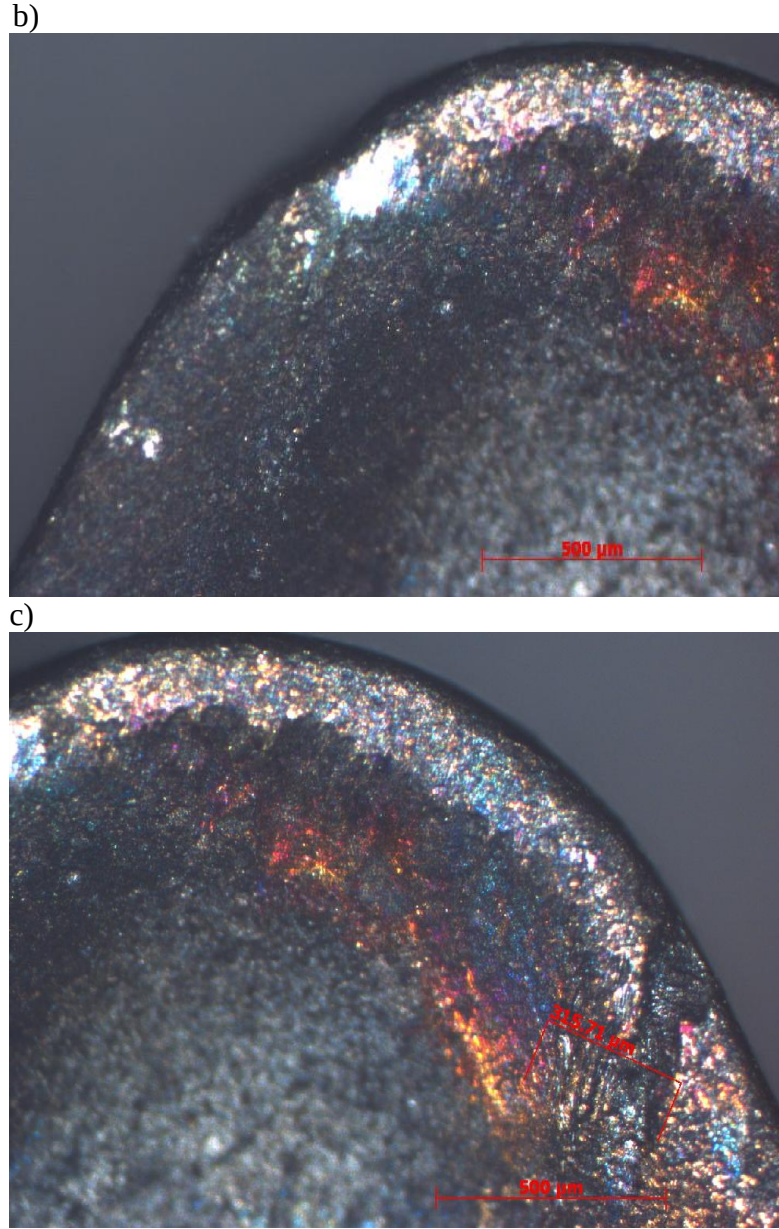


Şekil 6.72. a) TiAlNCr 3 μm 7. kenar, b) TiAlNCr 4.5 μm 7. kenar.

Şekil 6.73. a, b ve c’de kesme hızı 210 m/dak ilerleme değeri 0.3 mm/devir alınmıştır. Şekil 6.73. a’da krater aşınması görülmektedir, ayrıca 185 μm talaş yüzeyi aşınması meydana gelmiştir. Şekil 6.73. b’de plastik şekil değiştirme, Şekil 6.73. c’de 315 μm genişliğinde talaş sıvanması görülmüştür.

a)



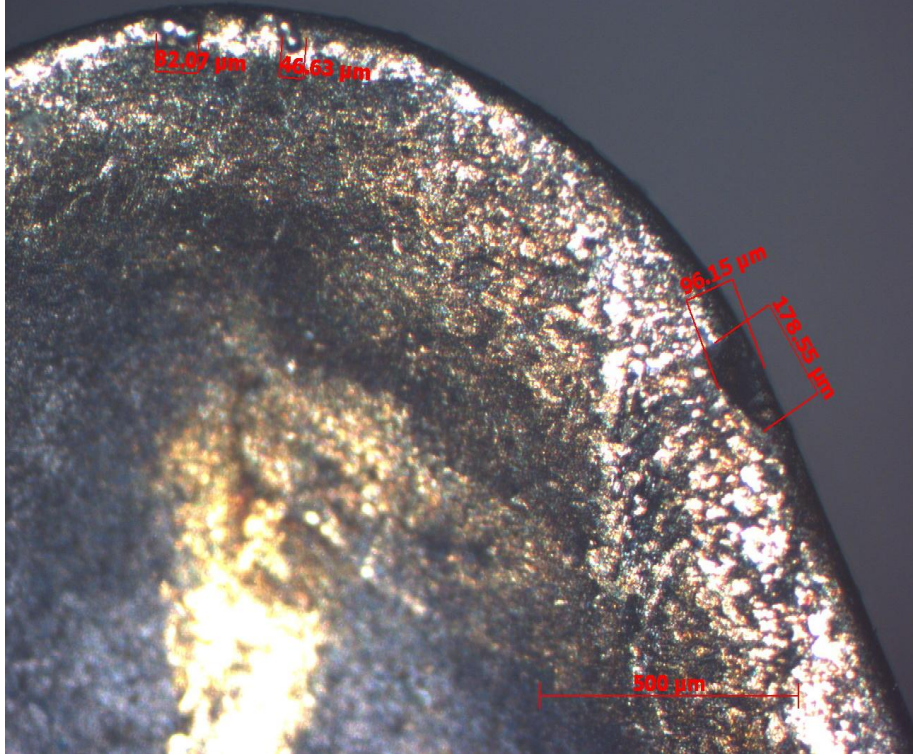


Şekil 6.73. a) TiAlNCr 3 μm 8. kenar, b) TiAlNCr 4.5 μm sol 8. kenar,

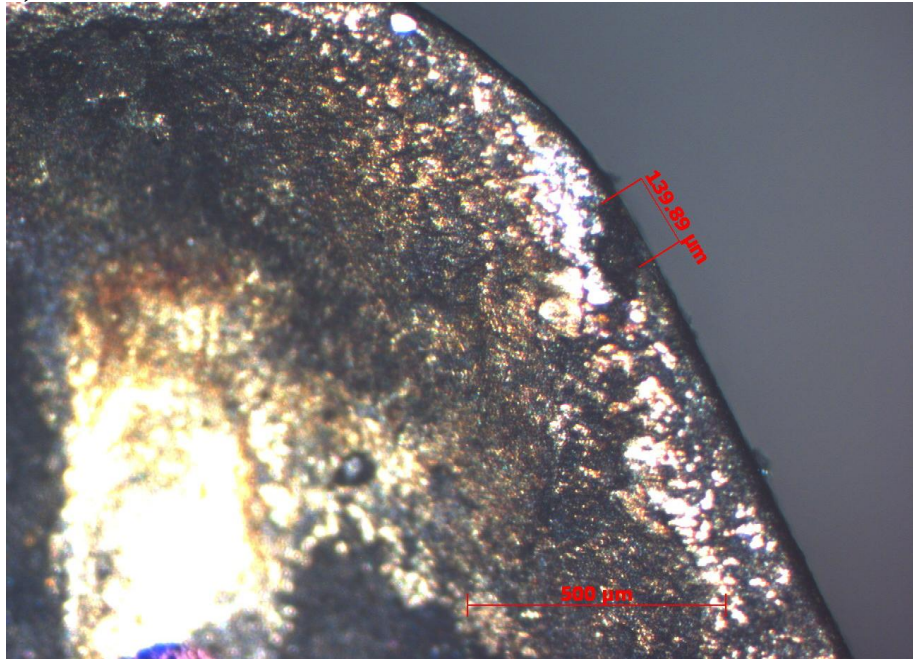
c) TiAlNCr 4.5 μm 8. kenar.

Şekil 6.74. a'da TiAlNCr 3 μm 9. kenar, Şekil 6.74. b'de TiAlNCr 4.5 μm 9. kenar görülmektedir. Kesme hızı 120 m/dak ilerleme değeri 0.4 mm/devir alınmıştır. a'da 82 μm ve 46 μm ölçülerinde krater aşınması, 96 μm kopma, b'de 139 μm kopma görülmüştür.

a)

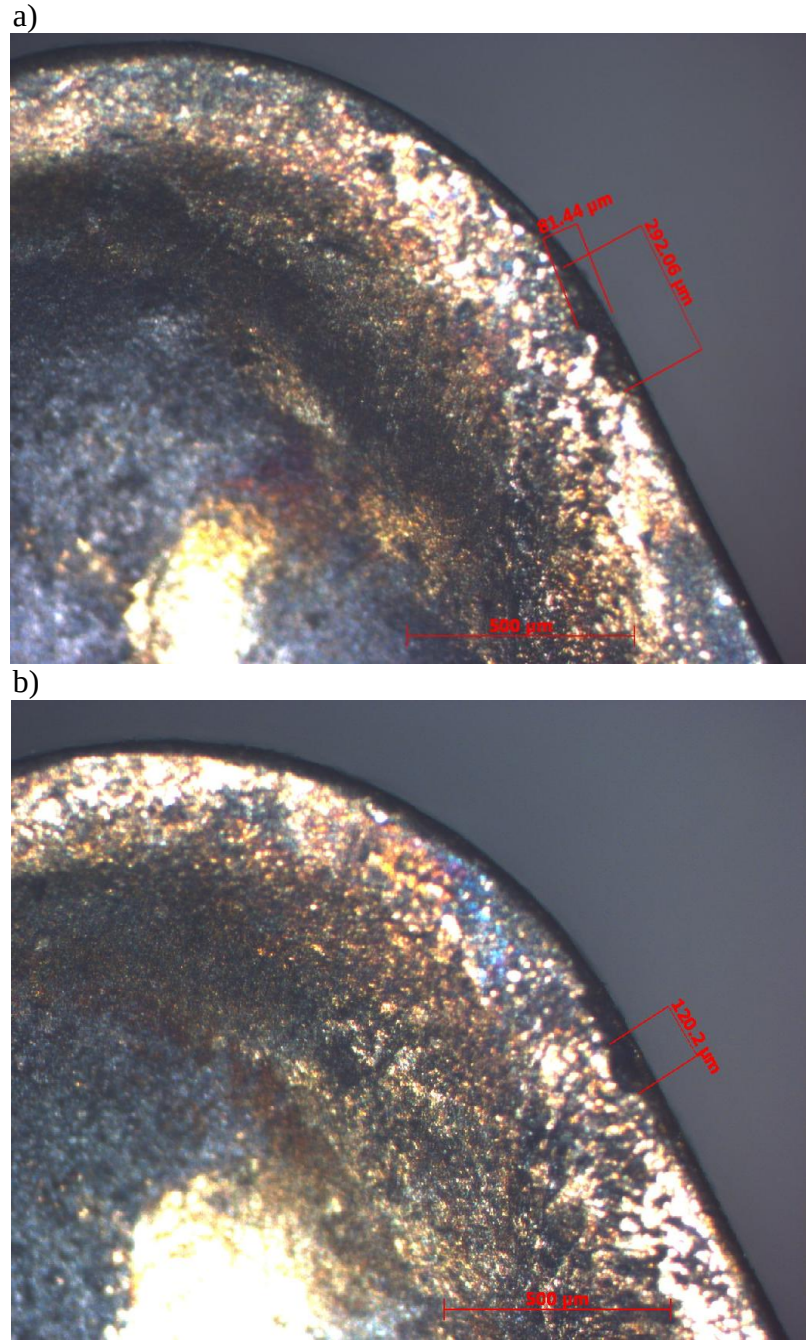


b)



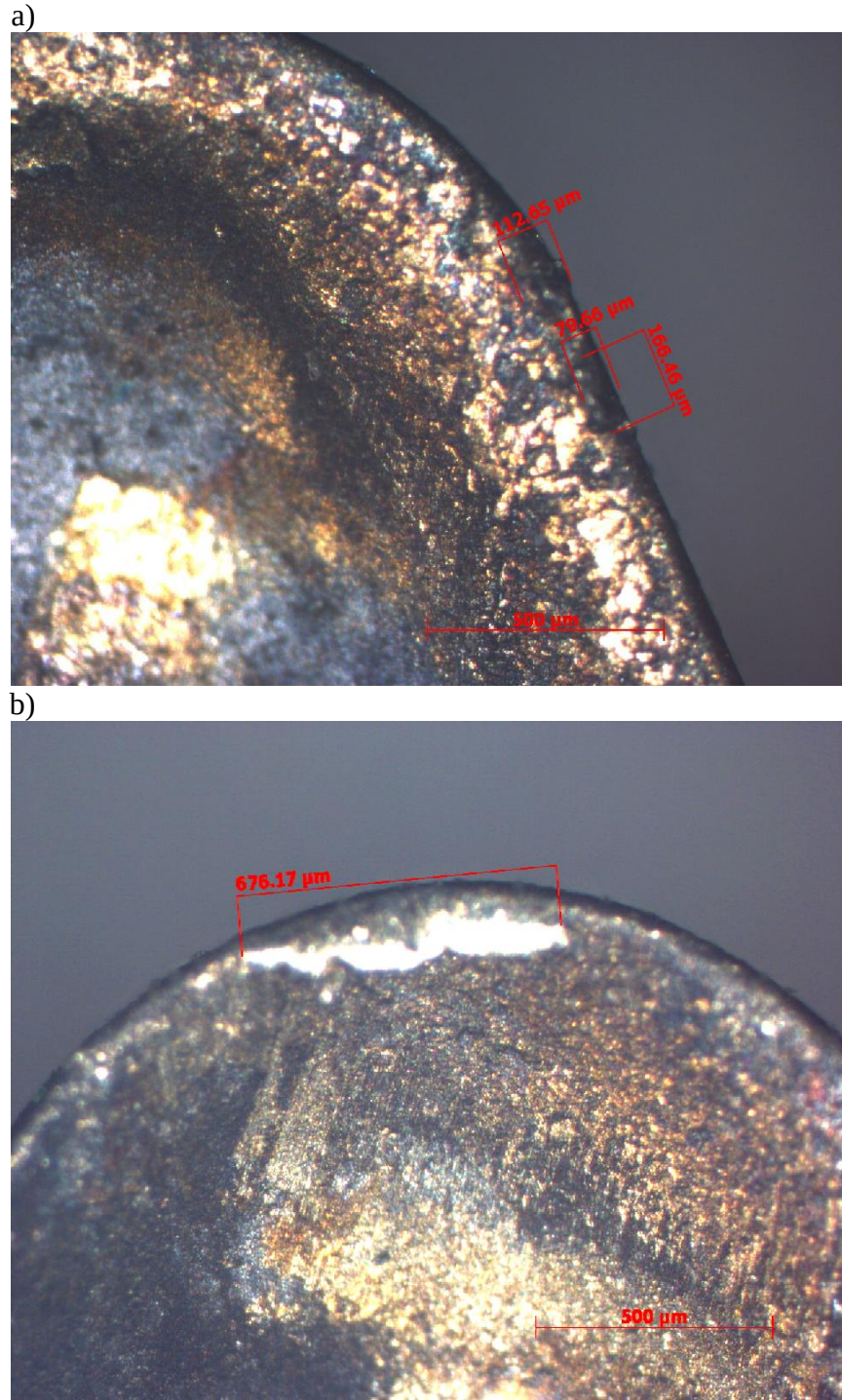
Şekil 6.74. a) TiAlNCr 3 μm 9. kenar, b) TiAlNCr 4.5 μm 9. kenar.

Şekil 6.75. a ve b’de kesme hızı 150 m/dak ilerleme değeri 0.4 mm/devir alınmıştır. Şekil 6.75. a’da, 292 μm uzunluğunda krater aşınması, 93 μm ölçüsünde kopma 157 μm genişliğinde talaş yüzeyi aşınması, TiAlNCr 4.5 μm 10. Kenarda 120 μm kopma görülmüştür.



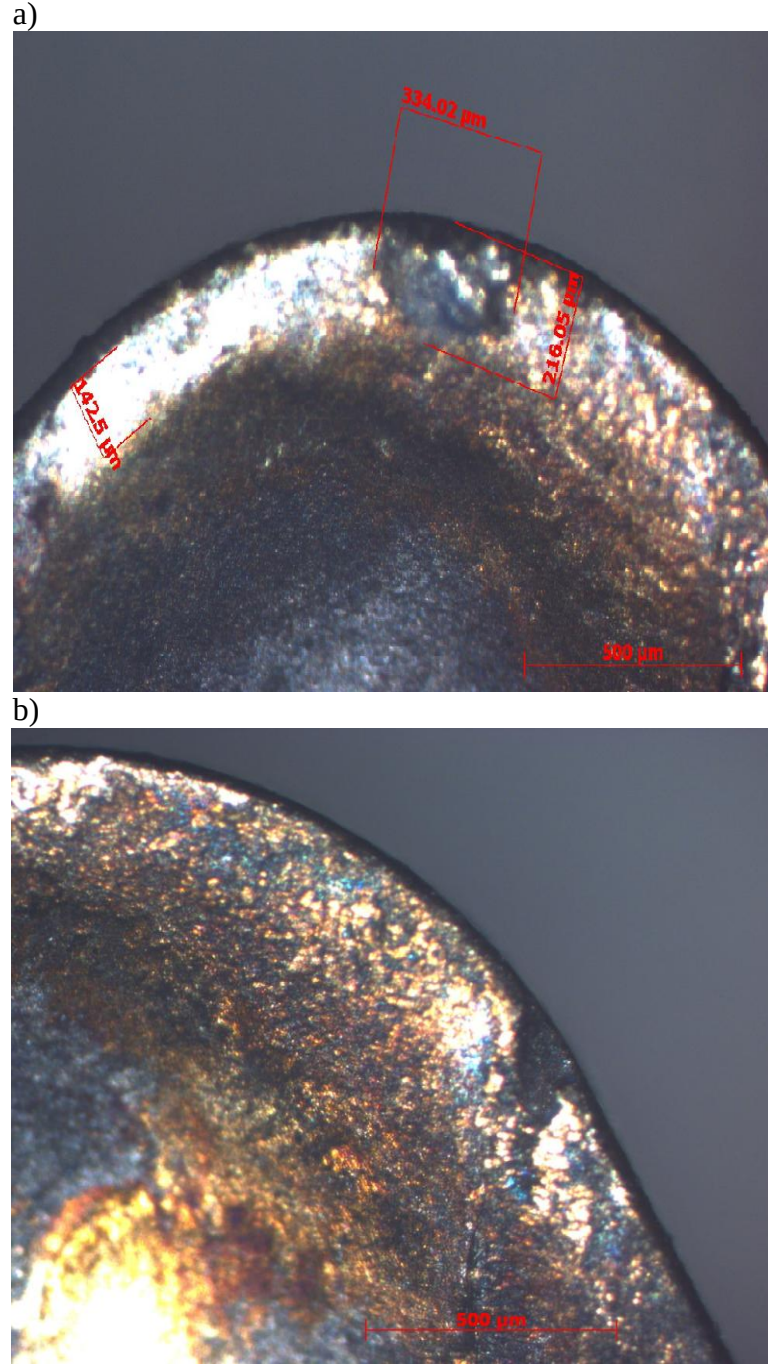
Şekil 6.75. a) TiAlNCr 3 µm 10. kenar, b) TiAlNCr 4.5 µm 10. kenar.

Şekil 6.76. a ve b'de kesme hızı 180 m/dak ilerleme değeri 0.4 mm/devir alınmıştır. Şekil 6.76. a'da 112 µm kopma, 79.66 µm krater aşınması, ortalama 238 talaş yüzeyi aşınması, Şekil 6.76. b'de 676 µm uzunluğunda krater aşınması görülmüştür.



Şekil 6.76. a) TiAlNCr 3 µm 11. kenar, b) TiAlNCr 4.5 µm 11. kenar.

Şekil 6.5.12. a ve b’de kesme hızı 210 m/dak ilerleme değeri 0.4 mm/devir alınmıştır. Şekil 6.5.12. a’da 142 µm talaş yüzeyi aşınması, 216 µm genişliğinde 334 µm boyunda krater aşınması, Şekil 6.5.12. b’de kopma, 213 µm ölçüsünde talaş yüzeyi aşınması, görülmüştür.



Şekil 6.77. a) TiAlNCr 3 μm 12. kenar, b) TiAlNCr 4.5 μm 12. kenar.

6.6. TiAlNC 2 μm ve 3.5 μm Kaplamanın Yüzey Pürüzlülük ve Aşınma Ölçümleri

Tablo 6.10.'da TiAlNC 2 μm ve Tablo 6.11.'de TiAlNC 3.5 μm kaplama kalınlığındaki numunelerin, altı noktadan yapılan yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları ve ortalama pürüzlülük değerleri görülmektedir.

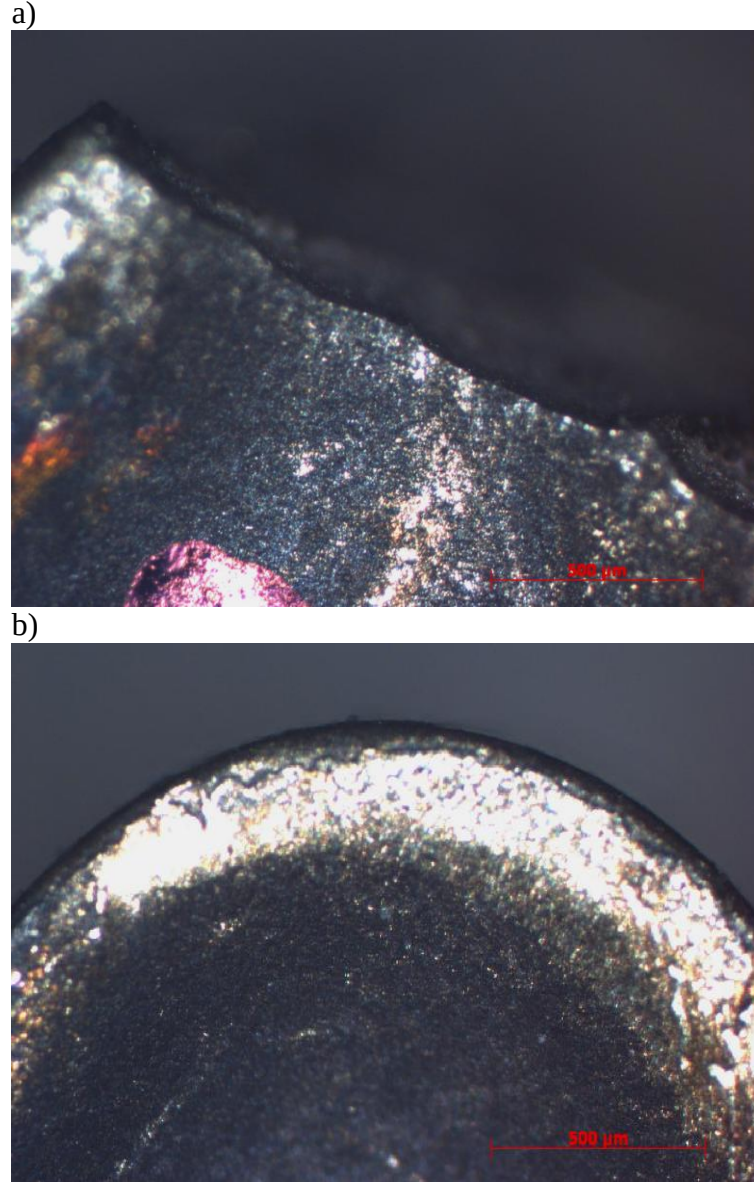
Tablo 6.10. TiAlNC 2 μm kaplı numunelerin yüzey pürüzlülük değerleri.

AISI 304	İŞLEME ÖLÇÜLERİ QxL (mm)	DEVİR (devir/dk)	KESME HIZI (Vc) (m/dk)	TALAŞ DERİNLİĞİ (mm)	İLERLEME DEĞERİ (mm/devir)	YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ DEĞERLERİ (Ra)			Ortalama Ra
1	48x390	764	120	1	0.2	1.07	1.01	0.91	1.00
						0.97	0.98	1.06	
2	46x390	955	150	1	0.2	1.02	1.10	1.13	1.04
						1.04	0.95	1.02	
3	44x390	1146	180	1	0.2	0.64	0.61	0.66	0.61
						0.61	0.52	0.62	
4	42x390	1338	210	1	0.2	0.81	0.95	1.01	0.93
						0.92	0.96	0.90	
5	40x390	764	120	1	0.3	2.45	2.30	2.35	2.29
						2.27	2.36	2.03	
6	38x390	955	150	1	0.3	2.25	2.38	2.67	2.54
						2.47	2.84	2.65	
7	36x390	1146	180	1	0.3	2.55	2.59	2.56	2.56
						2.54	2.51	2.62	
8	34x390	1338	210	1	0.3	2.30	2.44	2.33	2.36
						2.45	2.27	2.37	
9	48x390	764	120	1	0.4	4.23	4.46	4.25	4.35
						4.57	4.54	4.03	
10	46x399	955	150	1	0.4	5.12	5.05	5.25	5.18
						5.00	5.39	5.29	
11	44x390	1146	180	1	0.4	4.07	4.30	4.02	4.17
						4.24	4.25	4.15	
12	42x390	1338	210	1	0.4	4.59	4.70	4.75	4.72
						4.81	4.67	4.78	

Tablo 6.11. TiAlNC 3.5 µm kaplı numunelerin yüzey pürüzlülük değerleri.

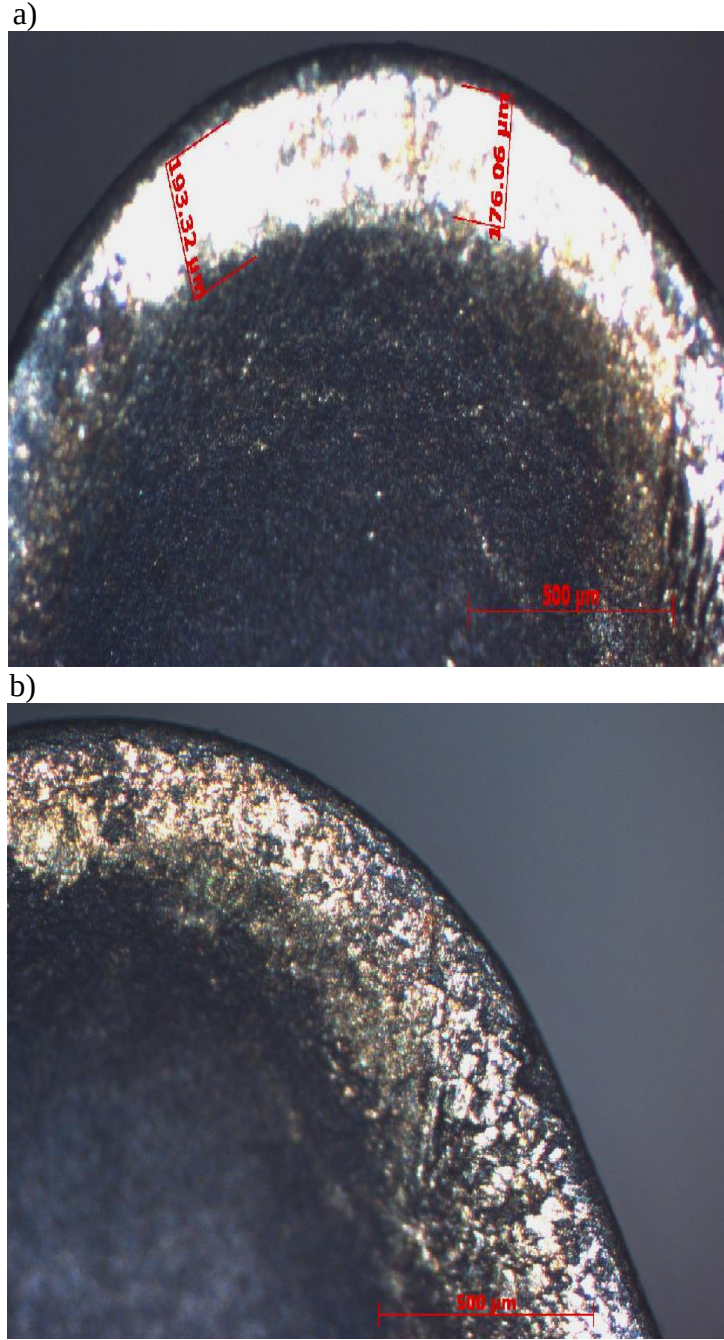
AISI 304	İŞLEME ÖLÇÜLERİ QxL (mm)	DEVİR (devir/dk)	KESME HIZI (Vc) (m/dk)	TALAŞ DERİNLİĞİ (mm)	İLERLEME DEĞERİ (mm/devir)	YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ DEĞERLERİ (Ra)			Ortalama Ra
1	48x390	764	120	1	0.2	1.25	1.41	1.26	1.29
						1.21	1.41	1.21	
2	46x390	955	150	1	0.2	1.29	1.39	1.30	1.33
						1.37	1.32	1.33	
3	44x390	1146	180	1	0.2	1.50	1.51	1.66	1.45
						1.36	1.38	1.27	
4	42x390	1338	210	1	0.2	1.39	1.13	0.99	1.17
						1.47	1.03	0.98	
5	40x390	764	120	1	0.3	2.94	2.93	2.82	2.86
						2.58	2.92	2.99	
6	38x390	955	150	1	0.3	2.93	2.83	3.02	3.00
						2.93	3.15	3.13	
7	36x390	1146	180	1	0.3	2.96	3.01	2.82	3.01
						2.97	3.13	3.15	
8	34x390	1338	210	1	0.3	2.10	2.39	2.42	2.30
						2.15	2.35	2.41	
9	48x390	764	120	1	0.4	4.96	4.59	4.88	4.62
						4.26	4.30	4.72	
10	46x399	955	150	1	0.4	3.93	4.13	3.78	3.96
						4.01	4.02	3.88	
11	44x390	1146	180	1	0.4	4.63	4.82	4.69	4.77
						4.73	4.80	4.92	
12	42x390	1338	210	1	0.4	5.01	4.89	4.81	4.89
						4.98	4.73	4.89	

Şekil 6.78. a ve b’de TiAlNC 2 μm ve 3.5 μm 1. kenar görülmektedir. Kesme hızı 120 m/dak ilerleme değeri 0.2 mm/devir alınmıştır. Şekil 6.78. a’da kesici uç kırılmıştır, Şekil 6.78. b’de ortalama 220 μm genişliğinde talaş yüzeyi aşınması görülmüştür.



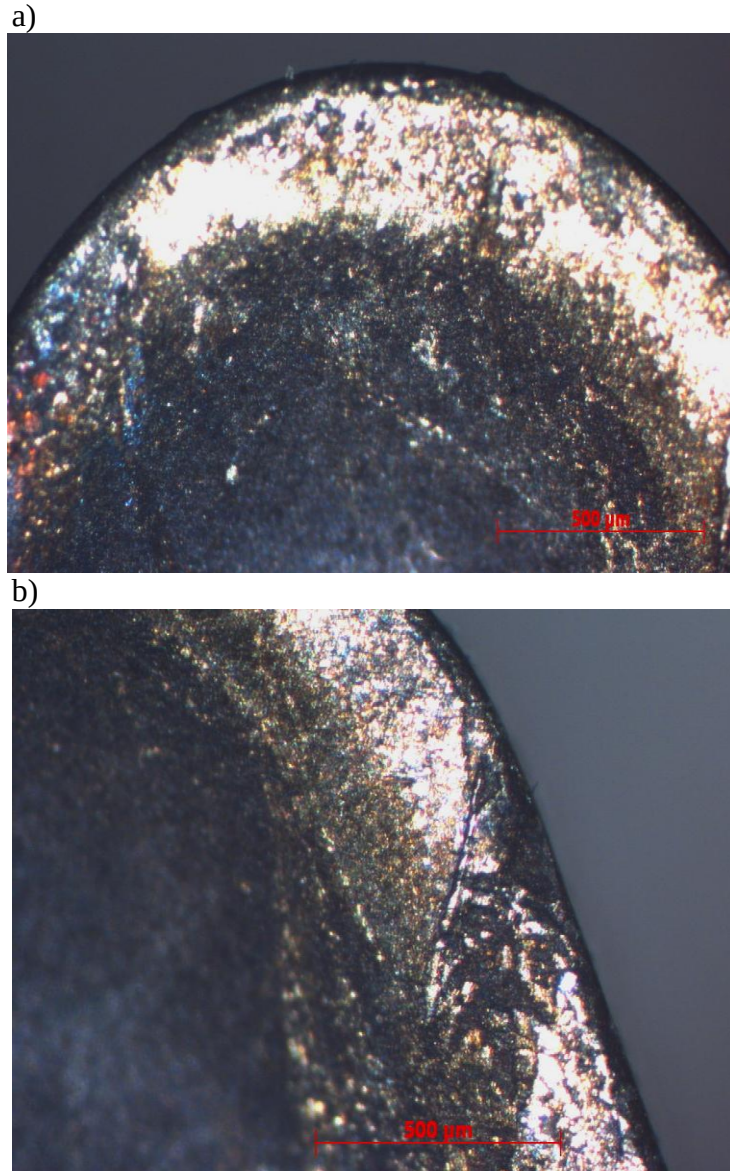
Şekil 6.78. a) TiAlNC 2 μm 1. kenar, b) TiAlNC 3.5 μm 1. kenar.

Şekil 6.79. a ve b’de TiAlNC 2 μm ve 3.5 μm 2. kenar görülmektedir. Kesme hızı 150 m/dak ilerleme değeri 0.2 mm/devir alınmıştır. A’da ortalama 186 μm talaş yüzeyi aşınması, b’de 108 μm boyunda 109 μm genişliğinde kopma görülmüştür.



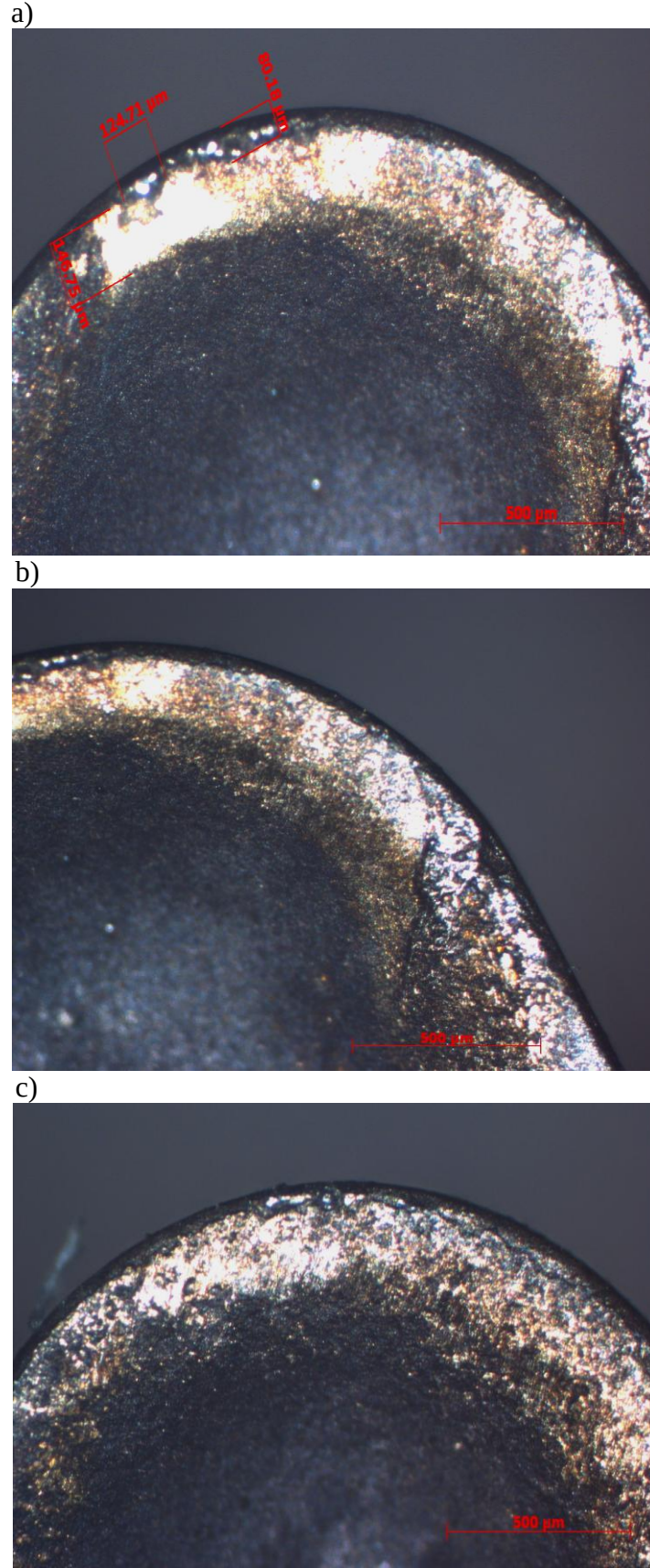
Şekil 6.79. a) TiAlNC 2 μ m 2. kenar, b) TiAlNC 3.5 μ m 2. kenar.

Şekil 6.80. a ve b'de TiAlNC 2 μ m ve 3.5 μ m 3. kenar görülmektedir. Kesme hızı 180 m/dak ilerleme değeri 0.2 mm/devir alınmıştır. A'da ortalama 197 μ m talaş yüzeyi aşınması, b'de ortalama 222 μ m talaş yüzeyi aşınması, talaş yapışması ve 150 μ m genişliğinde ve 550 μ m boyunda krater aşınması görülmüştür.



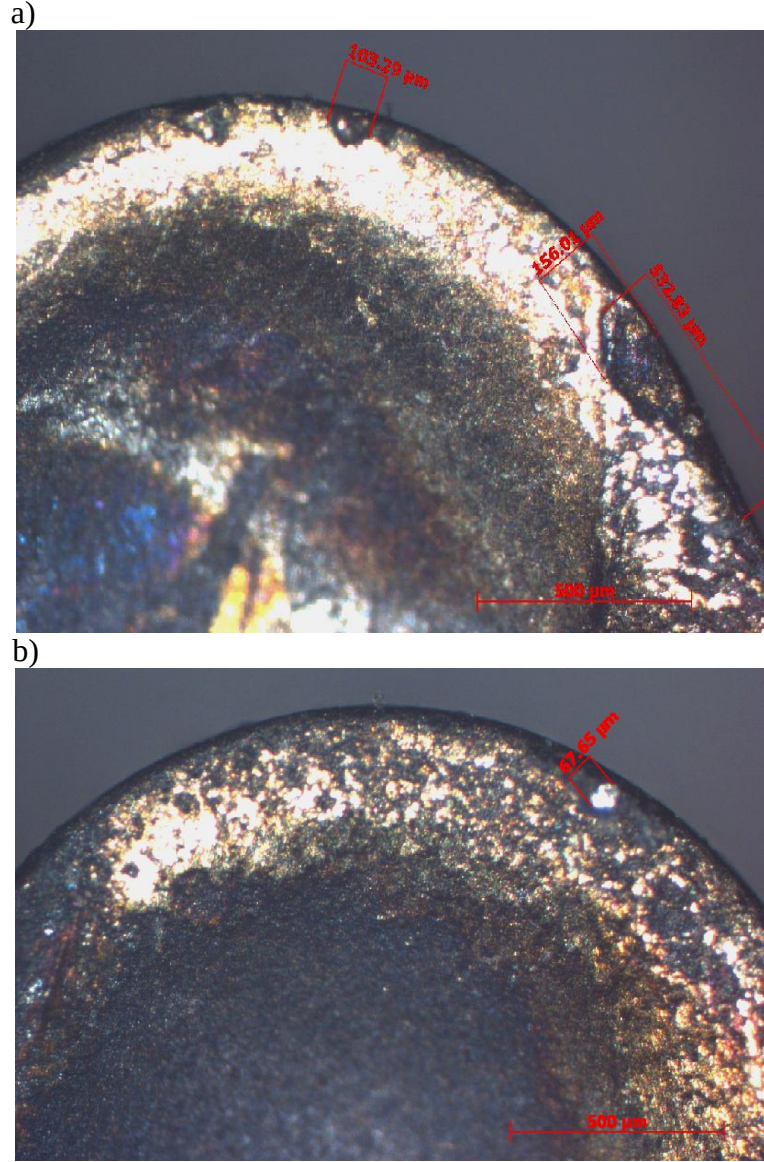
Şekil 6.80. a) TiAlNC 2 µm 3. kenar, b) TiAlNC 3.5 µm 3. kenar.

Şekil 6.81. a ve b'de TiAlNC 2 µm, c'de 3.5 µm 4. kenar görülmektedir. Kesme hızı 210 m/dak ilerleme değeri 0.2 mm/devir alınmıştır. A'da ortalama 200 µm talaş yüzeyi aşınması, 124 µm ve 80 µm krater aşınması, b'de 670 µm boyunda krater aşınması, c'de 140 µm ve 49 µm krater aşınması, ortalama 198 µm talaş yüzeyi aşınması meydana gelmiştir. TiAlNC 2 µm ve 3.5 µm kaplama kalınlığında 5. kenarda aşınma görülmemiştir. Kesme hızı 120 m/dak, ilerleme değeri 0.3 mm/devir'dir.



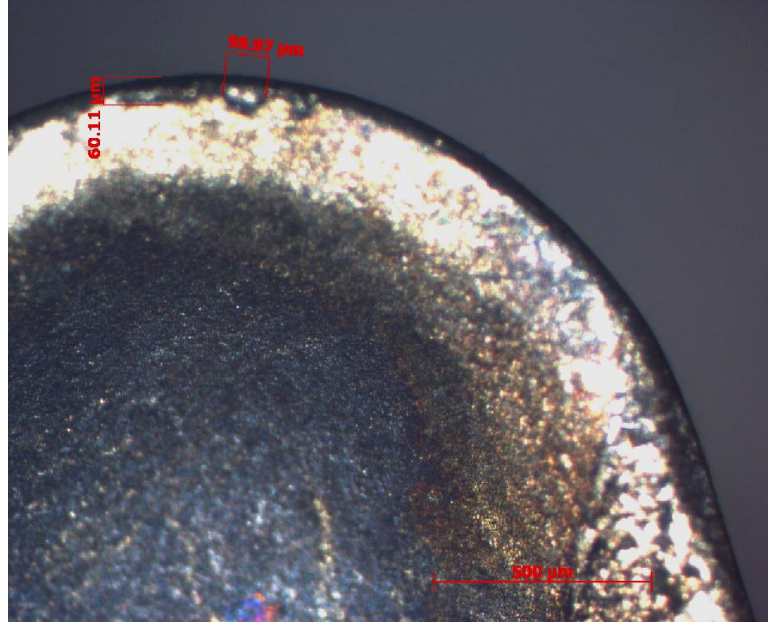
Şekil 6.81. a) TiAlNC 2 μm 4. kenar, b) TiAlNC 2 μm 4. kenar sağ,
c) TiAlNC 3.5 μm 4. kenar.

Şekil 6.82. a ve b’de TiAlNC 2 μm ve 3.5 μm 6. kenar görülmektedir. Kesme hızı 150 m/dak ilerleme değeri 0.3 mm/devir alınmıştır. a’da iki adet krater aşınması ve 98 μm ölçüsünde kopma meydana gelmiştir. b’de 67 μm krater aşınması, görülmüştür.



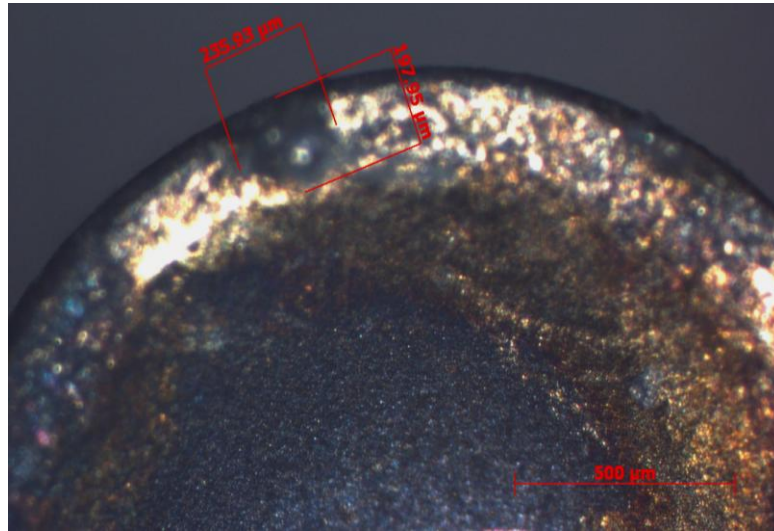
Şekil 6.82. a) TiAlNC 2 μm 6. kenar, b) TiAlNC 3.5 μm 6. kenar.

Şekil 6.83.’de TiAlNC 2 μm 7. kenar görülmektedir. Kesme hızı 180 m/dak ilerleme değeri 0.3 mm/devir alınmıştır. 60 μm ve 98 μm ölçüsünde krater aşınması, 294 μm ölçüsünde talaş yüzeyi aşınması meydana gelmiştir. TiAlNC 3.5 μm 7. kenarda 168 μm talaş yüzeyi aşınması, 603 μm boyunda krater aşınması ve talaş yapışması görülmüştür.



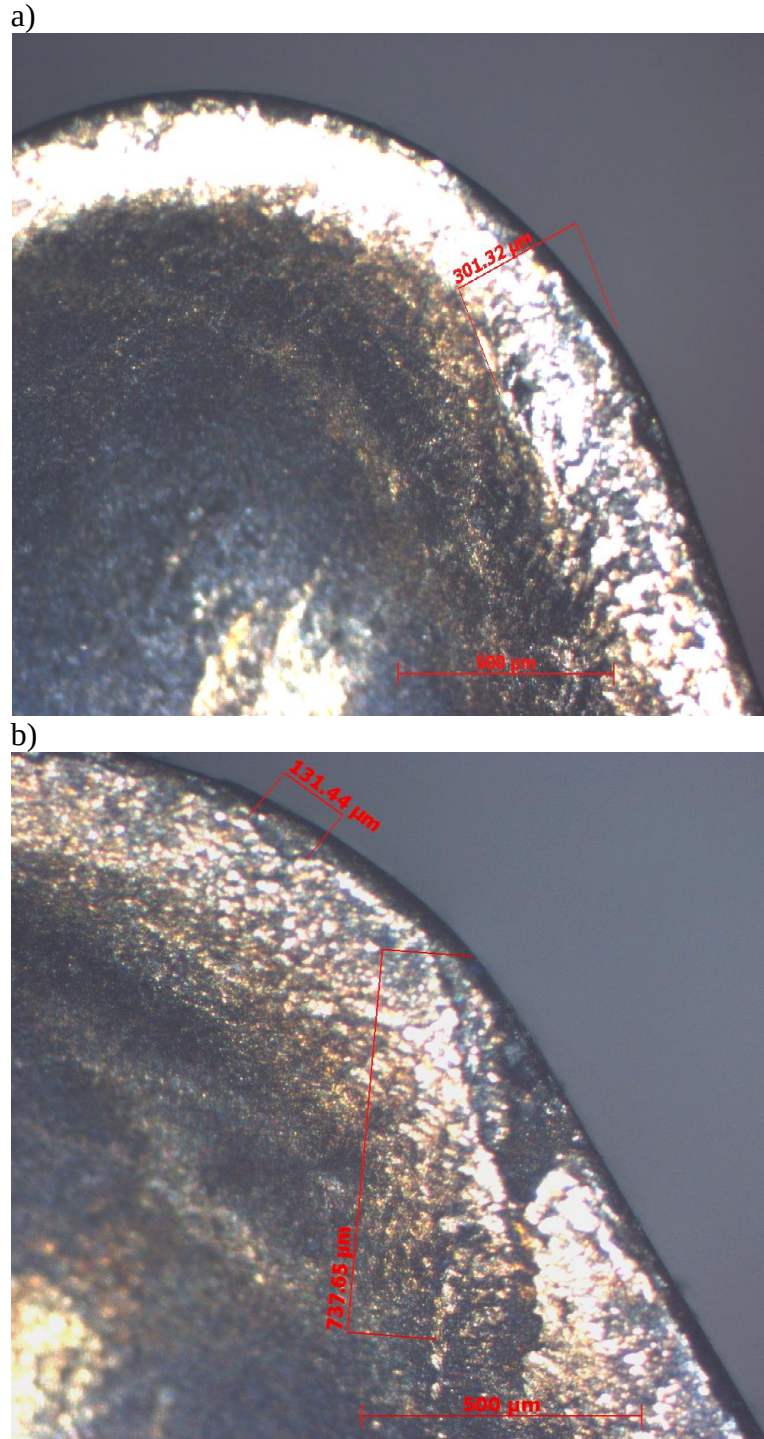
Şekil 6.83. TiAlNC 2 μm 7. kenar.

Şekil 6.84.'de krater aşınması görülmektedir. Kesme hızı 180 m/dak ilerleme değeri 0.3 mm/devir alınmıştır. Aynı kesme parametrelerinde TiAlNC 3.5 μm kaplama kalınlığında, kesici uçta aşınma görülmemiştir.



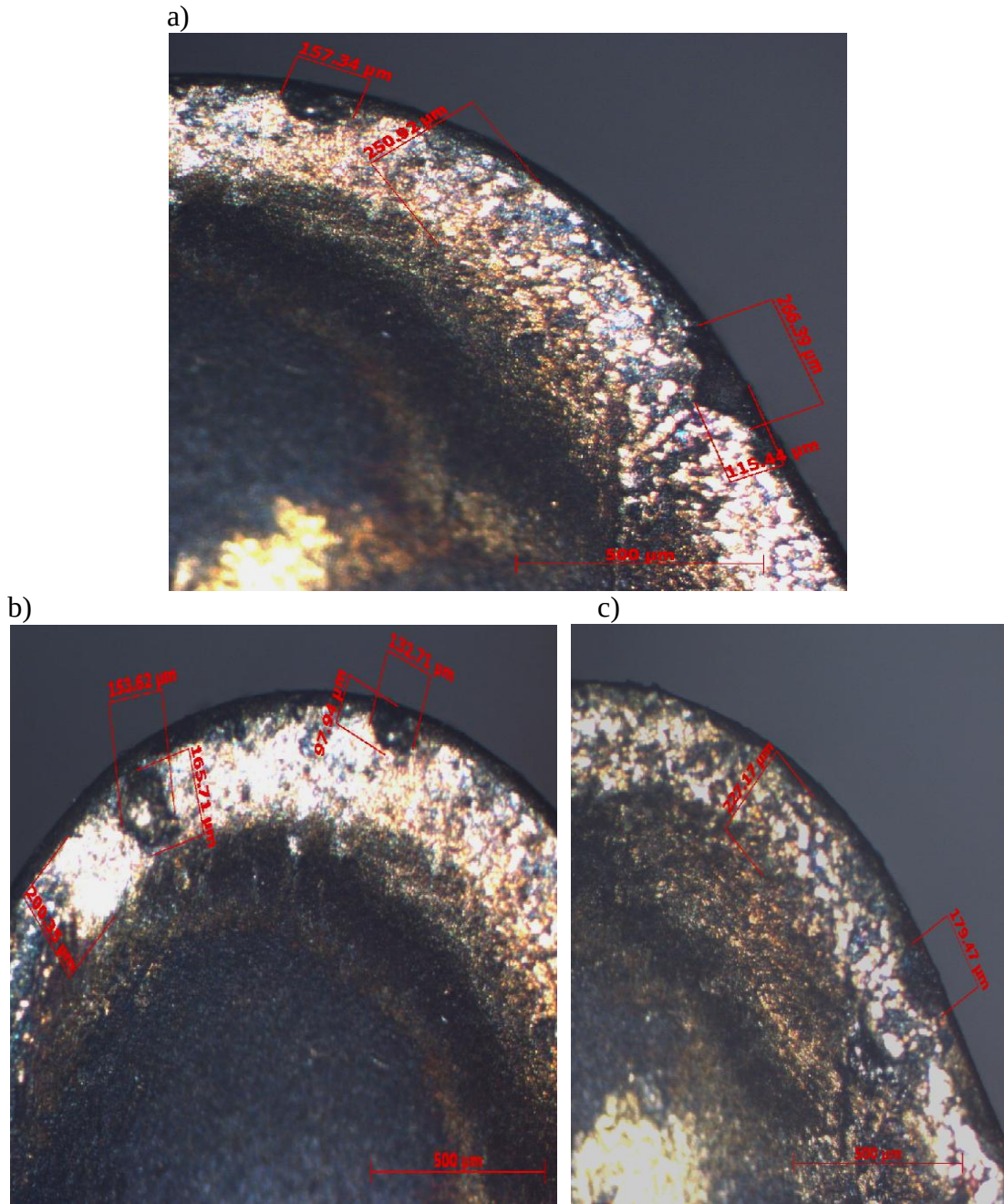
Şekil 6.84. TiAlNC 2 μm 8. kenar.

Şekil 6.85. a ve b'de kesme hızı 120 m/dak ilerleme değeri 0.4 mm/devir alınmıştır. Aynı kesme parametrelerinde TiAlNC 2 μm 'de 167 μm talaş yüzeyi aşınması, 301 μm genişliğinde ısıt çatlaklar görülmüştür. TiAlNC 3.5 μm 'de 737 μm krater aşınması, 131 μm talaş vurması, 140 μm kopma tespit edilmiştir.



Şekil 6.85. a) TiAlNC 2 μm 9. kenar, b) TiAlNC 3.5 μm 9. kenar.

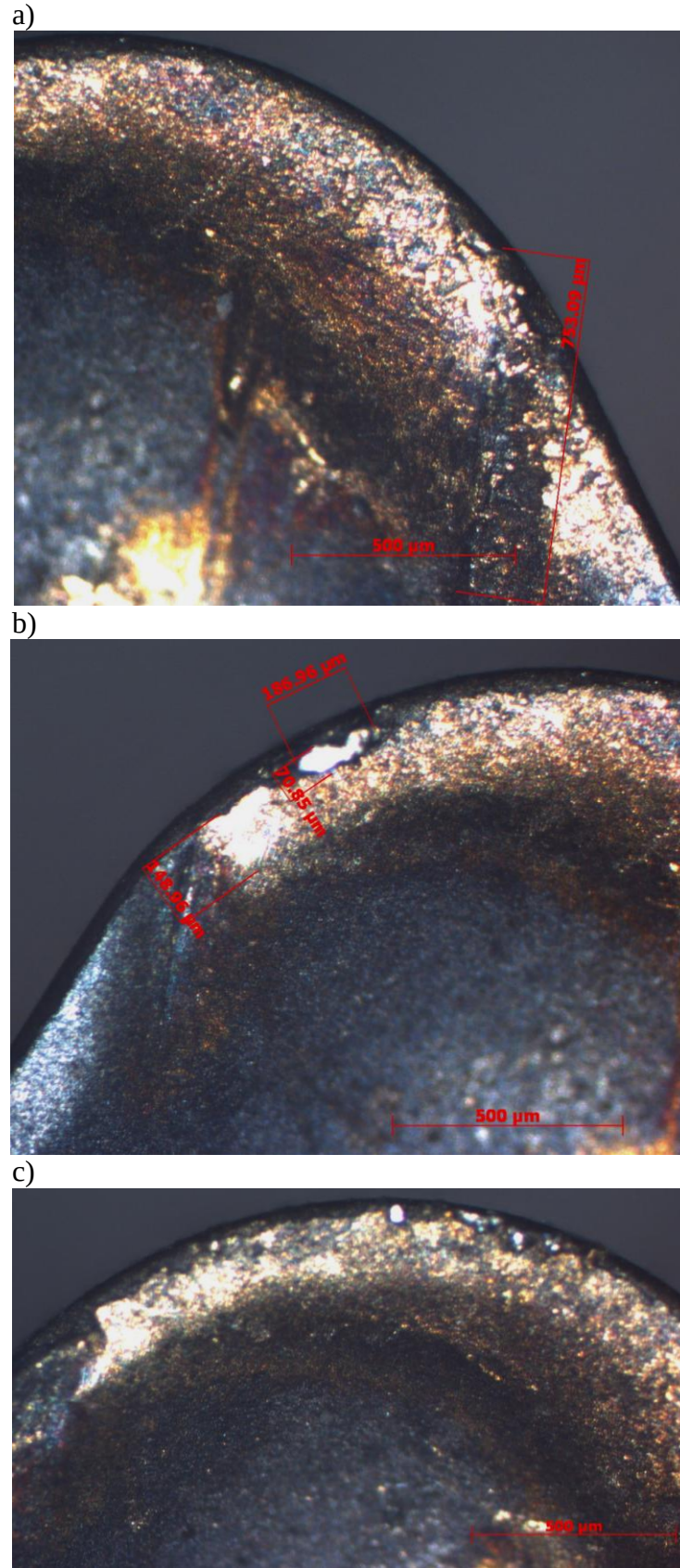
Şekil 6.86. a, b ve c’de kesme hızı 150 m/dak ilerleme değeri 0.4 mm/devir alınmıştır. Aynı kesme parametrelerinde üç noktadan yapılan ölçümde TiAlNC 2μm’de 205 μm talaş yüzeyi aşınması, 157 μm, 266 μm, 153 μm ve 132 μm krater aşınması görülmüştür. TiAlNC 3.5 μm’de 227 μm talaş yüzeyi aşınması, 179 μm kopma tespit edilmiştir.



Şekil 6.86. a) TiAlNC 2 μm 10. kenar sağ, b) TiAlNC 2 μm 10. kenar,

c) TiAlNC 3.5 μm 10. kenar.

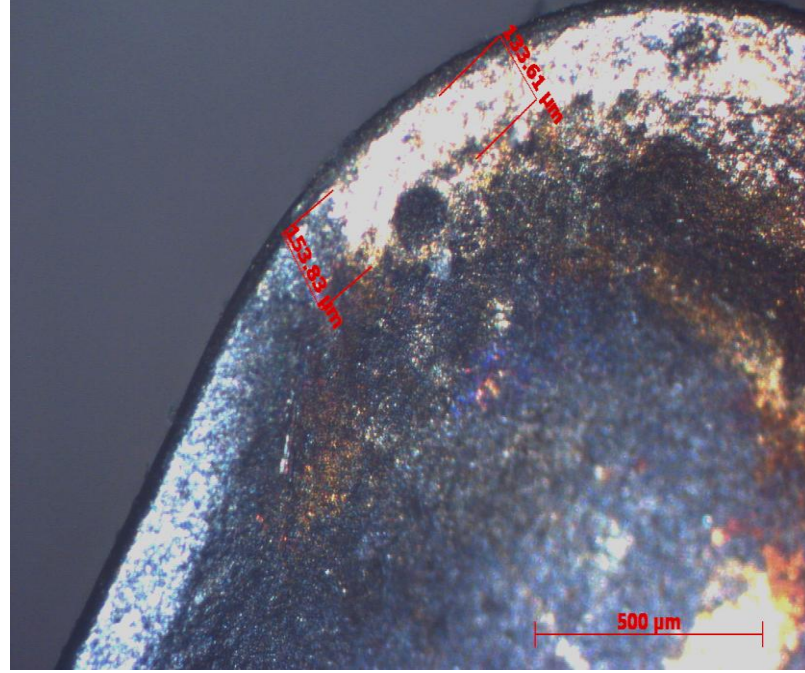
Şekil 6.87. a, b, c'de kesme hızı 180 m/dak ilerleme değeri 0.4 mm/devir alınmıştır. 753 μm krater aşınması, 148 μm talaş yüzeyi aşınması, 186 μm krater aşınması görülmüştür. Aynı kesme parametrelerinde TiAlNC 3.5 μm kaplama kalınlığında, kesici uçta 150 μm talaş yüzeyi aşınması ve krater aşınması görülmüştür.



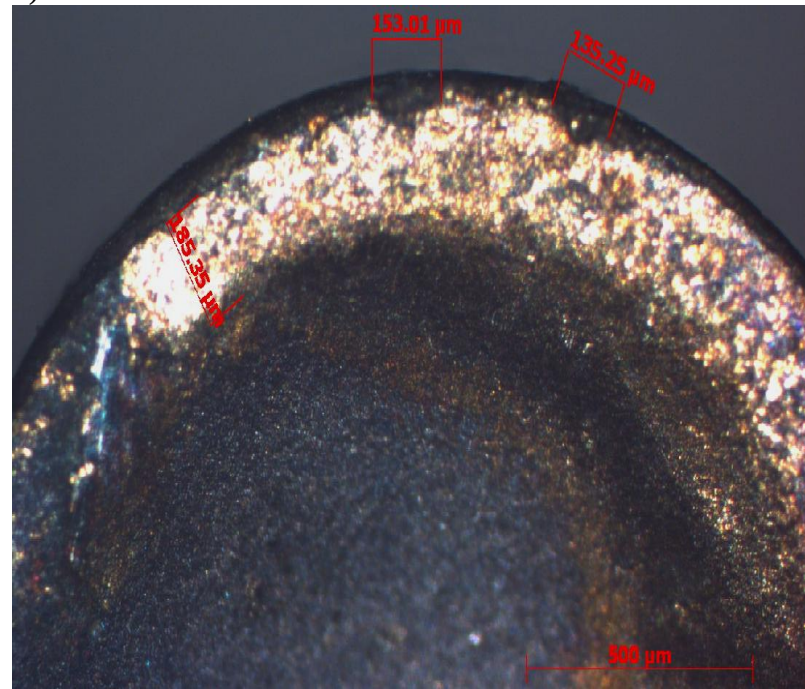
Şekil 6.87. a) TiAlNC 2 μm sağ 11. kenar, b) TiAlNC 2 μm sol 11. kenar,
c) TiAlNC 3.5 μm 11. kenar.

Şekil 6.88. a, b, c’de kesme hızı 210 m/dak ilerleme değeri 0.4 mm/devir alınmıştır. 142 μm talaş yüzeyi aşınması, 130 μm krater aşınması tespit edilmiştir. Aynı kesme parametrelerinde TiAlNC 3.5 μm kaplama kalınlığında, 189 μm talaş yüzeyi aşınması, 153 μm , 135 μm ve 713 μm ölçülerinde krater aşınması görülmüştür.

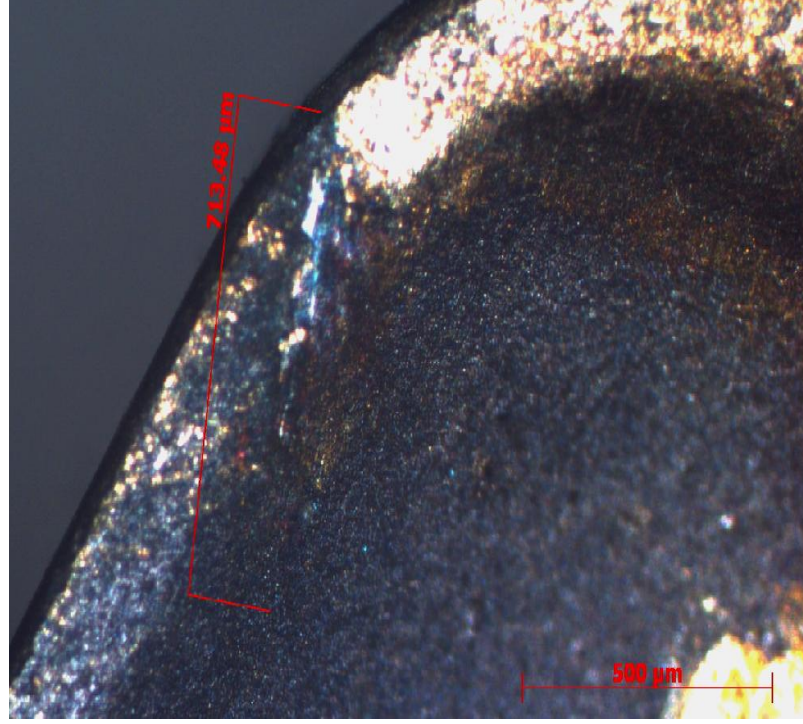
a)



b)



c)



Şekil 6.88. a) TiAlNC 2 μm 12. kenar, b) TiAlNC 3.5 μm 12. kenar,
c) TiAlNC 3.5 μm sol 12. kenar.

6.7. TiAlNC ve TiAlNCr Kaplamaların EDAX Analizleri

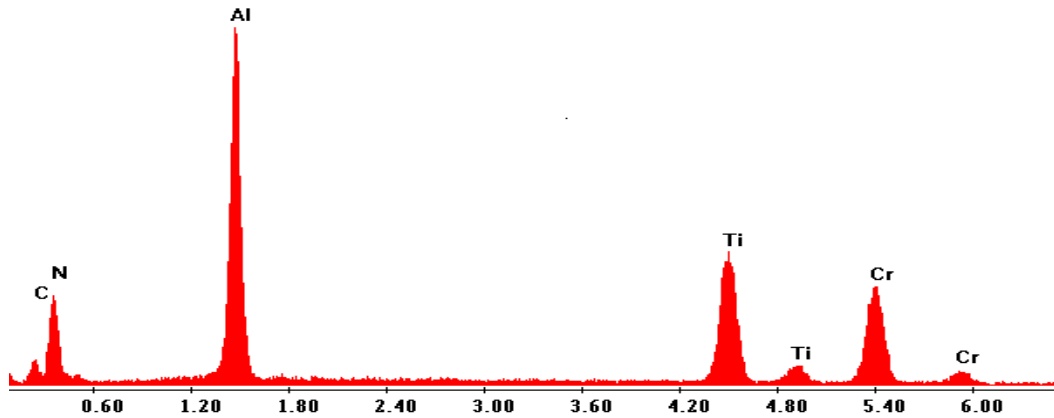
TiAlNCr ve TiAlNC kaplamaların EDAX analizleri Philips XL 30S FEG SEM elektron mikroskopunda iki farklı noktadan alınan ölçümler sonucunda yapılmıştır. TiAlNCr 3 μm ve TiAlNCr 4.5 μm 'nin Cr ve C'la alaşımlandırılmış, Al, Ti, N elementlerini içeren bir kaplama çeşidi olduğu görülmüştür. Şekil 6.89. ve Şekil 6.90'da TiAlNCr 3 μm ve TiAlNCr 4.5 μm , Şekil 6.91. ve Şekil 6.92.'de TiAlNC 2 μm ve TiAlNC 3.5 μm kaplamalarının EDAX Analiz sonuçları ve elementlerin oranları görülmektedir.

Label : TiAlNCr 3 μm

Acquisition Time : 00:00:00 Date : 30-Apr-2009

EDAX ZAF Quantification (Standardless)

Elem	Wt %	At %
C K	11.12	22.51
N K	19.21	33.35
AlK	24.79	22.33
TiK	20.57	10.44
CrK	24.32	11.37
Total	100.00	100.00



Şekil 6.89. TiAlNCr 3 μm kaplama EDAX grafiği.

Label : TiAlNCr 4.5 μ m

Acquisition Time : 18:04:35 Date : 30-Apr-2009

EDAX ZAF Quantification (Standardless)

Elem Wt % At %

C K 13.98 46.22

N K 6.75 19.14

AlK 2.66 3.92

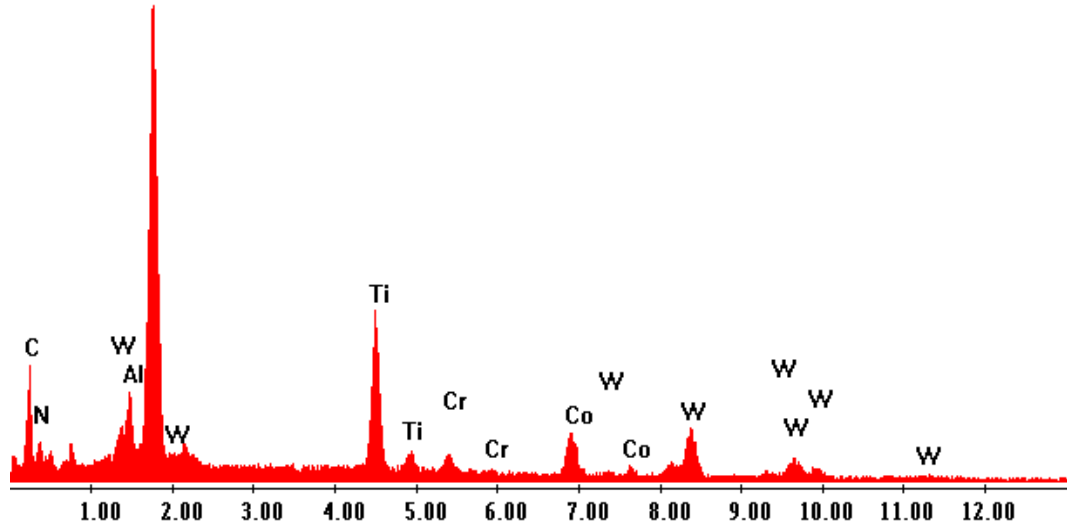
TiK 14.59 12.10

CrK 2.29 1.75

CoK 8.67 5.84

W L 51.07 11.03

Total 100.00 100.00



Şekil 6.90. TiAlNCr 4.5 μ m kaplama EDAX grafiği.

Label : TiAlNC 2 μ m

Acquisition Time : 17:37:08 Date : 30-Apr-2009

EDAX ZAF Quantification (Standardless)

Elem Wt % At %

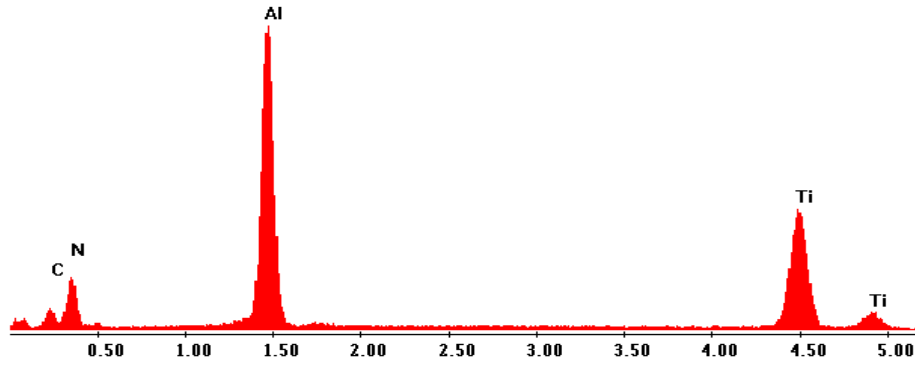
C K 12.42 23.37

N K 20.23 32.66

AlK 33.30 27.90

TiK 34.05 16.07

Total 100.00 100.00



Şekil 6.91. TiAlNC 2 µm kaplama EDAX grafiği.

Label : TiAlNC 3.5 µm

Acquisition Time : 17:42:57 Date : 30-Apr-2009

EDAX ZAF Quantification (Standardless)

Elem Wt % At %

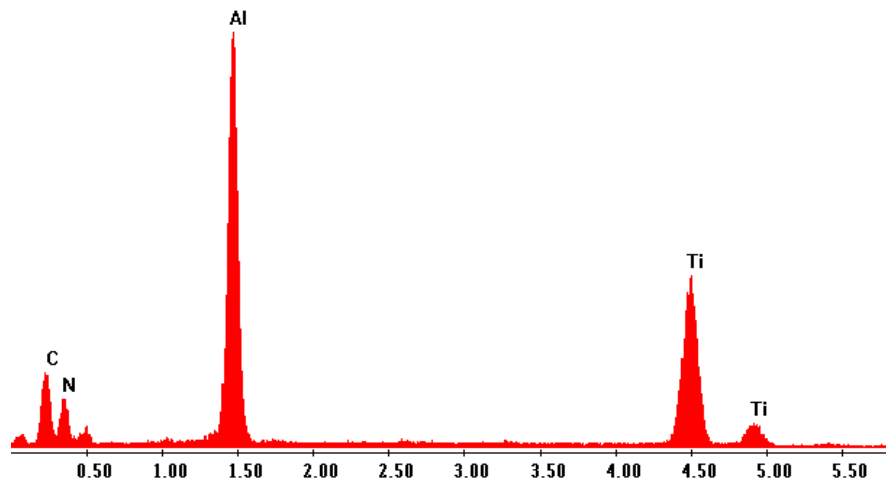
C K 23.86 41.00

N K 15.94 23.49

AlK 28.69 21.94

TiK 31.50 13.57

Total 100.00 100.00



Şekil 6.92. TiAlNC 3.5 µm kaplama EDAX grafiği.

TiAlNC 2 µm ve 3.5 µm'nin C'la alaşımlandırılmış, Al, Ti, N elementleri içeren bir kaplama çeşidi olduğu görülmüştür.

7. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

7.1. Tablolarla Sonuçların Değerlendirilmesi

Kaplamasız uçlarda 210 m/dak kesme hızı ve 0.2 ilerleme değeri için yüzey pürüzlülük değeri R_a : 0.97, TiN 2.1 μm kaplı kesici uç için aynı kesme parametrelerinde R_a : 0.97 ölçülmüştür.

Bu kesme şartlarında kaplamalı uca gerek yoktur denilebilir, ancak takım ömrü burada devreye girmektedir. Kaplamasız uca baktığımızda uçta kopma, krater aşınması, talaş vurması gibi birçok aşınma çeşidi meydana gelmiştir. TiN 2.1 μm kaplama da sadece talaş yüzeyi aşınması görülmüştür. Aşınma, kopma ya da kırılma meydana gelmemiştir. Bu nedenle kaplamalı ucun kullanımı uzun vadede takımın ömrünü arttırmakta, ayrıca kaplama daha sonra sökülüp, kesici uç kaplanarak tekrar kullanılabilir.

210 m/dak kesme hızı ve 0.2 ilerleme için yüzey pürüzlülük değeri en iyi TiN 2.1 μm 'de görülmüştür. Yüzey pürüzlülük değerleri iyiden kötüye doğru; TiN 2.1 < TiAlNC 2 μm < TiAlNCr 3 μm < TiAlNCr 4.5 μm < AlTiN 1.3 < AlTiN 2.2 < TiN 4 < TiAlN 2.4 < TiAlN 4 olarak tespit edilmiştir.

120 m/dak kesme hızı ve 0.2 ilerleme değeri için AlTiN 1.3 μm 'de sol tarafta plastik deformasyon görülmüştür. Kaplama kalınlığı ince olmasına rağmen aynı şartlarda R_a değeri 1.42 çıkmıştır. AlTiN 2.2 μm 'nin ise R_a değeri 1.16'dır. R_a AlTiN 1.3 μm > R_a AlTiN 2.2 μm olmasının plastik deformasyondan kaynaklandığı söylenebilir.

Aynı kesme şartlarında 210 m/dak kesme hızı ve 0.2 ilerleme değeri için TiN 2.1 μm ve AlTiN 1.3 μm karşılaştırıldığında ikisinde de krater aşınması ve talaş yüzeyi aşınması tespit edilmiştir. Aşınma ölçüm değerleri yaklaşıktır fakat yüksek kesme hızında TiN 2.1 μm kaplamada, yüzey pürüzlülüğü açısından daha iyi sonuç elde edilmiştir. Bu kesme şartlarında TiN 2.1 μm tercih edilmelidir.

Kesme hızı ve ilerleme sabit tutulup TiN kendi içinde kıyaslandığında kaplama kalınlığının önemi de görülmektedir. 210 m/dak kesme hızı ve 0.2 ilerleme değeri için yüzey pürüzlülüğü açısından TiN 2.1 μ m Ra:0.97 < TiN 4 μ m Ra:1.17'dir.

Takım ömrü açısından bakıldığında TiN 2.1 μ m'de talaş yüzeyi ve krater aşınması görülmüştür. TiN 4 μ m'de krater ve talaş yüzeyi aşınmasının yanı sıra ısıl deformasyon ve talaş vurması görülmüştür. Bu sonuç da TiN 2.1 μ m kaplamanın takım ömrünün daha uzun olduğunu göstermektedir.

Aynı şartlarda AlTiN 1.3 μ m ve AlTiN 2.2 μ m kaplamada aynı tip krater ve talaş yüzeyi aşınması görüldü, ancak ince kaplamada daha iyi yüzey elde edildi.

Kaplamasız kesici uç ve TiAlN 2.4 μ m kaplamalı uç için 0.3 ilerleme değerinde kesme hızı 120 m/dak'dan 210 m/dak'ya çıktığı şartlarda yüzeyde iyileşme görülmüştür. Takımlara baktığımızda her ikisinde de krater aşınması, ısıl deformasyon gibi aşınmalar görülmüştür. Meydana gelen aşınmalara rağmen, yüzey pürüzlülük değerinde düşme görülmüştür. Bu şartlardaki sonuçlara bakıldığında, yüzeydeki iyileşmenin, kesme hızındaki artışa bağlı olduğu tespit edilmiştir.

- 180 m/dak kesme hızı ve 0.2 ilerleme değerinde iyi bir yüzey için TiAlN 4 μ m kaplama tercih edilmelidir. Takım ömrünü etkileyecek ciddi deformasyon meydana gelmemiştir, sadece talaş yüzeyi aşınması görülmüştür.

Takım ömrü açısından bakıldığında TiN 2.1 μ m kaplama kalınlığı için; 180 m/dak kesme hızı ve 0.2 ilerleme değeri tercih edilmelidir. Bu kesme şartlarında takımda talaş yüzeyi aşınması dışında aşınma meydana gelmemiştir. Yüzey kalitesi açısından bakıldığında TiN 2.1 μ m için 120 m/dak kesme hızı ve 0.2 ilerleme değeri tercih edilmelidir. TiN 2.1 μ m 120 m/dak Ra: 0.99 < TiN 2.1 μ m 180 m/dak Ra :1.02

Tüm kesme şartlarında, kaplamasız ve kaplamalı kesici uçlarda meydana gelen aşınma çeşitleri ve ölçüleri, Tablo 7.1., Tablo 7.2., Tablo 7.3. ve Tablo 7.4.'de incelenebilir.

Tablo 7.2. 150 m/dak kesme hızındaki aşınma çeşitleri.

Kaplama	Kesme Hızı m/dak	İlerleme mm/devir	Krater Aşınması		Talaş Yüzeysel Aşınması	Isıl Deformasyon		Talaş Vurması Boy		
			boy	genişlik	genişlik	boy	en	boy	genişlik	
TiN 2.1	150	0.2	500	130	216	310	210	görülmedi		
		0.3	52	51.5	görülmedi					
		0.4	711	166	231	507	205	plastik şekil değiştirme 120		
TiN 4	150	0.2	567	110	235	görülmedi				
		0.3	750	158	189	627	220	117	78	
		0.4	777-498*	155 -53*	215	yok	yok	353	57	
TiAlN 2.4	150	0.2	223/716*	210-84*	173	163 BUE görüldü				
		0.3	143-228* 580**	55-82* 124**	218	görülmedi				
		0.4	212	690	boy: 813 en: 117 plastik şekil değiştirme					
TiAlN 4	150	0.2	95	82	görülmedi					
		0.3	görülmedi		203	görülmedi				
		0.4	AŞINMA GÖRÜLMEDİ							
AlTiN 1.3	150	0.2	131-169* 161**427^	35-58* 47***- 80^	170	görülmedi		144	25	
		0.3	120/392*	129/115*	199	görülmedi				
		0.4	görülmedi		175	görülmedi				
AlTiN 2.2	150	0.2	121	105	219	görülmedi				
		0.3	211/410*	128/208*	215	görülmedi				
		0.4	görülmedi		189	görülmedi				
TiAlN 2	150	0.2	görülmedi		186	görülmedi				
		0.3	532/103*	156-60*	98 kopma					
		0.4	153/132*	165-97*	205	görülmedi				
TiAlN 3.5	150	0.2	KOPMA GÖRÜLDÜ							
		0.3	67 krater aşınması		görülmedi					
		0.4	görülmedi		227	179 kopma				
TiAlN 3	150	0.2	649	185	görülmedi					
		0.3	538 uzunluğunda BUE görüldü							
		0.4	292	81	157	93 kopma görüldü				
TiAlN 4.5	150	0.2	görülmedi		233	150 kopma görüldü				
		0.3	AŞINMA GÖRÜLMEDİ							
		0.4	120 kopma görüldü							
KAPLAMASIZ	150	0.2	115	170	220	uzunluk:1050 en:155 BUE				
		0.3	TALAŞ SIVANMASI GÖRÜLDÜ							
		0.4	260/538*	82-145*	görülmedi					

Tablo 7.3. 180 m/dak kesme hızındaki aşınma çeşitleri.

Kaplama	Kesme Hızı m/dak	İlerleme mm/devir	Krater Aşınması		Talaş Yüzeyi Aşınması	Isıl Deformasyon		Talaş Vurması	
TiN 2.1	180		boy	genişlik	genişlik	boy	en	boy	genişlik
		0.2	görülmedi		193	görülmedi			
		0.3	179	122	250	553	235	görülmedi	
		0.4	731	186	yok	yok	yok	45.47 kopma	
TiN 4	180	0.2	530	245	203	512	210	245 kopma	
		0.3	180	165	232	788	235	ortalama 135	
		0.4	849	205	222	536	35	2.krater 122	
TiAlN 2.4	180	0.2	242/212*	96-165*	194	619	105	görülmedi	
		0.3	görülmedi		182	72 çentik aşınması			
		0.4	180	115	203	532	90	320	109
TiAlN 4	180	0.2	görülmedi		218	görülmedi			
		0.3	587-105* 131**	35-28* 122**	görülmedi			205	146
		0.4	görülmedi		193	görülmedi			
AlTiN 1.3	180	0.2	görülmedi		238	103 çentik aşınması görüldü			
		0.3	486	51	270	görülmedi			
		0.4	68-280*	15-117*	220	ısıl deformasyon (mekanik çatlak)			
AlTiN 2.2	180	0.2	475	191	204	görülmedi			
		0.3	görülmedi		205	görülmedi			
		0.4	görülmedi		209	görülmedi			
TiAlN 2	180	0.2	görülmedi		197	görülmedi			
		0.3	98	60	294	görülmedi			
		0.4	753/186*	195-70*	148	görülmedi			
TiAlN 3.5	180	0.2	550	150	222	görülmedi			
		0.3	603	105	168	görülmedi			
		0.4	320	75	150	görülmedi			
TiAlCr 3	180	0.2	görülmedi		209	görülmedi			
		0.3	görülmedi		221	boy:192 en:81 kopma görüldü			
		0.4	166	79	238	görülmedi			
TiAlCr 4.5	180	0.2	630/400*	220/150*	233 genişliğinde talaş yapışması görüldü				
		0.3	107 kopma görüldü						
		0.4	676	25	görülmedi				
KAPLAMASIZ	180	0.2	205/247*	87-62*	186	157 KOPMA		149	75
		0.3	124/168*	65-113*	227	572	180	171	65
		0.4	650	209	121	506	205	160	83

Tablo 7.4. 210 m/dak kesme hızındaki aşınma çeşitleri.

Kaplama	Kesme Hızı m/dak	İlerleme mm/devir	Krater Aşınması		Talaş Yüzeyi Aşınması	Isıl Deformasyon		Talaş Vurması Boy		
TiN 2.1	210	0.2	boy	genişlik	genişlik	boy	genişlik	boy	genişlik	
			170	180	196	görülmedi				
		0.3	601	163	228	görülmedi				
			0.4	650	167	241	489	265	302	69
TiN 4	210	0.2	602	245	yok	468	250	166	62	
		0.3	40	49	211	601	210	390 uçta kopma		
		0.4	832	240	242	532	133	yok	yok	
TiAlN 2.4	210	0.2	507	145	194	görülmedi				
		0.3	554	218	232	görülmedi				
		0.4	592-415* 769**	35-450* 380**	görülmedi			308	74	
TiAlN 4	210	0.2	205	72	görülmedi					
		0.3	196	75	görülmedi	468	259	110	124	
		0.4	290/517*	86-75*	görülmedi					
AlTiN 1.3	210	0.2	199	70	147	görülmedi				
		0.3	598	241	205	görülmedi				
		0.4	görülmedi		219	görülmedi				
AlTiN 2.2	210	0.2	102	30	198	görülmedi				
		0.3	görülmedi		198	görülmedi				
		0.4	görülmedi		212	görülmedi				
TiAlN 2	210	0.2	124/670*	80-220*	200	görülmedi				
		0.3	235	197	görülmedi					
		0.4	130	125	142	görülmedi				
TiAlN 3.5	210	0.2	140	49	198	görülmedi				
		0.3	AŞINMA GÖRÜLMEDİ							
		0.4	153-135* 713**	75-68* 45**	189	görülmedi				
TiAlCr 3	210	0.2	153	111	görülmedi					
		0.3	699	161	185	görülmedi				
		0.4	334	216	142	görülmedi				
TiAlCr 4.5	210	0.2	185 kopma görüldü							
		0.3	TALAŞ SIVANMASI VE PLASTİK ŞEKİL DEĞİŞTİRME GÖRÜLDÜ							
		0.4	görülmedi		213	145 kopma görüldü				
KAPLAMASIZ	210	0.2	148/534*	160-150*	195	görülmedi		480	85	
		0.3	236-211* 224	113-115* 90	222	720	310	102	63	
		0.4	209-457	171-35	görülmedi			130	95	

Tabloda kullanılan işaretler;

- * Aynı kesici kenardaki 2. krater aşınması ölçüm değeri
- ** Aynı kesici kenardaki 3. krater aşınması ölçüm değeri
- ^ Aynı kesici kenardaki 4. krater aşınması ölçüm değeri

Tüm sonuçlar incelendiğinde ilerleme arttıkça yüzey pürüzlülük değerleri artmıştır. En iyi yüzey, değişik kesme hızlarında 0.2 ilerleme değeri için elde edilmiştir. Değişik kalınlıklardaki tüm kaplamalardan elde edilen en iyi yüzey pürüzlülük değerleri aşağıdaki gibidir.

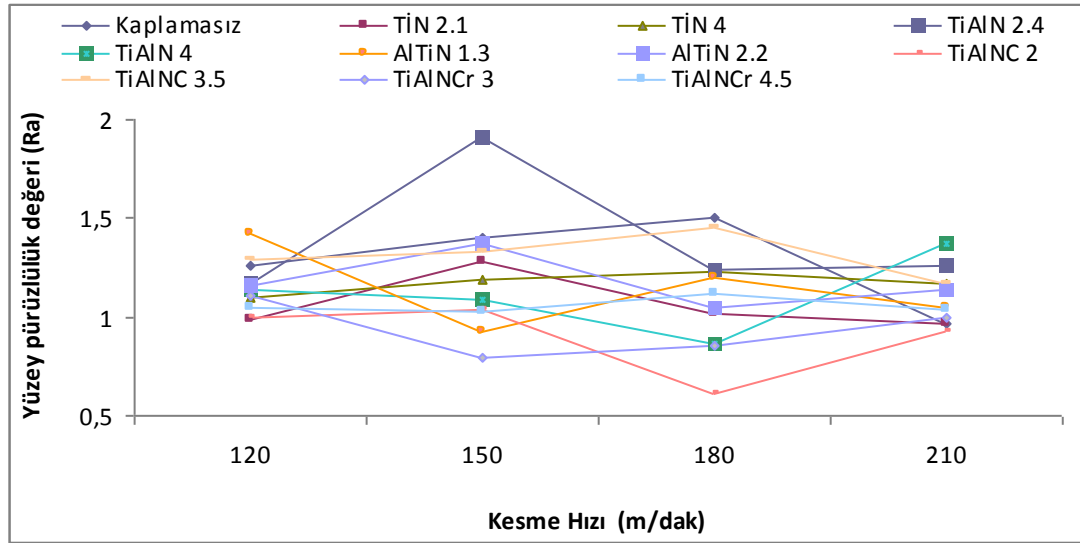
Tablo 7.5. En iyi yüzey pürüzlülüğünün görüldüğü kesme hızları.

Kaplama	Kesme Hızı (m/dak)	Ra (μm)
TiAlNC 2 μm	180	0.61
TiAlNC 3.5 μm	210	1.17
TiAlNCr 3 μm	150	0.79
TiAlNCr 4.5 μm	150	1.03
TiN 2.1 μm	210	0.97
TiN 4 μm	120	1.10
TiAlN 4 μm	180	0.86
TiAlN 2.4 μm	120	1.17
AlTiN 1.3 μm	150	0.93
AlTiN 2.2 μm	180	1.05

TiAlNC ve TiAlNCr, Cr ve C ile alaşımlandırılmış kaplamalardır. En iyi yüzey 180 m/dak 0.2 ilerleme değeri için TiAlNC 2 μm 'de görülmüştür. Ra 0.61'dir. Takım ömrü açısından da bakıldığında iyi sonuç TiAlNC 2 μm için elde edilmiştir. Talaş yüzeyi aşınması dışında aşınma görülmemiştir.

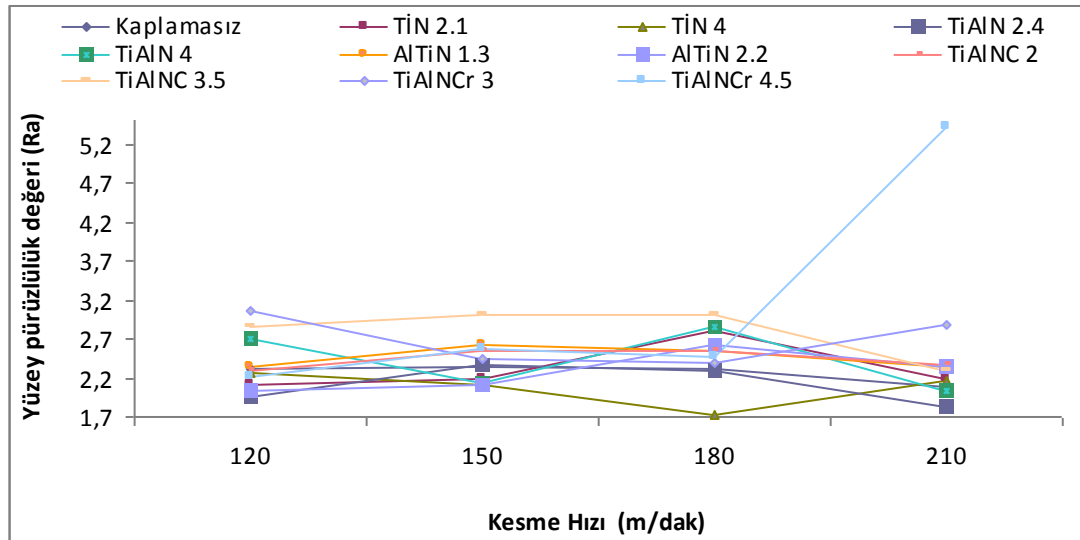
TiAlNC ve TiAlNCr kaplamaları, yüksek ilerleme değerlerinde yapılan kesme işlemlerinde iyi sonuç vermemiştir. Yüksek ilerlemenin olduğu işlemlerde tercih edilmemelidir. Bunlarla ilgili karşılaştırmalar 0.4 ilerleme değeri için 7.2. Sonuç bölümünde incelenebilir.

Kaplamaların, farklı kesme hızlarında, 0.2 mm/devir ilerleme değeri için yüzey pürüzlülük değerleri Şekil 7.1.'de görülmektedir.



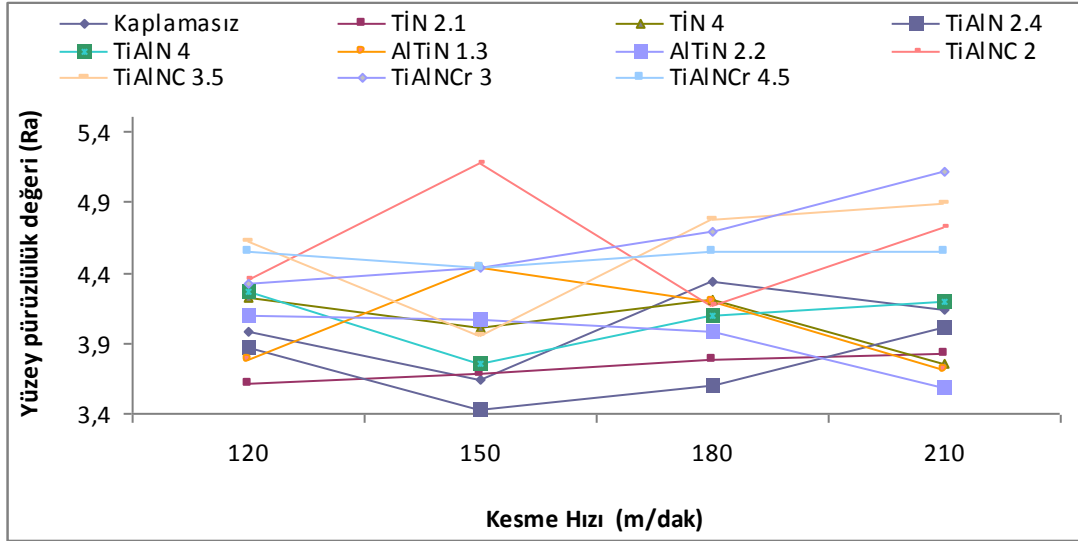
Şekil 7.1. İlerleme değeri 0.2 mm/devir için yüzey pürüzlülük değerleri.

Kaplamaların, farklı kesme hızlarında, 0.3 mm/devir ilerleme değeri için yüzey pürüzlülük değerleri Şekil 7.2.'de görülmektedir.



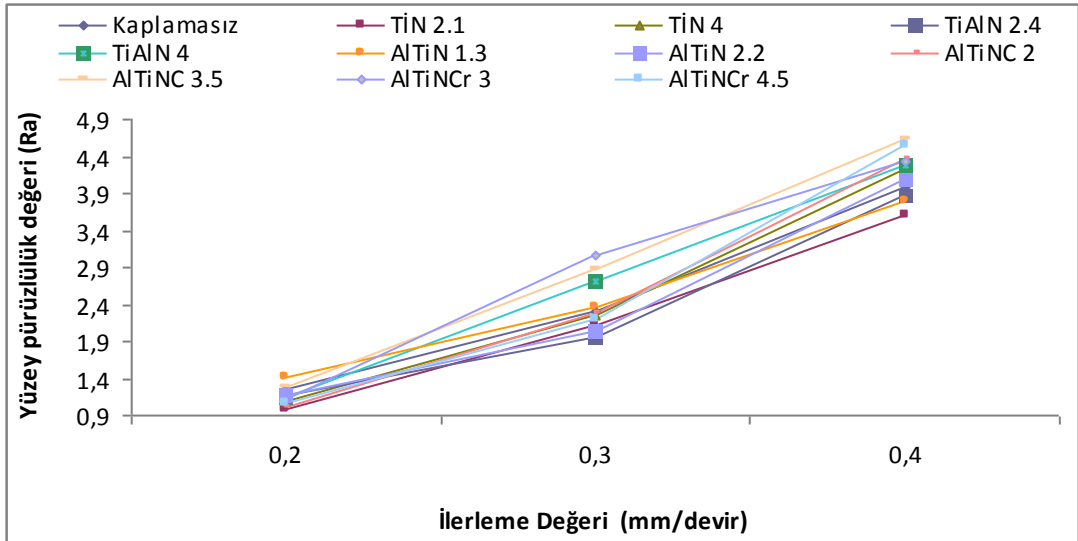
Tablo 7.2. İlerleme değeri 0.3 mm/devir için yüzey pürüzlülük değerleri.

Kaplamaların, farklı kesme hızlarında, 0.4 mm/devir ilerleme değeri için yüzey pürüzlülük değerleri Şekil 7.3.'de görülmektedir.



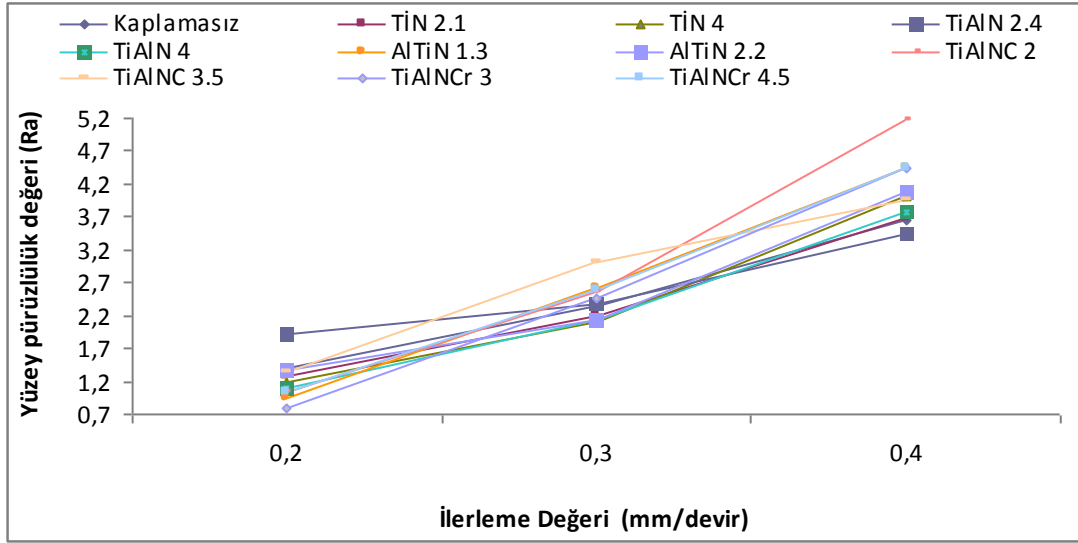
Şekil 7.3. İlerleme değeri 0.4 mm/devir için yüzey pürüzlülük değerleri.

Şekil 7.4.'de 120 m/dak kesme hızında (0.2, 0.3, 0.4) ilerleme değerleri için yüzey pürüzlülük değerlerinin değişimi görülmektedir.



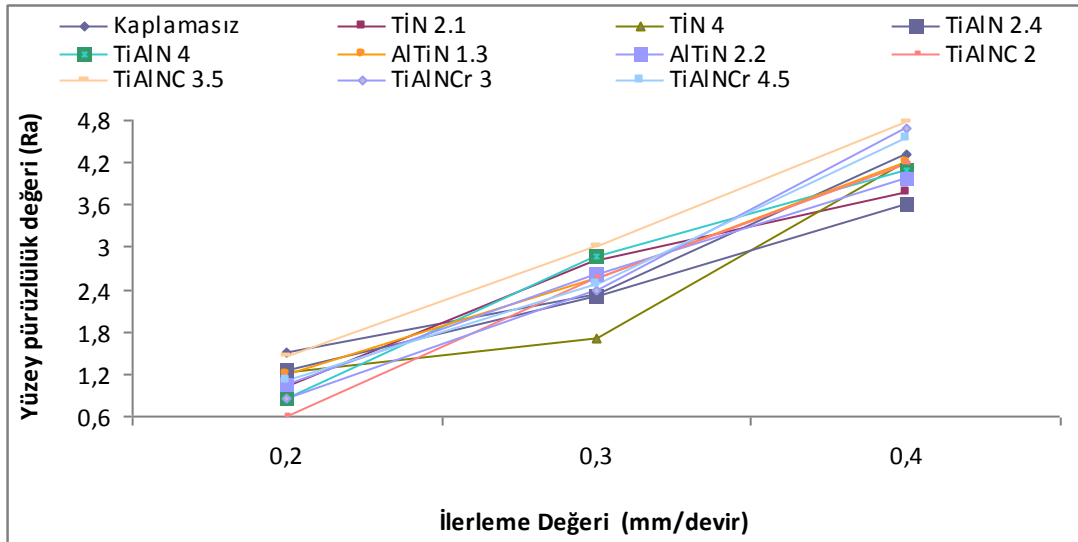
Şekil 7.4. 120 m/dak kesme hızındaki ilerlemeye bağlı yüzey pürüzlülük değerleri.

Şekil 7.5.'de 150 m/dak kesme hızında (0.2, 0.3, 0.4) ilerleme değerleri için yüzey pürüzlülük değerlerinin değişimi görülmektedir.



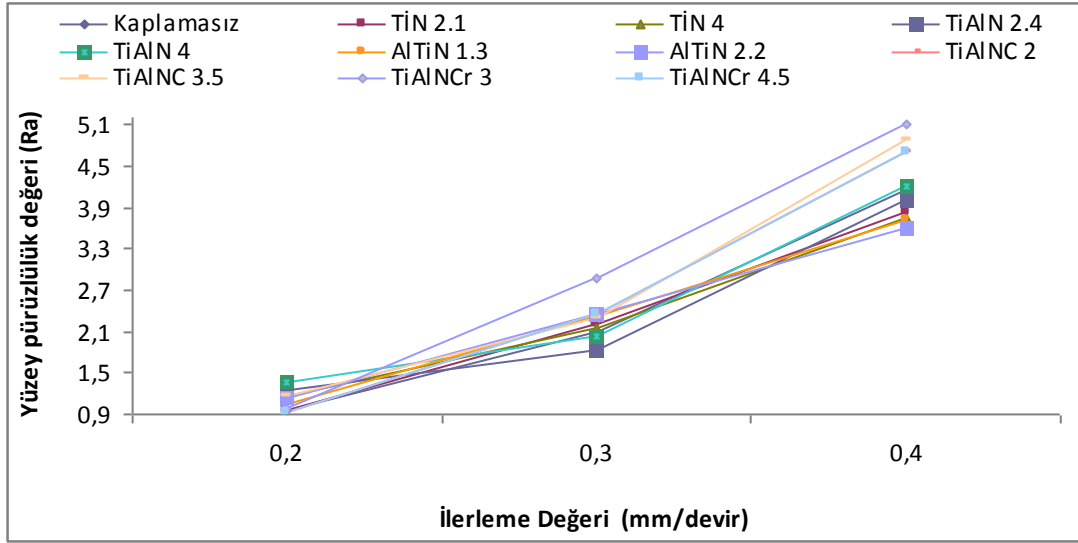
Şekil 7.5. 150 m/dak kesme hızındaki ilerlemeye bağlı yüzey pürüzlülük değerleri.

Şekil 7.6.'da 180 m/dak kesme hızında (0.2, 0.3, 0.4) ilerleme değerleri için yüzey pürüzlülük değerlerinin değişimi görülmektedir.



Şekil 7.6. 180 m/dak kesme hızındaki ilerlemeye bağlı yüzey pürüzlülük değerleri.

Şekil 7.7.'de 210 m/dak kesme hızında (0.2, 0.3, 0.4) ilerleme değerleri için yüzey pürüzlülük değerlerinin değişimi görülmektedir.



Şekil 7.7. 210 m/dak kesme hızındaki ilerlemeye bağlı yüzey pürüzlülük değerleri.

7.2. Sonuçlar

* 0.2 ilerleme için en iyi yüzey pürüzlülük değeri, 210 m/dak kesme hızında TiN 2.1µm'de görülmüştür.

TiN 2.1 < TiAlNC 2 µm < TiAlNCr 3 µm < TiAlNCr 4.5 µm < AlTiN 1.3 < AlTiN 2.2 < TiN 4 < TiAlN 2.4 < TiAlN 4

* 0.3 ilerleme için en iyi yüzey pürüzlülük değeri, 180 m/dak kesme hızında TiN 4µm'de görülmüştür.

TiN 4 µm < TiAlN 2.4 µm < TiAlNCr 3 µm < TiAlNCr 4.5 µm < AlTiN 1.3 µm < TiAlNC 2 µm < AlTiN 2.2 µm < TiN 2.1 µm < TiAlN 4 µm < TiAlNC 3.5 µm

* 0.4 ilerleme için en iyi yüzey pürüzlülük değeri, 210 m/dak kesme hızında AlTiN 2.2 µm'de görülmüştür.

AlTiN 2.2 μm < AlTiN 1.3 μm < TiN 4 μm < TiN 2.1 μm < TiAlN 2.4 μm < TiAlN 4 μm < TiAlNCr 4.5 μm < TiAlNC 2 μm < TiAlNC 3.5 μm < TiAlNCr 3 μm

Yüzey pürüzlülüğünün ikinci planda olup, takım ömrünün uzun olmasının istenildiği şartlarda, kesici uç aşağıdaki kesme parametrelerinde kullanılmalıdır.

TiAlNC 3.5 μm , kesme hızı 210 m/dak ve ilerleme değeri 0.2 için takım aşınması görülmedi. Ra: 2.30

TiAlN 4 μm , kesme hızı 150 m/dak ve ilerleme değeri 0.4 için takım aşınması görülmedi. Ra: 3.76

TiAlNCr 4.5 μm , kesme hızı 150 m/dak ve ilerleme değeri 0.3 için takım aşınması görülmedi. Ra: 2.58

TiAlN 4 μm , kesme hızı 120 m/dak ve ilerleme değeri 0.2 için takım aşınması görülmedi. Ra: 1.14

TiAlNCr 4.5 μm , kesme hızı 120 m/dak ve ilerleme değeri 0.3 için takım aşınması görülmedi. Ra: 2.21

TiAlNC 2 μm , kesme hızı 120 m/dak ve ilerleme değeri 0.3 için takım aşınması görülmedi. Ra: 2.29

TiAlNC 3.5 μm , kesme hızı 120 m/dak ve ilerleme değeri 0.3 için takım aşınması görülmedi. Ra: 2.86

- Aşınma tabloları incelendiğinde, çentik aşınması varsa kesme hızı azaltılmalıdır.
- Krater aşınması görüldüğü durumlarda kesme hızı azaltılmalı ilerleme değeri düşürülmelidir. 120 m/dak 0.2 ilerleme Tablo 7.1.'de incelenebilir.

- Plastik deformasyon varsa, kesme hızı ve ilerleme düşürülmeli,
- BUE görülürse kesme hızı arttırılmalıdır.

7.3. Öneriler

Farklı kaplamalarda aynı kalınlık için, takım ömrüne kuvvetin etkisi ile ilgili çalışma yapılabilir.

Aynı kaplama kalınlıkları ve çeşidi için, değişik köşe radyusları kullanılarak, takım ömrüne etkisine bakılabilir.

Bu çalışmada her bir kesme parametresi için farklı kenar kullanıldı, aynı kenar tekrar tekrar kullanılarak, yüzey pürüzlülüğü ihmal edilip, süre tutularak, zamana bağlı takım ömrü ile ilgili çalışma yapılabilir.

Bu çalışmanın benzeri, ilerleme sabit tutulup, talaş derinlikleri değiştirilerek yapılabilir.

Takımın kırılmasının ilerleme ve talaş derinliği ile ilgisi araştırılabilir. Aynı kesme hızı ve ilerleme için talaş derinliği değerleri değiştirilebilir, ya da aynı kesme hızı ve talaş derinliği için farklı ilerleme değerleri alınarak bir çalışma yapılabilir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- [1] Avuncan, G., ‘‘Kesici Takımların Bilenmesi’’ s(66). Mayıs, 1998.
- [2] Boothroyd, G., ‘‘Fundamentals of Metal Machining and Machine Tools’’, International Student ed. 5th Printing, Mc Graw-Hill, ISBN 0-07-085057-7, New York, 1981.
- [3] Böhler Sert Maden, ‘‘Tornalama için Mekanik Sıkmalı Uçlar ve Takımlar Kitapçığı’’, İstanbul, 2006.
- [4] Bunshatta, R.F., ‘‘High Rate Physical Vapour Deposition Processes’’ Agard Lecture Series No:106 Material Coating Techniques, Hardford House, s(21-26), London, 1980.
- [5] Çiftçi, İ., ‘‘Machining of austenitic stainless steels using CVD multi-layer coated cemented carbide tools’’, Tribology International 39 565-569, 2006
- [6] Fontalvo G.A., Humer R., Mitterer C. Sammt K. and Schemmel I., ‘‘Microstructural Aspects Determining The Adhesive Wear Of Tool Steels’’ Wear, Volume 260, Issue 9-10, s(1028-1034), May, 2006.
- [7] Franc R., oso de A’vila, Abrao A.M., Cristina G., Dur aes de Godoy, ‘‘The Performance of TiN coated carbide tools when turning AISI 8620 steel’’, Journal of Materials Processing Technology,179 161-164, 2006.
- [8] Gökkaya, H., Sur, G., Dilipak, H. ‘‘PVD ve CVD Kaplamalı Sementit Karbür Kesici Takımların İşleme Parametrelerine Bağlı Olarak Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi’’, Gazi Üniv. Teknik Eğitim Fak. Makine Eğitimi Bölümü, Ankara, 2004.
- [9] Holmerg, K., Mathewss, A.,1994, ‘‘Coating Tribology’’ Elsevier,s(11-12)
- [10] Ionbond Tinkap Yüzey Teknolojileri San.Tic.A.Ş., ‘‘PVD Kaplama Teknolojileri’’, İstanbul, 2009.

- [11] Jochmann S., Wirtz H., ASME Trans. J. Manuf. Sci. Eng.10 817-823, 1999.
- [12] Kalls W. , Reiter A., Deflinger, V., Gey C. and Endrino J.L, “Modern Coatings in High Performance Cutting Applications”, Volume 24, Issue 5, s (339-404), September, 2006.
- [13] Klocke, F., Gerschwiler K., Fritsch R., Lung D., “PVD Coated Tools and Native Ester-an Advanced System for Environmentally Friendly Machining”, Surface and Coating Technology, 201 4389-4394, 2006.
- [14] Kopak, J., Bahor, M., “İnteraction of workpiece materials technological past and mashining parameters on the desired quality of the product surface roughness”, Journal of Materials Processing Technology 109 105 -111, 2001.
- [15] Lenel F.V, “Powder Metallurgy Principles and Aplications” s (383-387,390), 1980.
- [16] Noordin, M.Y., Venkatesh, V.C., Chan, C.L., Abdullah, A., Journal of Materials Processing Technology 116 16-21, 2001.
- [17] Oxley, P.L.B., “The Mechanics OF Machinig-An Analytical Approach to Assessing Machinability”, Ellis Horwood Limited, England, 1989.
- [18] Özdemir U., Erten M., “Talaşlı İmalat Sırasında Kesici Takımda Meydana Gelen Hasar Mekanizmaları ve Takım Hasarını Azaltma Yöntemleri”, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi, Cilt 1 Sayı1 (37-50) Ocak, 2003.
- [19] Puertas, I., Luis Perez, C.J., “Surface roughness prediction by factorial desing of experiments in turning processes”, Journal of Materials Processing Technology 143-144 390-396, 2003.
- [20] Franc R., oso de A’vila, Abrao A.M., Cristina G., Dur aes de Godoy, “The Performance of TiN coated carbide tools when turning AISI 8620 steel”, Journal of Materials Processing Technology,179 161-164, 2006.

[21] Sandvick Coromant, Co. Inc., Modern Metal Cutting-A Practical Handbook, Sweden,1997.

[22] Shaw M.C., “Metal Cutting Principles”, Oxford University Pres, ISBN 0-19-859002-4, pp.594., London, 1984

[23] Smith D.L., “Thin-Film Deposition-Princepels&Practice”, Mc Graw-Hill Inc, New York, 1995.

[24] Tekiner Z., Yeşilyurt S., “Investigation of the cutting parameters depending on process sound during turning of AISI 304 austenitic stainless steel”, Materials&Design 25 507-513, 2004.

[25] Tuffy K., Byrne G., Dowling D., “Determination of the optimum TiN coating thickness on WC inserts for machining carbon steels”, Journal of Materials Processing Technology 155-156 1861-1866, 2004.

[26] Ürgen M., “Modern Yüzey İşlem Teknolojileri ve Türkiyedeki Gelişmeler”, 9th Uluslararası Metalurji ve Malzeme Kongresi, s(333-350), Haziran,1997.

[27] www.bohler.com.tr

[28] www.ionbond-tinkap.com

[29] www.Koumakina2001.com

ÖZGEÇMİŞ

1979 İskenderun'da doğmuştur, 2004 D.P.Ü Makine Mühendisliğini tamamladıktan sonra 2006 yılında GYTE Makine Mühendisliği Anabilim dalında Yüksek Lisans Programına başlamıştır.

2004-2005 yılında Silkar Holding, Türbosan A.Ş.'de çalışmıştır. 2005 yılında evlenmiş, 2006 yılında Isı Teknik Mühendislik Taahhüt İnşaat San. Tic. Ltd. Şti'de Projelerden ve şantiyeden sorumlu mühendis olarak işe başlamıştır. Aynı şirkette devam etmektedir. Seyahat etmeyi sevmekte, saz, mandolin ve gitar çalmaktadır.