

**KAPLAMA TÜRÜNÜN VE KESME  
PARAMETRELERİNİN TALAŞ ŞEKLİ  
ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**  
Ender OYMAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Prof. Dr. Kubilay ASLANTAŞ

MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

Temmuz 2012

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**KAPLAMA TÜRÜNÜN VE KESME PARAMETRELERİNİN TALAŞ ŞEKLİ**  
**ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Ender OYMAN**

**DANIŞMAN**

**Prof. Dr. Kubilay ASLANTAŞ**

**MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**

**Temmuz 2012**

# TEZ ONAY SAYFASI

Ender OYMAN tarafından hazırlanan “**Kaplama Türünün ve Kesme Parametrelerinin Talaş Şekli Üzerindeki Etkisinin Araştırılması**” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 09/07/2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Makine Eğitimi Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman :** Prof. Dr. Kubilay ASLANTAŞ

**Başkan :** Doç. Dr. Bekir YALÇIN  
Süleyman Demirel Üniversitesi Teknoloji Fakültesi

**Üye :** Prof. Dr. Kubilay ASLANTAŞ  
Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Fakültesi

**Üye :** Yrd. Doç. Dr. İsmail UCUN  
Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi

Afyon Kocatepe Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun  
...../...../..... tarih ve  
.....sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mevlüt DOĞAN  
Enstitü Müdürü

**BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI**  
**Afyon Kocatepe Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;**

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

**beyan ederim.**

**09/07/2012**

Ender OYMAN

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### KAPLAMA TÜRÜNÜN VE KESME PARAMETRELERİNİN TALAŞ ŞEKLİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Ender OYMAN

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Eğitimi Anabilim Dalı

**Danışman:** Prof.Dr. Kubilay ASLANTAŞ

Bu çalışmada kesme parametreleri (kesme hızı ve ilerleme değeri) ve kesici takım kaplama tabakasının (AlTiN, AlCrN ve TiN) talaş morfolojisi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. AISI 316L paslanmaz çeliği, farklı kaplama malzemeleriyle kaplanmış kesici takımlarla, farklı kesme parametreleri kullanılarak ortagonal şartlarda tornalanmıştır.

Çalışma sonunda hemen hemen bütün kesme parametreleri ve kaplama türleri için elde edilen talaş formu, testere tipi olarak gerçekleşmiştir. Kesme hızı arttıkça birim alana düşen testere talaş formundaki segment sayısı artmaktadır. Birim alandaki segment sayısının artması ise segmentler arası mesafeyi (adım), buna bağlı olarak ta talaş formunun küçülmesine (Hmax, Hmin, adım) sebep olmaktadır. Bununla birlikte artan ilerleme değeri talaş kesitini arttırdığı için deforme olmuş talaş kalınlığı da artan ilerleme değeri ile artmaktadır. İlerleme değerinin artması ile birim alana düşen segment sayısı azalmış, bu da talaş formunun büyümesine neden olmuştur. Kesme parametreleri kayma bandı genişliğini kaplama türüne göre daha fazla etkilemektedir. Artan kesme hızıyla kayma bandı genişliği de azalmaktadır. İlerleme değerinin artması ise kayma bandı genişliğinin bir miktar artmasına neden olmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Talaş morfolojisi, 316L Paslanmaz çelik, Ortagonal kesme, Talaş oluşumu

2012, xvi + 87 sayfa

## **ABSTRACT**

M.Sc. Thesis

### **INVESTIGATION OF EFFECT ON COATING TYPE AND CUTTING PARAMETERS ON CHIP FORM**

Ender OYMAN

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Machine Education

**Supervisor:** Prof. Dr. Kubilay ASLANTAŞ

In this study, effects of cutting parameters (cutting parameters and feed rate) and coating material (AlTiN, AlCrN ve TiN) on chip morphology are investigated. AISI 316L stainless steel turning process is carried out by cutting tools that are coated by different coating materials and by using different cutting parameters under orthogonal conditions.

At the end of the study, saw type chip form was obtained for all cutting parameters and coating types. The number of segments in the saw metal form per area increases in parallel with the increase in cutting speed. This increase in the number of segments per area causes contraction in the spacing between segments (pitch) and accordingly contraction of chip form (Hmax, Hmin, pitch). Besides, as increasing feed value increases chip cross section, deformed chip thickness increases in parallel with increasing feed value. Segment number per area decreased in parallel with the increase in feed value, which caused expansion in chip form. Cutting parameters affect the width of shear band more than coating type. Shear band width decreases with increasing cutting speed. Increase in feed value causes some increase in shear band width.

**Key Words:** Chip morphology, 316L stainless steel, Orthogonal cutting, Chip formation

**2012, xvi + 87 pages**

## TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Kubilay ASLANTAŞ'a, araştırma ve yazım süresince yardımlarını esirgemeyen Sayın Öğr. Grv. İbrahim PAZARKAYA ve Veysel AYDOĞDU'ya, her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm Öğr. Grv. Şükrü Ülker, Arş Grv. İrfan UCUN'a ve Öğr. Grv. Emin Çengelci'ye, çalışmalarımda yardımlarını esirgemeyen iş arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Ender OYMAN  
AFYONKARAHİSAR, 2012

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

---

|               |                                                             |
|---------------|-------------------------------------------------------------|
| $\beta$       | Sürtünme açısı ( $^{\circ}$ )                               |
| $\alpha$      | Boşluk açısı, ( $^{\circ}$ )                                |
| $\gamma$      | Talaş açısı, ( $^{\circ}$ )                                 |
| $\gamma_{ne}$ | Normal talaş açısı, ( $^{\circ}$ )                          |
| $\phi$        | Kayma açısı, ( $^{\circ}$ )                                 |
| $F_f$         | Takım yüzeyi üzerindeki sürtünme kuvveti (N)                |
| $F_n$         | Takım yüzeyi üzerindeki normal kuvvet (N)                   |
| $R$           | Takım kuvveti sonucu oluşan bileşke kuvveti (N)             |
| $N_s$         | Kayma düzlemine etki eden normal kuvvet (N)                 |
| $F_t$         | İlerleme kuvveti (N)                                        |
| $F_c$         | Asıl kesme kuvveti (N)                                      |
| $F_s$         | Kayma düzlemine etki eden sürtünme kuvveti (N)              |
| $L$           | İşleme boyu (mm)                                            |
| $n$           | Takım üssü (mm)                                             |
| $V$           | Kesme hızı (m/dak)                                          |
| $l_c$         | Talaş takım temas boyu (mm)                                 |
| $w$           | Kesici takım pah uzunluğu (mm)                              |
| $t$           | Deforme olmamış talaş kalınlığı (mm)                        |
| $t_c$         | Deforme olmuş talaş kalınlığı (mm)                          |
| $p$           | İş malzemesinin yoğunluğu ( $\text{kg/m}^3$ )               |
| $\mu_s$       | Kayma düzlemi üzerinde iş malzemesinin kayma dayanımı (MPa) |
| $A_s$         | Kayma düzlemi alanı ( $\text{mm}^2$ )                       |
| $A_c$         | Deforme olmamış talaş kesit alanı ( $\text{mm}^2$ )         |
| $r_c$         | Talaş sıkışma oranı                                         |
| $\mu$         | Sürtünme katsayısı                                          |
| $a_p$         | Ortogonal kesme işleminde kesme derinliği (mm)              |
| $a$           | Talaş derinliği                                             |

---



## Kısaltmalar

---

|               |                                                                                                 |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>AISI</b>   | American Iron and Steel Institute- Amerikan Demir Çelik Enstitüsü<br>(Amerikan Çelik Standardı) |
| <b>BUE</b>    | Built-up edge- kesici kenar üzerinde talaş yığılması                                            |
| <b>CNC</b>    | Computer Numerical Control - Bilgisayarlı Sayısal Denetim                                       |
| <b>DEFORM</b> | Design Environment for Forming                                                                  |
| <b>ALE</b>    | Arbitrary Lagrangian-Eulerian                                                                   |
| <b>FEA</b>    | Finite Element Analysis – Sonlu Elemanlar Analizi                                               |
| <b>FEM</b>    | Finite Element Method - Sonlu Elemanlar Metodu                                                  |
| <b>ISO</b>    | International Standard for Organization                                                         |
| <b>SEM</b>    | Scanning Electron Microscope – Tarayıcı Elektron Mikroskobu                                     |
| <b>YT</b>     | Yığıntı Talaş                                                                                   |
| <b>YK</b>     | Yığıntı Katman                                                                                  |

---

## İÇİNDEKİLER

|                                                          | <u>Sayfa No</u> |
|----------------------------------------------------------|-----------------|
| 1. GİRİŞ                                                 | 1               |
| 2. LİTERATÜR BİLGİLERİ                                   | 3               |
| 3. PASLANMAZ ÇELİKLER                                    | 26              |
| 3.1 Ferritik Paslanmaz Çelikler .....                    | 27              |
| 3.2 Martenzitik Paslanmaz Çelikler .....                 | 29              |
| 3.2 Östenitik Paslanmaz Çelikler .....                   | 30              |
| 3.3 Paslanmaz Çeliklerin İşlenebilirliği .....           | 32              |
| 4. TALAŞ KALDIRMA İŞLEMİNİN MEKANİĞİ                     | 35              |
| 4.1 Talaş Kaldırma Teorileri .....                       | 35              |
| 4.1.1 Ernst, Merchant ve Pispäen Yaklaşımı .....         | 36              |
| 4.1.2. Lee ve Shaffer yaklaşımı .....                    | 38              |
| 4.1.3. Shaw, Cook ve Finne yaklaşımı .....               | 39              |
| 4.1.4. Analitik yaklaşımların değerlendirilmesi .....    | 39              |
| 4.2 Dik (Ortogonal) ve Eğik (Meyilli) Kesme İşlemi ..... | 40              |
| 4.3 Talaş Çeşitleri.....                                 | 41              |
| 4.3.1 Sürekli Talaş .....                                | 42              |
| 4.3.2 Testere Tipi Talaş .....                           | 43              |
| 4.3.3 Süreksiz Talaş.....                                | 43              |
| 4.4 Kayma Düzlemi ve Kayma Açısı.....                    | 44              |
| 4.5 Talaş Yığılması (BUE).....                           | 45              |
| 4.6 Isı Oluşumu .....                                    | 46              |
| 5. KESİCİ TAKIM MALZEMELERİ                              | 47              |
| 5.1 Giriş.....                                           | 47              |
| 5.2 Kaplamalı Sinterlenmiş Karbürler .....               | 49              |
| 5.3 Kaplamalar .....                                     | 51              |
| 5.3 Kaplamaların Özellikleri .....                       | 52              |
| 6. MATERYAL VE METOT                                     | 55              |
| 6.1 İş Parçası ve Kesici Takım Özellikleri.....          | 55              |
| 6.2 Deney Düzenneği .....                                | 57              |
| 6.3 Kesme Parametreleri .....                            | 57              |

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| 6.4 Metalografik İşlemler.....                                         | 59 |
| 6.5 Mikro Yapı Analizleri .....                                        | 59 |
| 6.6 Kesme Deneylerinin Yapılması .....                                 | 60 |
| 7. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA                                       | 61 |
| 7.1. Kesme Parametrelerinin Hmax Üzerine Etkilerinin İncelenmesi ..... | 61 |
| 7.2. Kesme Parametrelerinin Adım Üzerine Etkilerinin İncelenmesi ..... | 66 |
| 7.3 Kesme Parametrelerinin Kayma Bandı Üzerindeki Etkisi.....          | 70 |
| 7.4 Kaplama Türünün Talaş Şekli Üzerine Etkilerinin İncelenmesi.....   | 74 |
| 7.5 Kesme Hızının Talaş Şekli Üzerine Etkisi.....                      | 77 |
| 8. SONUÇ VE ÖNERİLER                                                   | 81 |
| 9. KAYNAKLAR                                                           | 83 |
| 9.1. İnternet Kaynakları.....                                          | 86 |
| ÖZGEÇMİŞ                                                               | 87 |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa No

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil 2.1</b> YT ve YK oluşmuş kesici takım görüntüsü .....                                                                                                                                                                                                                                            | 3  |
| <b>Şekil 2.2</b> AA2014 alaşımın kaplamasız karbür kesici takımla 200 m/min kesme ve 0.30 mm/dev ilerleme hızında işlenmesi sonucu kesici takım üzerinde gerçekleşen YK ve YT görüntüsü.....                                                                                                              | 4  |
| <b>Şekil 2.3</b> Talaş derinliği $a=2\text{mm}$ sabit olmak şartıyla farklı kesme hızlarının ve ilerlemenin yüzey pürüzlülüğüne etkisi.....                                                                                                                                                               | 5  |
| <b>Şekil 2.4</b> A) Kayma hızına göre temas sıcaklığı. B) Makroskobik kayma hızı ve lokal kayma hızı ortalamasının karşılaştırılması. C ) Sıcaklığa bağlı olarak adhesiv sürtünme katsayısının değişimi. D) Lokal kayma hızına göre adhesiv kayma hızının değişimi .....                                  | 7  |
| <b>Şekil 2.5</b> TiC/TiCN/TiN ve TiCN/TiC/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> kaplanmış kesici takımlarla a) AISI 304 ve b) AISI 316 östenitik paslanmaz çeliklerin 0,16 mm/dev ilerleme hızı ve 1,6 mm talaş derinliğinde işlenmesi sonucu elde edilen kesme kuvvetlerinin kesme hızına göre değişimleri..... | 8  |
| <b>Sekil 2.6</b> Asıl kesme kuvvetleri için deneysel ve nümerik sonuçların karşılaştırılması.....                                                                                                                                                                                                         | 12 |
| <b>Şekil 2.7</b> AISI 304 malzemenin a) 0,04 mm/dev, b) 0,06 mm/dev, c) 0,08 mm/dev ilerleme ile delinmesinde elde edilen delik çapları.....                                                                                                                                                              | 13 |
| <b>Şekil 2.8</b> Talaşlarda oluşan maksimum yükseklik değerinin ilerleme ve kaplama türüne göre değişimi .....                                                                                                                                                                                            | 14 |
| <b>Şekil 2.9</b> AA5052 alaşımın kaplamasız karbür kesici takımla 200 m/min kesme ve 0,30 mm/dev ilerleme hızında işlenmesi sonucu kesici takım üzerinde gerçekleşen YK ve YT yığıntı talaş görüntüsü.....                                                                                                | 15 |
| <b>Şekil 2.10</b> Talaş derinliğinin, talaş kaldırma kuvveti üzerindeki etkisi .....                                                                                                                                                                                                                      | 16 |
| <b>Şekil 2.11</b> Talaş derinliğinin kesici takım gerilmeleri üzerindeki etkisi.....                                                                                                                                                                                                                      | 16 |
| <b>Şekil 2.12</b> Değişken hasara ilişkin talaş morfolojisi evrimi D(SDEG) ve Deneysel karşılaştırma $V = 200\text{ m/dak}$ ve $f = 0.4\text{ mm/dev}$ .....                                                                                                                                              | 17 |
| <b>Şekil 2.13</b> Kayma açısının kesici takım türüne bağlı değişiminin nümerik ve deneysel olarak karşılaştırılması.....                                                                                                                                                                                  | 18 |

|                                                                                                                                                                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil 2.14</b> (1) deforme olmuş kesme bantlarının mikro yapı grafikleri, (2) Dönüşüm kayma bantlarının mikroyapısı a) Optik mikroskop b) SEM c) TEM.....                                                                     | 21 |
| <b>Şekil 2.15</b> Ortogonal kesim ile $V=72$ m/dak kesim hızında elde edilen titanyum alaşımında (Ti-6Al-4V) oluşan deforme olmuş adyabatik kayma bandı.....                                                                     | 22 |
| <b>Şekil 2.16</b> 180 m/dak'lık kesme hızı ve 0.1 mm'lik ilerleme hızında talaş oluşum simülasyonu. (a) Johnson-Cook malzemenin kanunu ve (b) yeni bir TANH malzeme modeli.....                                                  | 22 |
| <b>Şekil 2.17</b> 180 m/dak'lık kesme hızı ve 0,1 mm'lik ilerleme hızında yapılan deneysel işleme sonucunda elde edilen talaş formu .....                                                                                        | 23 |
| <b>Şekil 2.18</b> 180 m/dak'lık kesme hızı ve 0.1 mm'lik ilerleme hızında yapılan (a) şekil değiştirme, (c) öngörülen numerik sonuç, (b) deneysel işleme sonucunda elde edilen talaş formu. (a) JC, (b) TANH malzeme modeli..... | 23 |
| <b>Şekil 2.19</b> Kesme hızı 120 m/dak, talaş derinliği 2 mm, 0.1-0.35 mm/dev arası ilerleme hızı için talaş morfolojisi .....                                                                                                   | 24 |
| <b>Şekil 2.20</b> Ortogonal kesme için ve AISI 4340 alaşımlı çelik ile elde edilen talaş mikroyapı fotoğrafları: (a) $f = 0.224$ mm/dev, (b) $f = 0.35$ mm/dev .....                                                             | 25 |
| <b>Sekil 3.1</b> Paslanmaz Çeliklerde korozyon direnci sağlayan yüzey tabakası .....                                                                                                                                             | 26 |
| <b>Şekil 3.2</b> Ferritik çeliğin mikro yapısı .....                                                                                                                                                                             | 29 |
| <b>Şekil 3.3</b> Martenzitik çeliğin mikro yapısı .....                                                                                                                                                                          | 29 |
| <b>Şekil 3.4</b> Östenitik Paslanmaz Çelikler .....                                                                                                                                                                              | 30 |
| <b>Şekil 4.1</b> Merchant'ın ideal talaş oluşum modeli .....                                                                                                                                                                     | 36 |
| <b>Şekil 4.2</b> Ortogonal kesmede kuvvet diyagramı.....                                                                                                                                                                         | 37 |
| <b>Şekil 4.3</b> Piispanen talaş oluşum modeli .....                                                                                                                                                                             | 38 |
| <b>Şekil 4.4</b> Lee ve Shaffer yaklaşımı, a) Kayma açısı modeli, b) Gerilme bölgesi için Mohr dairesi.....                                                                                                                      | 39 |
| <b>Şekil 4.5</b> Kesme yöntemlerinin şematik gösterimi a) Dik (Ortogonal) kesme b) Eğik (Meyilli) kesme .....                                                                                                                    | 41 |
| <b>Şekil 4.6</b> Dik (Ortogonal) kesmede kayma düzlemi ve takım üzerindeki kuvvetler .....                                                                                                                                       | 41 |
| <b>Şekil 4.7</b> İlerleme hızı (f) ve kesme derinliğinin (ap) talaş şekline etkisi. ....                                                                                                                                         | 42 |
| <b>Şekil 4.8</b> Testere tipi talaş .....                                                                                                                                                                                        | 43 |
| <b>Şekil 4.9</b> Süreksiz talaş.....                                                                                                                                                                                             | 44 |

|                                                                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil 4.10</b> Dik (Ortagonal) kesme modeli.....                                                                                 | 45 |
| <b>Şekil 4.11</b> Kesici takım, talaş ve iş parçası üzerindeki artık BUE oluşumu .....                                              | 46 |
| <b>Şekil 5.1</b> Sıcaklık karşısında kesici takım malzemelerinin sertliği .....                                                     | 48 |
| <b>Şekil 5.2</b> Kesici takım malzemelerinin sertlik ve tokluk değişim grafiği .....                                                | 49 |
| <b>Şekil 5.3</b> Kaplamalı ve kaplamasız karbürlerin karşılaştırılması .....                                                        | 50 |
| <b>Şekil 5.4</b> Modern Kaplamalar .....                                                                                            | 51 |
| <b>Şekil 5.5</b> Kaplama tabakalarının özellikleri .....                                                                            | 52 |
| <b>Şekil 6.1</b> SNMG 12 04 08 QM serisi kesici uç boyutları.....                                                                   | 56 |
| <b>Şekil 6.2</b> SNMG 12 04 08 QM serisi Takım tutucu. ....                                                                         | 56 |
| <b>Şekil 6.3</b> Optik Mikroskop ta fotoğrafı çekilen talaş formu üzerinden alınan ölçüler. ....                                    | 60 |
| <b>Şekil 7.1</b> Kaplamasız kesici takım için kesme hızı ve ilerleme değerlerine bağlı olarak Hmax değişimi. ....                   | 61 |
| <b>Şekil 7.2</b> AlCrN kaplamalı kesici takım için kesme hızı ve ilerleme değerlerine bağlı olarak Hmax değişimi. ....              | 62 |
| <b>Şekil 7.3</b> AlTiN kaplamalı kesici takım için kesme hızı ve ilerleme değerlerine bağlı olarak Hmax değişimi. ....              | 63 |
| <b>Şekil 7.4</b> TiN kaplamalı kesici takım için kesme hızı ve ilerleme değerlerine bağlı olarak Hmax değişimi. ....                | 64 |
| <b>Şekil 7.5</b> İlerleme değeri $f=0,21$ mm/dev olduğu durum için kesme hızı ve kaplama türlerine bağlı olarak Hmax değişimi. .... | 65 |
| <b>Şekil 7.6</b> $f=0,21$ mm/dev için AlCrN Kaplamalı kesici takım ile elde edilen talaşa ait mikro yapı fotoğrafı. ....            | 66 |
| <b>Şekil 7.7</b> $f=0,21$ mm/dev için AlTiN Kaplamalı kesici takım ile elde edilen talaşa ait mikro yapı fotoğrafı. ....            | 66 |
| <b>Şekil 7.8</b> Kaplamasız (WC) kesici takım için kesme hızı ve ilerleme değerlerine bağlı olarak Adım mesafesinin değişimi. ....  | 67 |
| <b>Şekil 7.9</b> AlCrN kaplamalı kesici takım ile oluşan talaş formu ( $V=345,73$ m/dak, $f=0,21$ mm/dev). ....                     | 67 |
| <b>Şekil 7.10</b> AlCrN kaplamalı kesici takım için kesme hızı ve ilerleme değerlerine bağlı olarak adım mesafesinin değişimi. .... | 68 |

|                                                                                                                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil 7.11</b> AlTiN kaplamalı kesici takım için kesme hızı ve ilerleme değerlerine bağlı olarak Adım mesafesinin değişimi. ....                                             | 68 |
| <b>Şekil 7.12</b> TiN kaplamalı kesici takım için kesme hızı ve ilerleme değerlerine bağlı olarak Adım mesafesinin değişimi. ....                                               | 69 |
| <b>Şekil 7.13</b> İlerleme değeri 0,21 mm/dev olduğu durum için kesme hızı ve kaplama türlerine bağlı olarak segmentler arası (Adım) mesafe değişimi. ....                      | 70 |
| <b>Şekil 7.14</b> Kaplamasız (WC) kesici takım için kesme hızı ve ilerleme değerlerine bağlı olarak Sb (kayma Bandı) değişimi. ....                                             | 71 |
| <b>Şekil 7.15</b> Kaplamasız (WC) kesici takım için V=113,28 m/dak kesme hızı ve ilerleme değerlerine bağlı olarak Sb değişimi. ....                                            | 72 |
| <b>Şekil 7.16</b> Kaplamasız (WC) kesici takım için a) V=503,49 m/dak kesme hızı ve ilerleme değerlerine bağlı olarak Sb değişimi b) Talaşta kaymaya maruz kalan bölgeler. .... | 72 |
| <b>Şekil 7.17</b> AlTiN kaplamalı kesici takım için kesme hızı ve ilerleme değerlerine bağlı olarak Sb (Kayma Bandı) değişimi. ....                                             | 73 |
| <b>Şekil 7.18</b> İlerleme değeri 0,21 mm/dev olduğu durum için kesme hızı ve kaplama türlerine bağlı olarak Kayma Bandı (Sb) genişlik değişimi. ....                           | 74 |
| <b>Şekil 7.19</b> Kaplamasız kesici takım ile oluşan talaşın mikro ve makro görüntüleri. ....                                                                                   | 75 |
| <b>Şekil 7.20</b> TiN kaplamalı kesici takım ile oluşan talaşın mikro ve makro görüntüleri. ....                                                                                | 75 |
| <b>Şekil 7.21</b> AlCrN kaplamalı kesici takım ile oluşan talaşın mikro ve makro görüntüleri. ....                                                                              | 75 |
| <b>Şekil 7.22</b> AlTiN kaplamalı kesici takım ile oluşan talaşın mikro ve makro görüntüleri. ....                                                                              | 76 |
| <b>Şekil 7.23</b> V=345,73 m/dak sabit kesme ve f=0,21 mm/dev ilerleme hızında, kaplama türlerinin talaş boyutlarına etkileri. ....                                             | 76 |
| <b>Şekil 7.24</b> $\Delta_1 < \Delta_2$ ise $Sb_1 < Sb_2$ .....                                                                                                                 | 77 |
| <b>Şekil 7.25</b> V=113,28 m/dak kesme hızında, f=0,21 mm/dev ilerleme değerinde TiN kaplamalı kesici takım ile oluşan talaşın mikro ve makro görüntüleri. ....                 | 78 |

|                   |                                                                                                                                                    |    |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil 7.26</b> | V=165,03 m/dak kesme hızında, f=0,21 mm/dev ilerleme değerinde<br>TiN kaplamalı kesici takım ile oluşan talaşın mikro ve makro<br>görüntüleri..... | 78 |
| <b>Şekil 7.27</b> | V=237,20 m/dak kesme hızında, f=0,21 mm/dev ilerleme değerinde<br>TiN kaplamalı kesici takım ile oluşan talaşın mikro ve makro<br>görüntüleri..... | 78 |
| <b>Şekil 7.28</b> | V=345,73 m/dak kesme hızında, f=0,21 mm/dev ilerleme değerinde<br>TiN kaplamalı kesici takım ile oluşan talaşın mikro ve makro<br>görüntüleri..... | 79 |
| <b>Şekil 7.29</b> | V=503,49 m/dak kesme hızında, f=0,21 mm/dev ilerleme değerinde<br>TiN kaplamalı kesici takım ile oluşan talaşın mikro ve makro<br>görüntüleri..... | 79 |
| <b>Şekil 7.30</b> | Kesme hızlarının talaş boyutları üzerindeki etkisi. ....                                                                                           | 80 |



## ÇİZELGELER DİZİNİ

### **Sayfa No**

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Çizelge 6.1</b> Deneysel çalışmalarda kullanılan AISI 316 L çeliğinin kimyasal bileşimi ..... | 55 |
| <b>Çizelge 6.2</b> SNMG 12 04 08 QM serisi Takım tutucu özellikleri.....                         | 55 |
| <b>Çizelge 6.3</b> Deneylerde kullanılan kesme parametreleri.....                                | 58 |

## RESİMLER DİZİNİ

|                                                   | <b><u>Sayfa No</u></b> |
|---------------------------------------------------|------------------------|
| <b>Resim 6.1</b> Torna tezgahı ve İş parçası..... | 57                     |
| <b>Resim 6.2</b> Optik Mikroskop (OM).....        | 59                     |

## 1. GİRİŞ

Çağımız endüstrisinin hızlı tüketim talebini karşılamak için, sürekli olarak yüksek kalitede, ürün tasarımı ile bunların seri ve ucuz olarak üretimini sağlayabilmek için imalat sanayinin kendisini geliştirmesi bir zorunluluktur. Bu gelişmelerle beraber talaşlı imalatta kullanılan takım tezgâhlarının devir sayıları, ilerleme ve kesme hızlarında artış olmuştur. Takım tezgâhlarında ki bu gelişmelerle birlikte, daha verimli ve hassas iş parçalarının üretilmesi, kesici takımların daha kaliteli ve uzun ömürlü olmasını gerektirmektedir.

1970’li yıllarda kaplanmış sementit karbür kesici takımlar geliştirilmiştir. Kesici takımların kaplanması kesici takım teknolojisinde önemli bir gelişme olarak kabul edilmiştir. Kaplanmış sementit karbür takımlar esas olarak sementit karbür takımın bir veya daha fazla aşınmaya dirençli ince katmanla kaplanması ile elde edilen kesici takımlardır. Titanyum karbür (TiC), titanyum nitrür (TiN), ve alüminyum oksit ( $Al_2O_3$ ) yaygın olarak kullanılan kaplama türleridir. İnce ve sert kaplama malzemesinin takım aşınmasını azalttığı ve verimliliği artırdığı bilinmektedir. Bu nedenle kaplama işlemi ilave bir masraf gerektirse de, talaşlı imalat sektöründe kullanılan sementit karbür takımların çoğunluğunu kaplanmış takımlar oluşturmaktadır (Çiftçi 2005).

Gelişen tasarım ve imalat sanayii ile birlikte yeni malzeme türlerine ihtiyaç duyulmuştur. Bu malzemelerden en çok kullanılanlardan bir tanesi paslanmaz çeliklerdir. Paslanmaz çelikler demir, karbon ve çoğu zamanda nikel içeren alaşımlardır. Düşük ısı iletkenliği ve kimyasal bileşiminde krom ve nikel gibi mukavemet artırıcı elementler bulundurması işlenebilirliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Korozyon dayanımlarını arttırmak için geliştirilmiş ve kullanım alanı her geçen gün arttığı bilinmektedir. AISI 316L kalite paslanmaz çelikler savunma, gıda, tıp, ilaç ve nükleer sanayiinde sıkça kullanılmaktadır.

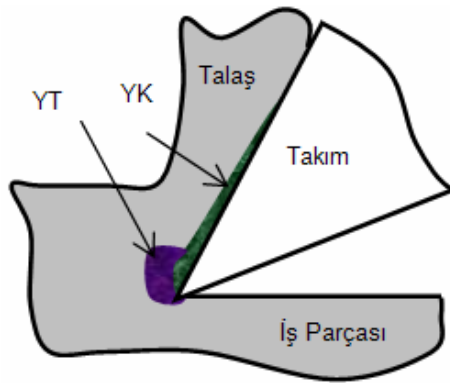
AISI 316L östenitik paslanmaz çeliğinin işlenmesinde kesme parametreleri, kesme şartları ve kaplama türünün, talaş şekli üzerindeki etkisine literatür de yeteri kadar değinilmediği gözlemlenmiştir. Literatürdeki bu boşluğu doldurmak için bu tez çalışmasında AISI 316L östenitik paslanmaz çeliğin kuru ve ortogonal kesme

şartlarında tornalama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Hem kesme parametrelerinin hemde kaplama şeklinin talaş morfolojisini nasıl etkilediği araştırılmıştır. Bu amaçla 4 farklı kesici takımla (kaplamasız-TiN-AlCrN-AlTiN) ortagonal kesme deneyleri yapılarak, AISI 316L paslanmaz çeliğin işlenmesi esnasında oluşan talaşlar makro ve mikro fotoğrafları çekilerek boyutsal anlamda incelenmiştir.

## 2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

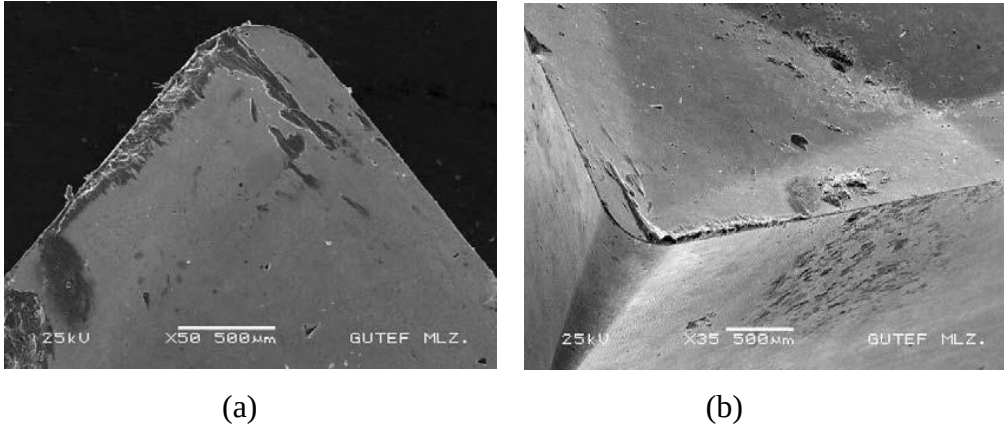
Talaş oluşumu; yüksek gerinme hızları ve sıcaklık etkilerine sahip olan plastik deformasyonun bir sonucudur. Son 30 yılda kesme mekaniği hakkında pek çok çalışma yapılmıştır. Kesme işlemini tanımlamak amacıyla çeşitli modeller geliştirilmiş olup, bunların bazılarında kesme işlemi başarılı bir şekilde tanımlanabilirken bazılarında da doğru çözümler tam olarak kanıtlanamamıştır. Önceki yıllarda paslanmaz çelikler ve kesici takım kaplaması konusunda yapılan bu literatür incelemesinin sonucunda aşağıdaki çalışmalar hakkında özet bilgiler verilmiştir.

Gökkaya (2009) yapmış olduğu çalışmada, AA2014 alaşımının işlenmesi sırasında işleme parametrelerinden kesme hızı, ilerlemenin Yığıntı Katman (Built-Up layer) ve Yığıntı Talaş (Built-Up Edge) oluşumu üzerindeki etkileri araştırmıştır. AA2014 alaşımı CCGT 120404FN-ALU geometrisine ve K10 kalitesine sahip değiştirilebilir kaplamasız sementit karbür kesici takımla torna tezgâhında, kuru kesme şartlarında işlemiştir. Deneylerde, dört farklı kesme hızı (200, 300, 400, 500 m/min), beş farklı ilerleme hızı (0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30 mm/rev) ve sabit talaş derinliğini (1.5 mm) işleme parametreleri olarak seçmiştir. Talaş kaldırma işlemleri sonucunda, kesici takım üzerinde en fazla YK ve YT 200 m/min kesme hızı ve 0.30 mm/rev ilerleme hızında yapılan talaş kaldırma işleminde olduğu tespit edilmiştir. Kesme hızının artırılması YK ve YT oluşumunu azalmış fakat YK ve YT oluşumunu engellemediğini ifade etmiştir.



**Şekil 2.1** YT ve YK oluşmuş kesici takım görüntüsü (Gökkaya 2009).

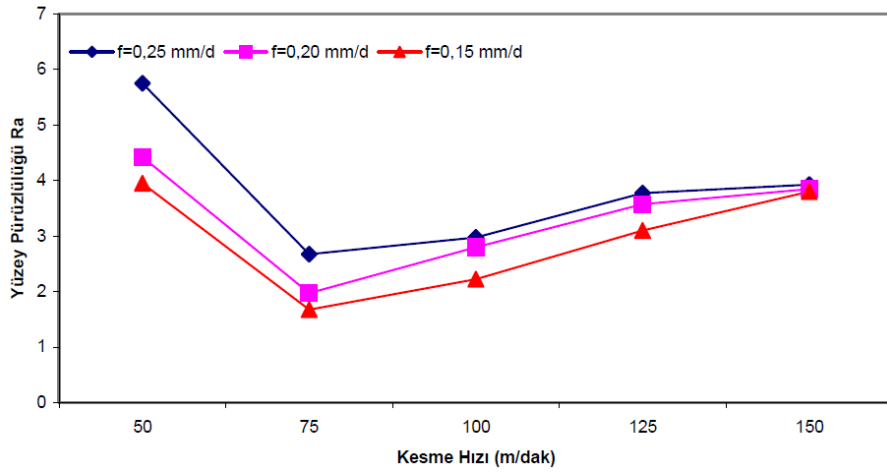
Kaplamasız karbür takımla talaş kaldırma işlemi sonucunda, beş farklı ilerleme değeri kullanılmasına rağmen YT ve YK' nın en fazla görüldüğü 0.3 mm/rev ilerleme değerinde elde edilen SEM görüntüleri değerlendirilmiştir. Şekil 2.2'de AA2014 alüminyum alaşımının 200 m/min kesme ve 0.30 mm/dev ilerleme hızında işlenmesinde kaplamasız karbür kesici takım üzerinde oluşan YK ve YT'ın SEM fotoğrafı görülmektedir. Şekil 2.2'de görüldüğü gibi YK kesici takım talaş yüzeyinde oluşurken YT ise kesici takım esas kesme kenarı boyunca oluşmuştur ve burun radyusu yakınlarında takım talaş yüzeyine doğru devam etmektedir. 200 m/min kesme hızında oluşan YT, kesici takımın uç radyüsü ve esas kesici kenar biçimini değiştirdiği tespit edilmiştir.



**Şekil 2.2** AA2014 alaşımın kaplamasız karbür kesici takımla 200 m/min kesme ve 0.30 mm/dev ilerleme hızında işlenmesi sonucu kesici takım üzerinde gerçekleşen YK ve YT görüntüsü a) Kesici takım talaş yüzeyi x50 büyültmeli SEM görüntüsü YT'ın kesici takım geometrisini değiştirdiği görüntü, b) Kesici takım üç boyutlu x35 büyültmeli SEM görüntüsü (Gökkaya 2009).

Tekaslan vd. (2008) yapmış oldukları çalışmada, AISI 304 östenitik paslanmaz çelik malzeme değişik kesme parametreleri ile işlendikten sonra, üzerinde işlemeye bağlı olarak oluşan yüzey pürüzlülüklerini belirleyerek optimum kesme parametrelerini saptamaya çalışmışlardır. AISI 304 çeliğinden çap 61 mm, boy 250 mm olarak hazırlanan 30 adet deney numunesini değişik kesme parametrelerinde CNC torna tezgâhında işlemişlerdir. Daha sonra deney numunelerinin yüzey pürüzlülükleri, “Mahr” marka perthometer M1 tipi, masa üstü, yazılı çıktı verebilen pürüzlülük ölçüm cihazı kullanarak ölçmüşler ve pürüzlülüğün, kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliğine göre değişimini değerlendirmişlerdir. Kesme hızının 50 m/dak.'dan 75 m/dak. arttırıldığında

yüzey pürüzlülüğünün iyileştiğini fakat 75 m/dak. dan sonra ilerlemenin artırılması ile yüzey kalitesinin bozulduğunu görmüşlerdir (Şekil 2.3).



**Şekil 2.3** Talaş derinliği  $a=2\text{mm}$  sabit olmak şartıyla farklı kesme hızlarının ve ilerlemenin yüzey pürüzlülüğüne etkisi (Tekaslan vd 2008)

Turgut vd. (2009) yapmış oldukları çalışmada, AISI 303 paslanmaz çeliklerin işlenmesinde, kesme hızı ve ilerlemenin talaş biçimine etkisini deneysel olarak araştırmışlardır. Başlangıçta, kullanılan kesici için tavsiye edilen,  $0,24\text{ mm/dev}$  ilerlemeyi sabit tutarak dört ayrı kesme hızında ( $120/150/180/210\text{ m/dak}$ ) deneyler yapmışlardır. Bu deneyler sonrasında en iyi yüzey kalitesini veren kesme hızını belirlemişler ve bu kesme hızında üç farklı ilerleme ( $0,20/0,24/0,30\text{ mm/dev}$ ) değerleri için deneyler yapmışlardır. Kesme hızının yüksek olması, talaşın kıvrım yarıçapını düşürmüş ve kalınlığını arttırmıştır. Talaşın kalınlığının artması, kayma düzlemi açısını küçültmüş ve malzemenin daha zor deforme olmasına yol açarak kesme bölgesinde basıncın artmasına, dolayısıyla titreşimin, ısının ve kesme kuvveti değerlerinin büyümesine yol açmıştır. Talaş kalınlığının artması, dilim yüksekliğinin de artmasına neden olmuştur. Talaş kalınlaşmasının başka bir olumsuz yanı da talaşın akma hızının yavaşlamasıdır. Talaşın akma hızının yavaşlamasıyla, kesme bölgesinden ısı hızlı bir şekilde atılamamıştır. Talaş kalınlaşmasının ısıyı arttırması, talaş hızının düşmesine, dolayısıyla kesme bölgesindeki ısının da artmasını hızlandırmıştır. AISI 304 ve AISI 303 talaş biçimleri karşılaştırıldığında, talaş kıvrım yarıçapında yaklaşık % 71 artışın meydana geldiği, talaş kalınlığında ise % 9 düşüş gözlemlenmiştir. AISI 304 ve AISI 303 çeliklerinin kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülüğü ve talaş biçimleri arasındaki değişim, AISI 303'ün kimyasal bileşenindeki C ve S miktarının fazla olmasından

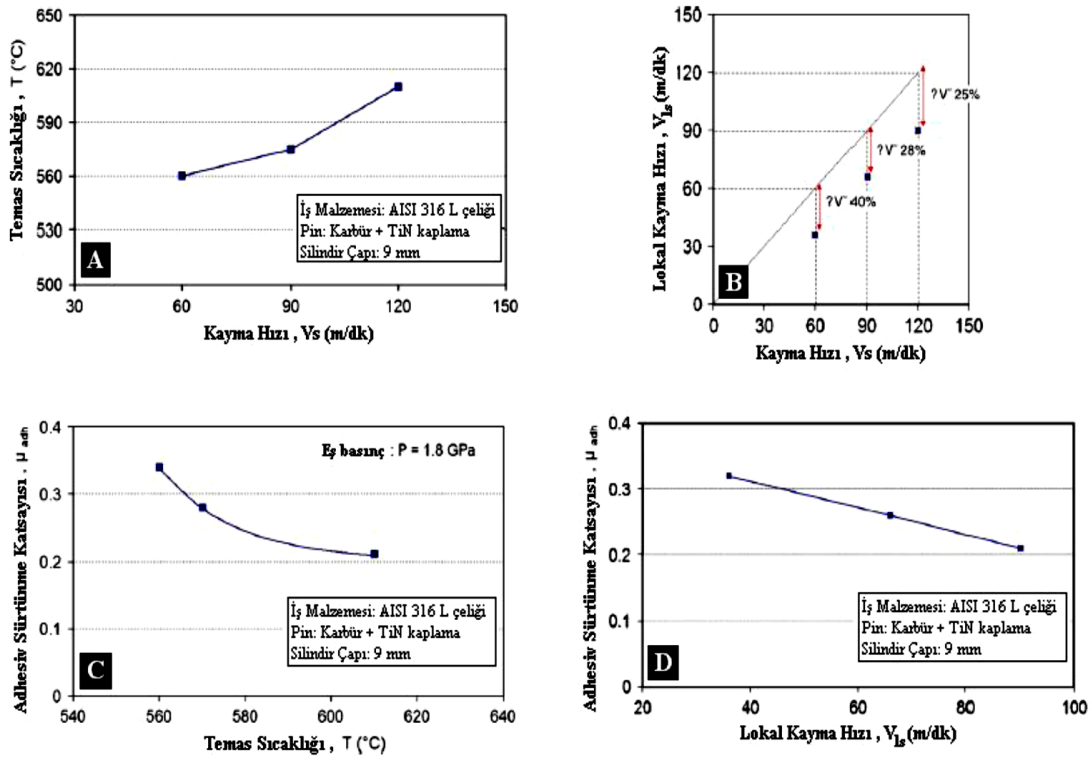
kaynaklandığını düşünmüşlerdir. Çünkü AISI 303'deki C miktarı % 0,085 iken, AISI 304'deki C miktarı % 0,055'dir. Yani AISI 303'deki C miktarı AISI 304'dekinden %55 fazladır. Yine aynı şekilde AISI 303'deki S miktarı % 0,225 iken, AISI 304'deki S miktarı % 0,011'dir. Görüldüğü gibi AISI 303'deki S, AISI 304'dekinden yaklaşık % 2045 daha fazladır.

Kalhuri (2001) çalışmasında Lagrangian formülasyonunun kullanıldığı bir sonlu eleman programı olan SiMPle kodlarıyla yaptığı simülasyonlardan elde ettiği, kesme kuvveti ve artık gerilmelerin değişimini incelemiştir. Ayrıca, Kalhuri iş parçası yüzeyindeki kalıntı gerilmelerin bir önceki kesmeden kaynaklandığını bulmak ve bunun talaş oluşum sürecine etkilerini incelemek amacıyla simülasyonlar gerçekleştirmiştir. Çalışmasında AISI 316L paslanmaz çelik malzeme ve Sandvik Coromant TNMG 160408-QF Grade 235 kesici uçlar kullanmış, kesme kuvvetlerini Kistler dinamometre ile ölçmüş, talaş morfolojisini araştırmak için hızlı durdurma deneyleri gerçekleştirmiş ve işlenen yüzeydeki artık gerilmeleri tespit ederek ölçmüştür. Simülasyonların da kapalı sonlu eleman programı olan SiMPle'ı kullanmıştır. İkinci kesmedeki talaş oluşumu üzerinde birinci kesmedeki kalıntı gerilme etkilerinin ihmal edilecek kadar az olduğunu ancak kalıntı gerilmelerin ciddi bir şekilde etkilediğini gözlemlemiştir.

Valiorgue vd. (2007) "AISI 316L'nin tornalanması ile ortaya çıkan kalıntı gerilmelerin modellenmesi için yeni bir yaklaşım" isimli çalışmalarında sunulan ana fikir, bir yandan talaş oluşum işlemini ayırma ve diğer yandan da kalıntı gerilmelere sebep olan mekanizmaları modellemeden ibarettir. Nitekim bu yaklaşım işlenen yüzeyde kesici takım tarafından oluşturulan termo-mekanik yükü ölçmeyi gerektirmektedir. Bir sonlu eleman modeli, kalıntı gerilmeleri tahmin edebilmek için işlenen yüzeyde bu termo-mekanik yüklerin uygulanmasını ve hareketini taklit etmektedir. Sonuç olarak, kalıntı gerilmelerin profil şeklini öngörmenin mümkün olduğunu göstermişlerdir. Bu yöntem ile talaş kaldırma mekanizmaları modelinde, işlenmiş yüzeye sadece termo mekanik yük gelmemektedir. Uyguladıkları metodun 316 L paslanmaz çeliğinin deneysel sonuçları ile tutarlı olduğunu da göstermişlerdir.



Bonnet vd. (2008), TiN kaplı karbür takımlarla AISI 316L östenitik paslanmaz çeliğin kuru kesme şartlarında ara yüzdeki sürtünme katsayısını tanımlayabilmek için bir sürtünme modeli geliştirmeyi amaçlamışlardır. Basınç, sıcaklık ve kayma hızlarının ilgili değerlerine ulaşabilmek için yeni bir tribometre tasarlamışlardır. Bu deney set-up'ı değiştirilmiş bir bilezik üstündeki pim (pin-on-ring) sistemine dayanmaktadır. Ayrıca, deneysel sistem tarafından sağlanan standart makroskopik veriden küresel pim çevresindeki lokal olayı tanımlamak için sürtünme deneyini simüle eden bir sayısal model yapılandırmışlardır. Çalışmanın sonucunda sürtünme katsayısının öncelikle kayma hızına daha sonra basınca bağlı olduğunu tespit etmişlerdir (Şekil 2.4).

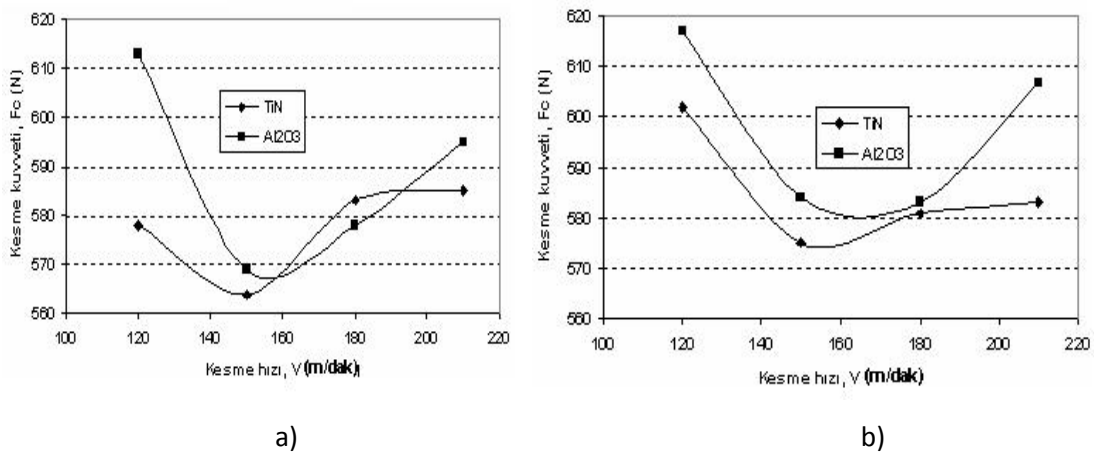


**Şekil 2.4** A) Kayma hızına göre temas sıcaklığı. B) Makroskopik kayma hızı ve lokal kayma hızı ortalamasının karşılaştırılması. C ) Sıcaklığa bağlı olarak adhesiv sürtünme katsayısının değişimi. D) Lokal kayma hızına göre adhesiv kayma hızının değişimi (Bonnet vd. 2008).

Sürtünme modelini daha iyi anlamak için işleme sürecinin daha gerçekçi sonlu eleman modellerine ihtiyaç vardır. Bonnet ve arkadaşları, sabit Coulomb sürtünme katsayısını esas alan standart modele benzeyen, lokal kayma hızına bağımlı olan yeni bir sürtünme modeli kullanmışlardır. Arbitrary Lagrangian-Eularian (ALE) yaklaşımı tabanlı bir sonlu eleman modeli ile ortogonal kesme işlemi gerçekleştirmişlerdir. Bu model, kuru kesme

şartlarında AISI 316L paslanmaz çeliğin araştırılmasında uygulanmıştır. Talaş kaldırma işleminin sürtünme modeline çok duyarlı olduğu görülmüştür. Yeni sürtünme modelinin talaş kaldırma olayı hakkında mantıklı veriye ulaşmak için yararlı olduğunu tespit etmişlerdir.

Çiftçi (2005), yapmış olduğu çalışmada, iki farklı kalitede östenitik paslanmaz çeliğin (AISI 304 ve AISI 316) işlenmesinde, kesici takım kaplamasının, kesme hızının ve iş parçası malzemesinin, kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla soğutma sıvısı kullanılmadan tornalama metoduyla işlenebilirlik deneyleri yapmıştır. TiC/TiCN/TiN ve TiCN/TiC/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> katmanlarıyla çok katlı kaplanmış sementit karbür kesici takımlar kullanmıştır. Deneyleri dört farklı kesme hızında (120, 150, 180 ve 210 m/dak), ilerleme hızı ve talaş derinliği sabit tutarak yapmıştır. İlerleme hızını 0,16 mm/dev ve talaş derinliğini de 1,6 mm olarak seçmiştir (Şekil 2.5). Deney sonuçları, TiC/TiCN/TiN kaplanmış kesici takımın TiCN/TiC/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kaplanmış kesici takımdan daha düşük kesme kuvvetlerine sebep olduğunu ortaya çıkarmıştır. Kesme hızının kesme kuvvetlerinde önemli derecede bir değişikliğe neden olmadığını ancak işlenmiş yüzey pürüzlülüğünü önemli derecede etkilediğini görmüştür. Artan kesme hızı ile yüzey pürüzlülük değerleri belirli bir kesme hızı değerine kadar azalmış ancak bu değerden sonra artan kesme hızı ile artış eğilimi göstermiştir.



**Şekil 2.5** TiC/TiCN/TiN ve TiCN/TiC/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kaplanmış kesici takımlarla a) AISI 304 ve b) AISI 316 östenitik paslanmaz çeliklerin 0,16 mm/dev ilerleme hızı ve 1,6 mm talaş derinliğinde işlenmesi sonucu elde edilen kesme kuvvetlerinin kesme hızına göre değişimleri (Çiftçi 2005).

Tekiner ve Yeşilyurt (2004) çalışmalarında, AISI 304 paslanmaz çeliğin işlenmesi esnasında en uygun kesme şartları ve kesme parametrelerinin belirlenmesinde ortamda oluşan sesi esas almışlardır. Paslanmaz çeliğin işlenmesinde en iyi kesme parametrelerinin belirlenmesi için 30 mm çapında 200 mm uzunluğunda deneylerde kullanılmak üzere hazırlanan numuneleri CNC torna tezgâhında işlemişlerdir. Tornalama deneyleri üç farklı ilerleme (0,2, 0,25, 0,3 mm/dev) ve beş farklı kesme hızında (120, 135, 150, 165, 180 m/dak) yapmışlardır. Deneyler esnasında ortamda oluşan ses, bilgisayara bağlanmış bir mikrofona aracılığıyla kaydedilmiştir. En iyi kesme hızı ve ilerleme değerleri, yanak aşınması, sıvanma aşınması, talaş biçimi, işlenen numunelerin yüzey pürüzlülüğü ve takım tezgâhı güç tüketimine göre belirlenmiştir. İdeal kesme parametreleri ve kesme esnasında oluşan sesler karşılaştırmışlardır. Bu şekilde en iyi kesme parametrelerini sese bağlı olarak belirlemişlerdir. 165 m/dak. kesme hızını ve 0,25 mm/dev ilerlemeyi en iyi sonuçlar olarak tespit etmişlerdir ve ortam sesinin analizleriyle de bu değerleri doğrulamıştır.

Literatürde AISI 316L östenitik paslanmaz çeliğin davranışlarını nümerik olarak tanımlayan beş farklı Johnson-Cook malzeme modeli bulunmaktadır. Umbrello vd. (2007), yapmış oldukları çalışmada AISI 316L paslanmaz çelik için bu beş farklı malzeme modeli kullanmışlardır. Kullanılan her bir modelin, kesme kuvvetleri, talaş morfolojisi, sıcaklık dağılımları ve artık gerilmeler üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Çalışmalarında, kesme hızını 100-200 m/dak, kesme genişliğini 6 mm, kesici takım uç radyüsü 0,030 mm alınmış ve deneylerde soğutma sıvısı kullanılmamıştır. Çalışmanın sonucunda, kesme kuvvetleri, talaş morfolojisi, sıcaklık dağılımları ve artık gerilmeleri ölçmek için kullanılan beş farklı JC malzeme modeli içerisinde en uygun olanının beşinci model olduğunu belirlemişlerdir (Çizelge 2.1 ve 2.2).

**Çizelge 2.1** Deneyssel ve Nümerik olarak elde edilen kuvvetler ( $V= 100$  m/dak,  $f= 0,2$  mm,  $ap= 6$  mm) (Umbrello et al. 2007).

|                | $F_c$ (N) | $F_t$ (N) |
|----------------|-----------|-----------|
| DENEYSEL       | 3494      | 2838      |
| NÜMERİK_MODEL1 | 3430      | 3002      |
| NÜMERİK_MODEL2 | 3598      | 3171      |
| NÜMERİK_MODEL3 | 3323      | 2607      |
| NÜMERİK_MODEL4 | 3195      | 1954      |
| NÜMERİK_MODEL5 | 3435      | 2883      |

**Çizelge 2.2** Deneyssel ve Nümerik olarak elde edilen takım geometrileri ( $V=100$  m/dak,  $f=0,2$  mm,  $ap=6$  mm) (Umbrello et al. 2007).

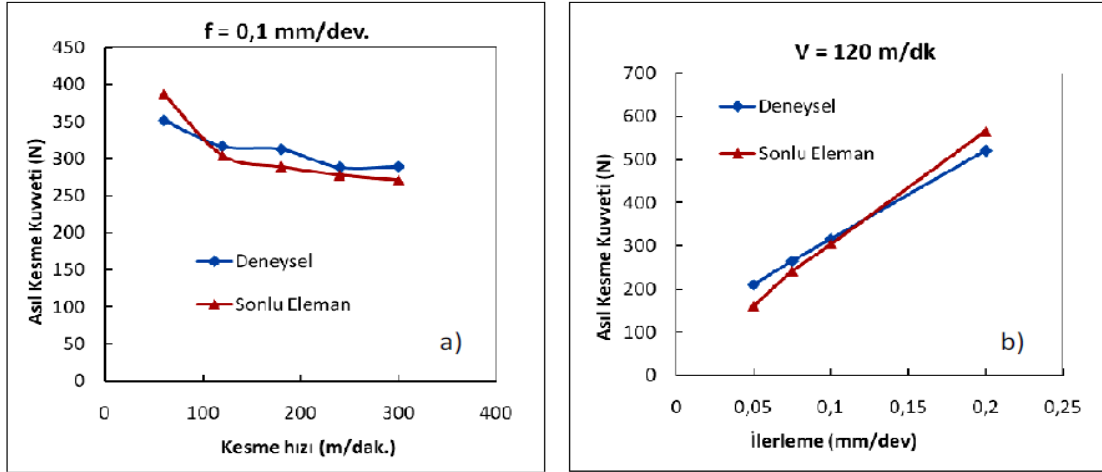
|                | Maksimum<br>Yükseklik ( $\mu\text{m}$ ) | Minimum<br>Yükseklik ( $\mu\text{m}$ ) | Adım<br>( $\mu\text{m}$ ) | Talaş Basınç<br>Oranı (CCR) |
|----------------|-----------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| DENEYSEL       | 255                                     | 407                                    | 167                       | 2,0                         |
| NÜMERİK_MODEL1 | 219                                     | 423                                    | 239                       | 2,1                         |
| NÜMERİK_MODEL2 | 215                                     | 423                                    | 315                       | 2,1                         |
| NÜMERİK_MODEL3 | 160                                     | 310                                    | 240                       | 1,6                         |
| NÜMERİK_MODEL4 | 190                                     | 417                                    | 310                       | 2,1                         |
| NÜMERİK_MODEL5 | 235                                     | 412                                    | 225                       | 2,1                         |

M'Saoubia vd. (1999), standart ve tekrar sülfürlenmiş AISI 316 çeliklerinin ortagonal işlenmesinde oluşan kalıntı gerilmelerine, kesme hızı, ilerleme, takım geometrisi ve takım kaplaması gibi kesme parametrelerinin etkisini araştırmışlardır. Kalıntı gerilmesinin derinlik profillerini, x-ışını kırınım tekniği ile belirlemişlerdir. Kesme şartları ve takım yapısının kalıntı gerilme üzerindeki etkileri, kesme deneyleri sırasında kaydedilen termal ve mekanik durum ile ilişkili olarak analiz edilmiştir. Takım sıcaklık dağılımını spesifik bir kızıl ötesi termal kamera tekniği ile, kesme kuvvetlerini ise torna tezgahına kurulan bir Kistler marka dinamometre ile belirlemişlerdir. Buna ek olarak takım kaplamasının, mekanik etkiler üzerinde ciddi bir rol oynadığını ortaya çıkarmışlardır. TiN kaplı kesici takımın sürtünmeyi azalttığını tespit etmişlerdir.

Gökkaya ve Nalbant (2009) yapmış oldukları bir çalışmada, farklı kaplama malzemelerinin farklı işleme parametrelerine bağlı olarak takım-talaş ara yüzey sıcaklığı ve iş parçası yüzey kalitesi üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada PVD ve CVD yöntemiyle kaplanmış kesici takımlar kullanılmıştır. Dört farklı sementit

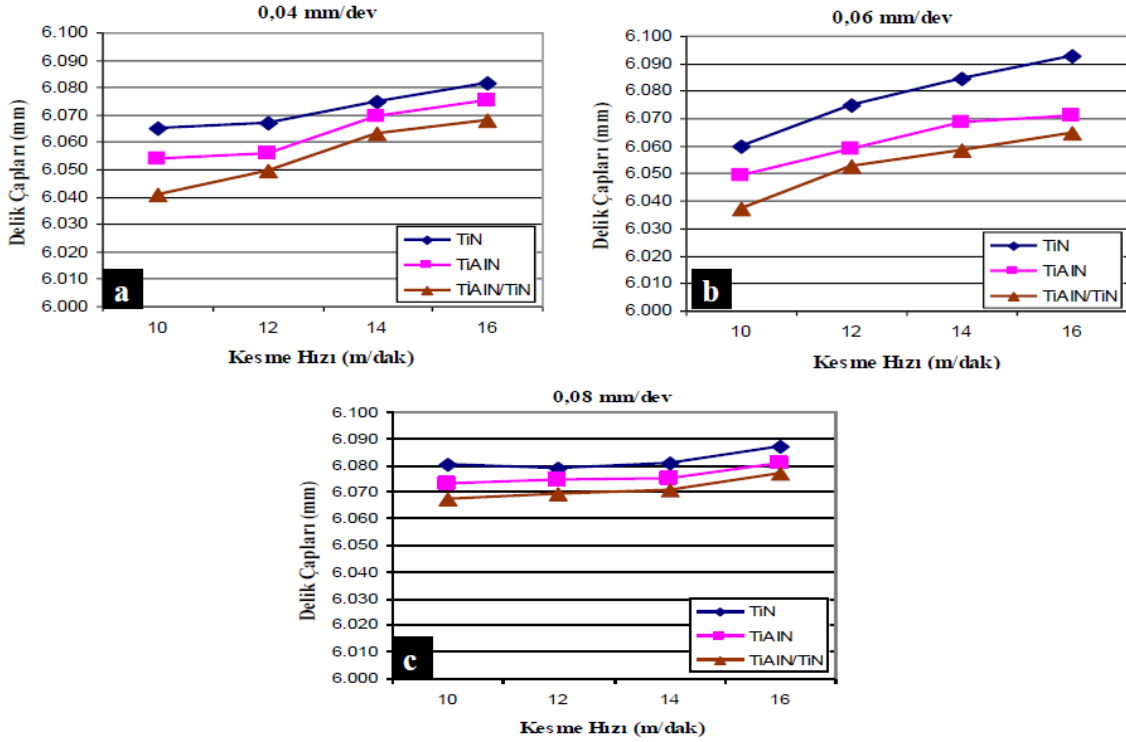
karbür takımla, AISI 1015 çeliği beş farklı kesme hızı ve iki farklı ilerleme değerinde işlenerek elde edilen takım-talaş ara yüzey sıcaklıkları ve ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değerlerini tespit edip, birbirleri ile ilişkilendirmişlerdir. Kesme hızı, ilerleme ve sürtünme katsayısındaki artışa bağlı olarak takım-talaş ara yüzey sıcaklığı artmıştır. Kesme hızının artışına bağlı olarak ortalama yüzey pürüzlülüğünün iyileştiğini, ilerleme ve sürtünme katsayısının artışına bağlı olarak ise ortalama yüzey pürüzlülüğünün arttığını tespit etmişlerdir.

Ucun vd. (2010), yapmış oldukları çalışmada, ortagonal kesme işleminde deneysel olarak tespit edilemeyen ya da tespit edilmesi çok zor olan bazı verileri (takım gerilmeleri, takım-talaş ara yüzey sıcaklığı, takımdaki sıcaklık dağılımı) nümerik olarak modellemişlerdir. Bu amaçla TiCN+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+TiN kaplı kesici bir takım kullanılmışlar ve iş parçası olarak da AISI 4340 çeliği tercih etmişlerdir. Kurulan sonlu eleman modelinin geçerliliği, deneysel çalışmalarla doğrulanmış, çalışma sonunda farklı kesme hızları ve ilerleme değerleri için takımdaki gerilmelerin değişimini elde etmişlerdir (Şekil 2.6). Ayrıca kaplama malzemeleri arasındaki sıcaklık ve gerilme değişimlerini de her bir kesme parametresi için elde etmişlerdir. Artan kesme hızıyla birlikte, hem kaplanmış hem de kaplanmamış takım yüzeyinde meydana gelen gerilmeler azalmaktadır. Fakat kaplanmış kesici takımda kaplama kalınlığı boyunca gerilme değerleri artış göstermiştir. Artan ilerleme değeri, takım-talaş temas boyunu ve takım yüzeyine etkileyen gerilme dağılımını da etkilemektedir. Özellikle yüksek ilerleme değerlerinde takım yüzeyine etkileyen gerilmeler daha geniş bir alanda etkili olmaktadır. Yaptıkları çalışmada elde edilen bir diğer sonuç ise, kesme hızı ve ilerleme değerinin takım sıcaklığı üzerindeki etkisidir. Kesme hızının artmasıyla birlikte meydana gelen sıcaklık değeri de lineer bir şekilde artmıştır. İlerleme değerinin ise, takım sıcaklığı üzerinde çokta önemli bir etkisinin olmadığını söylemişlerdir.



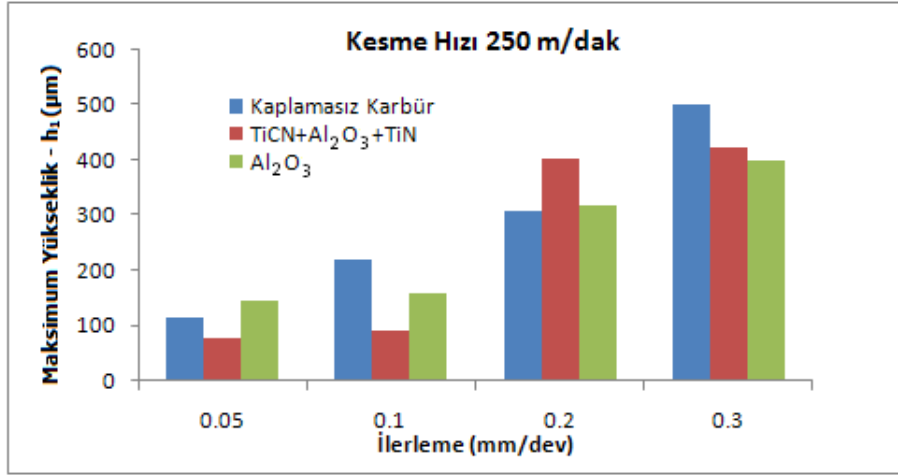
**Sekil 2.6** Asıl kesme kuvvetleri için deneysel ve nümerik sonuçların karşılaştırılması (Ucun vd. 2010).

Turgut vd. (2011) yapmış oldukları çalışmada, kesici takımlar üzerine uygulanan çok katlı kaplamaların AISI 304 çeliğinin delinmesinde kesme kuvvetleri ve delik çapları üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Deneylerinde çok katmanlı TiN/TiAlN ve tek tabakalı TiN ve TiAlN kaplı M35 HSS matkaplar (6 mm çapında) kullanmışlardır. Deney malzemesi olarak, endüstride yaygın olarak kullanılan 100x170x15 mm ebatlarında AISI 304 östenitik paslanmaz çelik numuneler kullanmışlardır. Delme deneyleri dört farklı kesme hızında (10, 12, 14, 16 m/dak) ve üç farklı ilerleme hızı (0,08 0,06 0,04; mm/dev) kullanılarak yapmışlardır. Sonuç olarak AISI 304'ün delinmesinde kesme kuvvetleri ve delik çapları açısından en iyi sonuçlar çok katlı TiAlN/TiN kaplı takımlardan elde etmişlerdir. Nominal çapa (6 mm) en yakın çap değerleri sırasıyla çok katlı TiAlN/TiN, tek katlı TiAlN ve TiN takımlarla delinen deliklerden elde etmişlerdir (Şekil 2.7). Kesme kuvvetlerindeki değişim ile delik çaplarındaki değişim benzer eğilimler gösterdiği ve çok katlı TiAlN/TiN kaplı takımın, tek katlı TiN kaplı takıma göre kesme kuvvetlerinde %17-29 arasında değişen değerlerde düşüş sağladığını tespit etmişlerdir.



**Şekil 2.7** AISI 304 malzemenin a) 0,04 mm/dev, b) 0,06 mm/dev, c) 0,08 mm/dev ilerleme ile delinmesinde elde edilen delik çapları (Turgut vd. 2011).

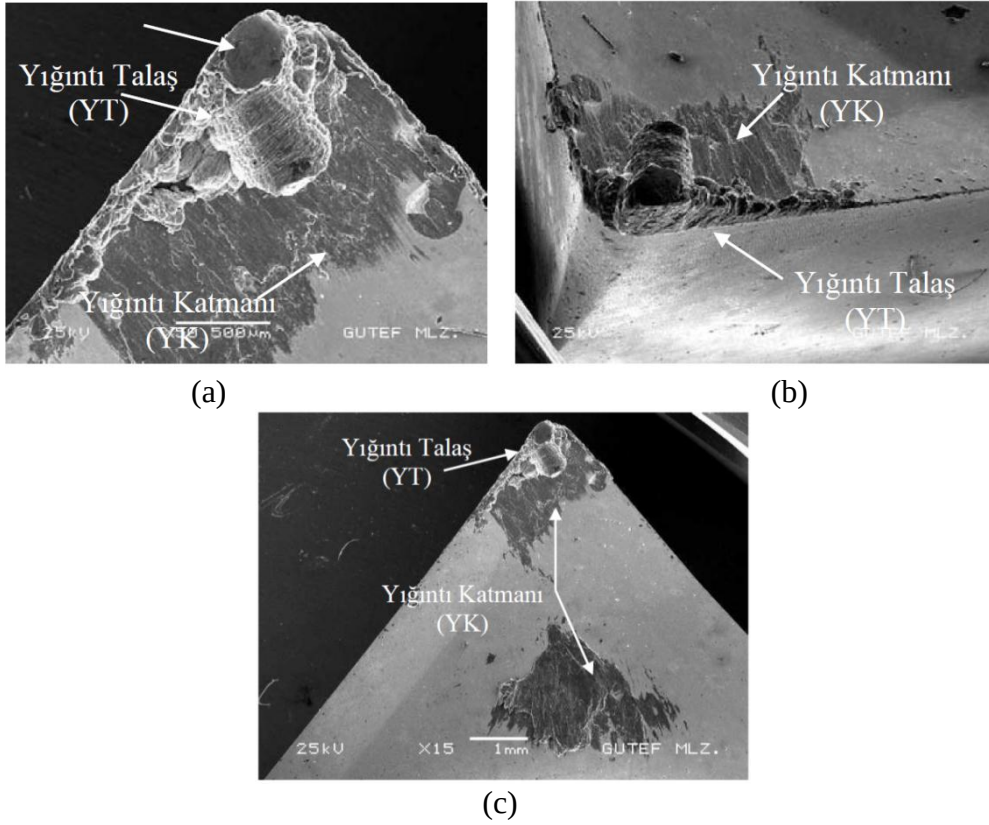
Kara vd. (2010) yapmış oldukları çalışmada, AISI 316L paslanmaz çeliğin ortagonal kesme şartlarında karbür kesici takımlar ile işlenmesi sonucunda oluşan talaş şekillerinin kaplama türüne göre değişimini araştırmışlardır. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda, elde edilen talaşın daha çok testere talaş formatında olduğunu tespit etmişlerdir. Artan ilerleme değerine bağlı olarak talaşın minimum ve maksimum kalınlığı da arttığını (Şekil 2.8), bununla birlikte kaplama türünün talaşın kıvrılma yarıçapını ve talaş morfolojisini önemli oranda etkilediğini tespit etmişlerdir. Minimum kıvrılma yarıçapı  $Al_2O_3$  kaplı kesici takımında elde edilirken, kaplamasız kesici takımında şerit talaş oluşumu gözlemlenmiştir. Bu durum  $Al_2O_3$  kaplı kesici takımının düşük bir termal iletkenlik sahip olmasına atfedilmiştir. Daha düşük termal iletkenlik, talaşa geçen ısı miktarını arttıracığı için talaşın takımla temas eden yüzeyi ile üst yüzeyi arasında ısı farkını artacaktır. Bu da talaşın kıvrılma çapının azalmasına neden olmaktadır.



**Şekil 2.8** Talaşlarda oluşan maksimum yükseklik değerinin ilerleme ve kaplama türüne göre değişimi (Kara vd. 2010).

Gökkaya ve Nalbant (2007) yapmış oldukları çalışmada, işleme parametrelerinden kesme hızının, Yığıntı Katmanı (Built-Up layer) (YK) ve Yığıntı Talaş (Built-Up Edge) (YT) oluşumu üzerindeki etkileri araştırmışlardır. Bu amaçla, AA5052 alaşımı; kaplamasız karbür takım ile bilgisayarlı sayısal denetimli bir torna tezgâhın da, kuru kesme şartlarında işlemişlerdir. Deneylerde, beş farklı kesme hızı (100, 200, 300, 400, 500 m/dak), sabit ilerleme hızı (0,30 mm/dev) ve sabit kesme derinliğini (1.5 mm), işleme parametreleri olarak seçmişlerdir. Talaş kaldırma işlemleri sonucunda, kesici takım üzerinde en fazla YK ve YT, 100 m/dak kesme hızı ve 0,30 mm/dev ilerleme hızında yapılan talaş kaldırma işleminde oluştuğunu tespit etmişlerdir. YT, kesici takımın esas kesme kenarında oluşmuş ve talaş yüzeyine doğru devam etmiştir. Kesici takım üzerindeki YT oluşumu, takım uç radyüsü ve kesici takım kalınlığını artırmıştır. Kesme hızının artırılması YK ve YT oluşumunu azaltmış, fakat denenen sınırlar içerisinde YK ve YT oluşumu engellememiştir. Şekil 2.9’da 300 m/min kesme ve 0,30 mm/dev ilerleme hızında AA5052 alaşımını işleme sonrasında kesici takım üzerinde oluşan YK ve YT’ı göstermektedir.

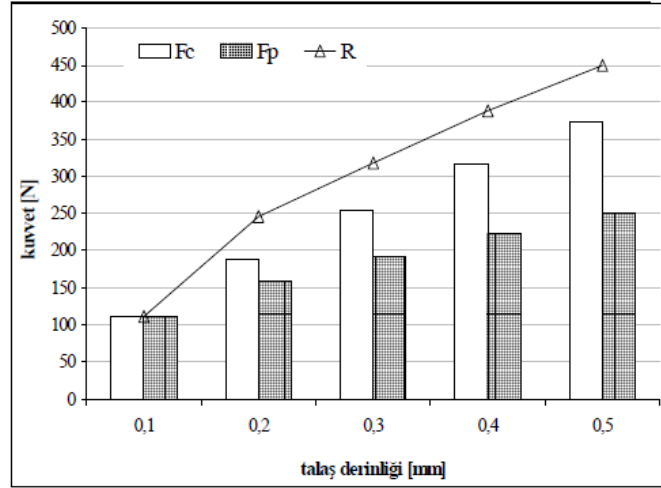




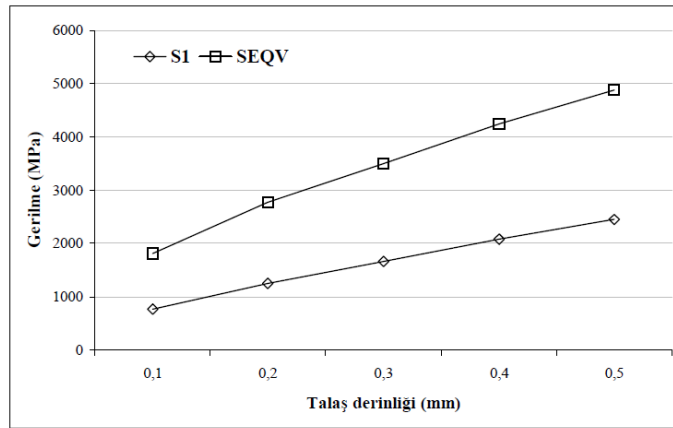
**Şekil 2.9** AA5052 alaşımın kaplamasız karbür kesici takımla 200 m/min kesme ve 0,30 mm/dev ilerleme hızında işlenmesi sonucu kesici takım üzerinde gerçekleşen YK ve YT yığıntı talaş görüntüsü a) Kesici takım talaş yüzeyinin SEM görüntüsü, b) Kesici takım üç boyutlu SEM görüntüsü, c) Kesici takım üç boyutlu x15 büyütmeli SEM görüntüsü (Gökkaya ve Nalbant 2007).

Kurt ve Şeker (2004) yapmış oldukları çalışmada, Al 2007 alüminyum alaşımı malzemenin ortagonal kesme işleminde kullanılan talaş derinliğinin kesici takım gerilmeleri üzerindeki etkilerini, sonlu elemanlar metoduna dayalı ANSYS paket programı kullanılarak analiz etmişlerdir. Sonlu eleman analizlerinde literatür den elde edilen kesme kuvveti değerleri ve takım-talaş temas uzunluklarını kullanmışlardır. En büyük asal gerilme dağılımının talaş derinliği 0,1 ve 0,2 mm için kesici takımın yuvarlatılmış kenarında yoğunlaştığını tespit etmişlerdir (Şekil 2.11). Buna karşın artan talaş kaldırma kuvvetinin de etkisiyle (Şekil 2.10) talaş derinliğinin 0,3 - 0,4 ve 0,5 mm olduğu durumlarda, dağılımın takım-talaş temas uzunluğuna kadar etkidiğini görmüşlerdir. Analizlerde, en büyük asal gerilme değeri (2451 MPa), 0,5 mm talaş derinliğinde ve yuvarlatılmış kenarın orta noktasında gerçekleşmiştir. Von Mises gerilme dağılımlarında ise talaş derinliğindeki artışla birlikte dağılımın yardımcı yüzey üzerinde yoğunlaştığını görmüşlerdir. Buna göre kesici takımda yanak aşınmasının gerçekleşme ihtimali çok yüksektir. Analizlerde, en büyük Von Mises gerilmesi (4881

MPa), 0,5 mm talaş derinliğinde gerçekleşmiştir. Sonlu eleman analizlerinden talaş derinliğindeki artışa paralel olarak en büyük asal gerilme ve Von Mises gerilme dağılımlarında da yükselmelerin gerçekleştiğini gözlemlemişlerdir.



**Şekil 2.10** Talaş derinliğinin, talaş kaldırma kuvveti üzerindeki etkisi (Kurt ve Şeker 2004).



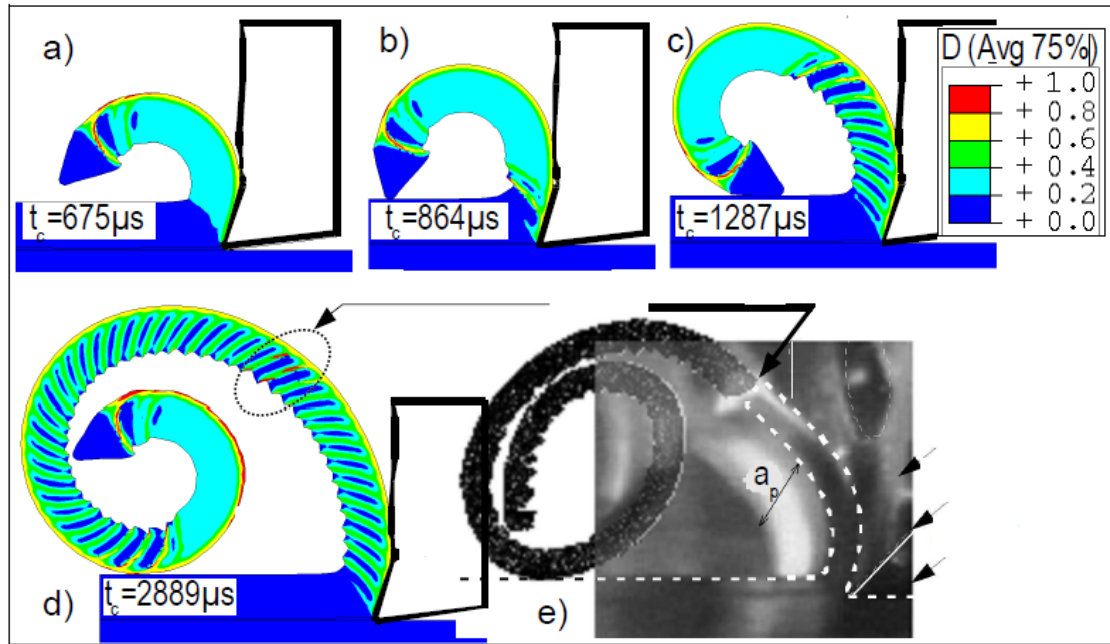
**Şekil 2.11** Talaş derinliğinin kesici takım gerilmeleri üzerindeki etkisi (Kurt ve Şeker 2004).

Asad vd. (2008) yapmış oldukları çalışmada, A2024-T351 alüminyum alaşımlarını ortogonal kesme yöntemiyle kuru kesme yapmak için nümerik ve deneysel metotları içeren bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada genel amaç, talaş bölünmesi ve parçalanması gibi kesme hızı ile alakalı talaş biçimine eşlik eden fiziksel olayların tespit edilmesini içerir. Deneysel çalışmayı doğrulamak için, talaşın geometrik analizini içeren, yüksek çözünürlükteki kamera ile talaş biçiminin videoya kaydedilmesi ve

kesme kuvvetinin ölçümlerini yapmışlardır. Nümerik çalışmalarında Johnson-Cook malzeme modelini dikkate almışlardır. Nümerik kesme kuvveti sonuçları, her bir deneysel çalışma ile karşılaştırılmıştır (Şekil 2.12). Çalışmanın sonucunda kesme kuvvetinin artması ile deneysel ve nümerik çalışma arasındaki farkın arttığını görmüşlerdir (Çizelge 2.3). Johnson-Cook malzeme modeline göre kırılma enerjisinin bağlantılı olduğu model, deneysel sonuçlarla karşılaştırıldığında iyi sonuçlar verdiğini tespit etmişlerdir.

**Çizelge 2.3** Nümerik ile deneysel arasındaki yüzdelik sapma (Asad vd. 2008).

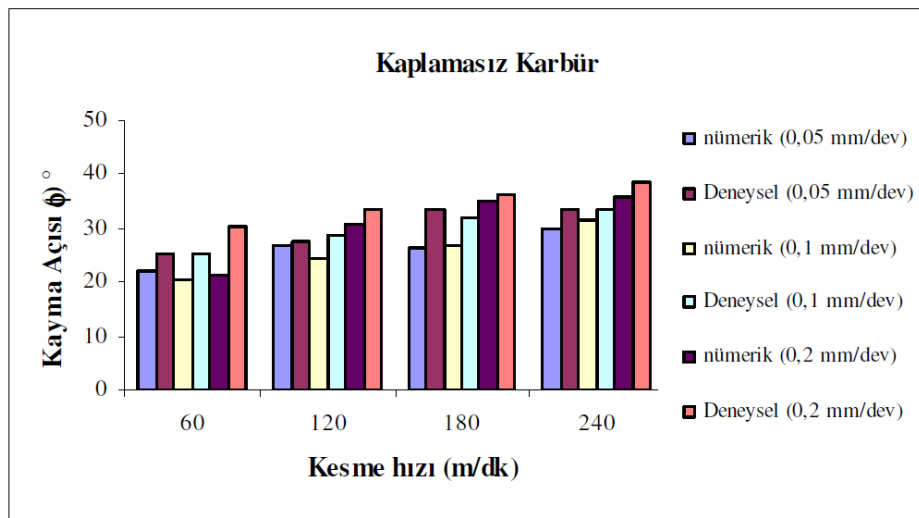
| Vc (m/dak)              | 200        | 400           | 800           |
|-------------------------|------------|---------------|---------------|
| Fc (N) / Yüzdelik Sapma | 898 N – 4% | 994 N – 6%    | 901 N – 8%    |
| Segmentasyon (kHz)      | ----       | 31.4 kHz – 3% | 66.3 kHz – 2% |



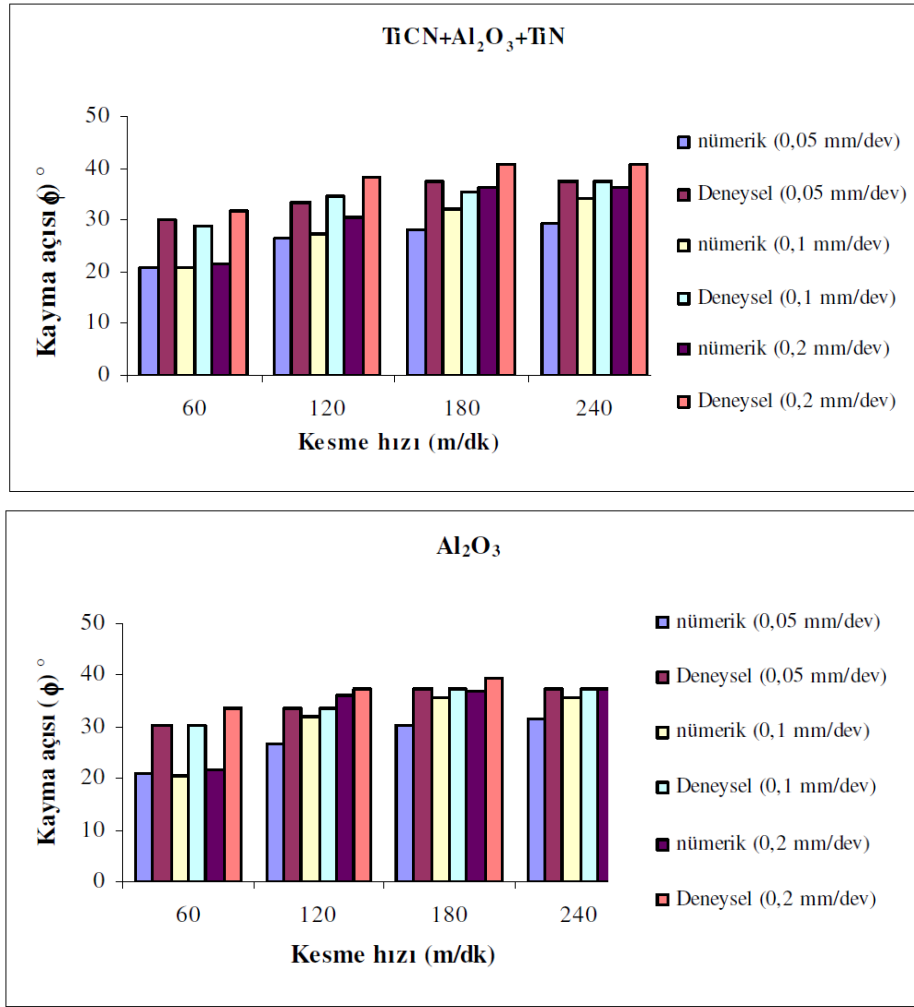
**Şekil 2.12** Değişken hasara ilişkin talaş morfolojisi evrimi D(SDEG) ve Deneysel karşılaştırma V = 200 m/dak ve f = 0.4 mm/dev (Asad vd. 2008).

Aslantaş vd. (2010) yapmış oldukları çalışmada, ortagonal kesme koşulları altında yapılan kesme işleminde, kesici takım kaplama malzemesinin kayma açısı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Nümerik ve deneysel olarak yapılan incelemede  $Al_2O_3$ ,  $TiCN+Al_2O_3+TiN$  kaplı ve kaplamasız karbür takım ile 60, 120, 180, 240 m/dk olmak

üzere 4 ayrı kesme hızı ve 0,05- 0,1- 0,2 mm/dev ilerleme değerlerini dikkate almışlardır. Yaptıkları çalışmalar neticesinde, bütün kesici takımlar için gerek nümerik gerekse deneysel sonuçlar arasında iyi bir uyumun olduğunu gözlemlemişlerdir. Ancak TiCN+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+TiN kaplı kesici takımda diğer iki takıma göre, sonuçlar arasında farkın bir miktar fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Fakat buna rağmen grafiğin bütünü birlikte değerlendirildiğinde % 79'luk bir uyum söz konusudur (Şekil 2.13). Bunun dışında en iyi yakınsama ise kaplamasız karbür takımla yapılan değerlendirmede sonuçlar arasında % 89'luk bir ortalamanın olduğunu söylemişlerdir. Kesici takım kaplama malzemesinin kayma açısını etkilediğini sonuçlardan görmüşlerdir. Bütün kesme hızlarını dikkate aldıklarında büyük kayma açısını Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve TiCN+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+TiN kaplı kesici takımda elde etmişlerdir. Buna karşılık, gerek nümerik gerekse deneysel çalışmada min. kayma açısı ise, kaplamasız karbür takımında ortaya çıkmıştır. Karşılaşılan bu durum kaplama malzemelerinin sahip oldukları termal iletkenlik katsayılarının bir sonucu olduğunu düşünmüşlerdir. Kesme hızının artmasıyla birlikte kayma açısının arttığı elde ettikleri diğer bir sonuçtur. Kesme hızındaki bu etkinin sebebinin sürtünme açısındaki azalmanın yada kesme hızıyla birlikte azalan spesifik sürtünme enerjisinin olabileceğini düşünmüşlerdir. İlerlemenin de kayma açısı üzerinde bir etkisinin olduğunu, sonuçlardan tespit etmişlerdir. İlerlemenin artmasıyla birlikte kayma açısının da arttığını gözlemlenmiştir. Bu durum ilerlemenin artmasıyla birlikte artan sıcaklığın, malzemenin deformasyonu sırasında oluşan akma gerilmesinin azalmasına neden olduğunu ve sonuç olarak spesifik sürtünme enerjisinin de azaldığı görüşüne varmışlardır.



**Şekil 2.13** Kayma açısının kesici takım türüne bağlı değişiminin nümerik ve deneysel olarak karşılaştırılması (Aslantaş vd. 2010).

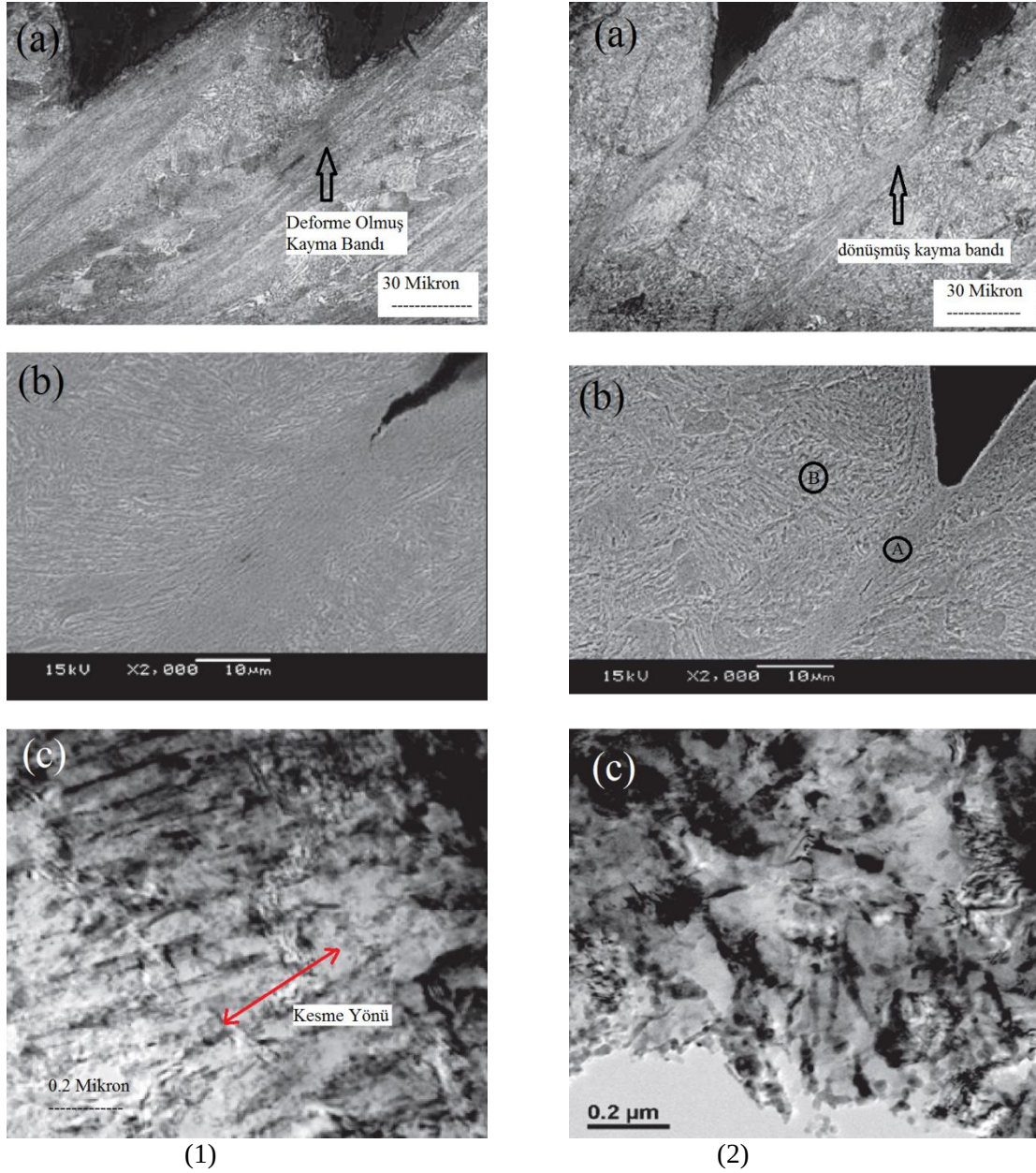


**Şekil 2.13 (devamı)** Kayma açısının kesici takım türüne bağlı değişiminin nümerik ve deneysel olarak karşılaştırılması (Aslantaş vd. 2010).

Duan ve arkadaşları (2011) yapmış oldukları bir çalışmada, sertleştirilmiş AISI 1045 çeliğini, yüksek kesme hızı elde etmek için çapı 153 mm ve kalınlığı 2,5 mm olan bir boru kullanmışlardır. Kuru kesme şartlarında, kesme hızı 48m/dak-538m/dak aralığında, deforme olmamış talaş kalınlığı ise 0,15 ve 0,20 mm, takım talaş açısı ise 0,1, -10 olarak, farklı kesme şartlarında yapılmıştır. Talaşlar bakalit içine dikey olacak şekilde yerleştirilerek, taşlama ve parlatma sonrası, optik mikroskop ve SEM ile fotoğraflarını çekmişlerdir. Çalışmalarında adyabatik kayma bandında testere talaş oluşumu devam ederken, mikro-çatlak oluşumu sebebiyle dinamik bir gevrek hasar kırığı olduğunu ve deforme bantlarının testere talaş sayesinde birinci kesme anında meydana geldiğini göstermektedir. Şekil 2.14’de kesme hızı 432,6 m/dak, kesme kalınlığı 0,2 mm, kesici

takım talaş açısı 10, koşulları altında yapılan kesimde, Şekil 2.14 (1) (a)'da yüksek güçte metalografik fotoğraf, adyabatik kayma bandlarının birinci deformasyon bölgesinde olduğunu göstermektedir. Birinci deformasyon bölgesinde büyük bir plastik deformasyon yaşanmış ve kayma hatları kesme bandında yoğunlaşmıştır. Bu nedenle deforme olmuş bant kesme yönü boyunca uzamış bir yapıya sahiptir. Şekil 2,14 (1) (b)'de SEM, deforme olmuş bant ile talaş matrisi arasında net sınırların olmadığını göstermişlerdir. Şekil 2,14 (1) (c)'de ise TEM fotoğrafında ise deforme olmuş bant merkezinde bir mikro yapıyı göstermektedir. Bu martenzitik çataları kesme yönü boyunca uzamış ve son kırıldığı an görülebilmektedir. Takım talaş açısı ve kesme hızındaki artış, adyabatik kayma bant tipini değiştirmektedir. Şekil 2,14 (2) (a)'da optik mikroskopta, kesme bandındaki mikro yapısal incelikler görülmektedir. Bant genişliği çok dar hale gelmiştir. Şekil 2,14 (2) (b)'de ise bantın çok net sınırlara sahip olduğu görülmektedir.

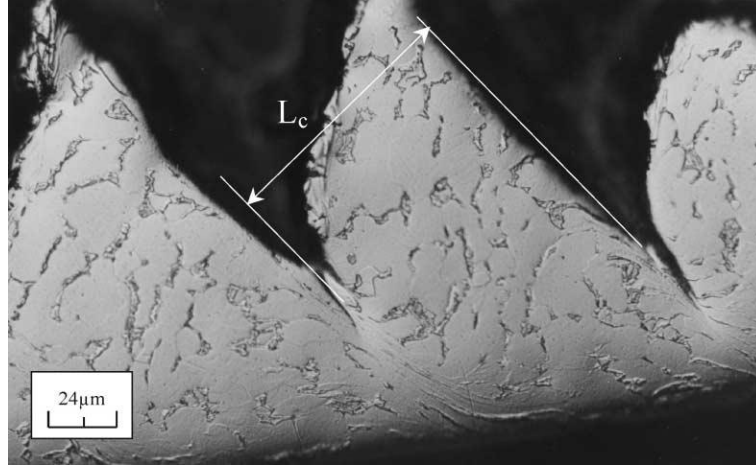




**Şekil 2.14** (1) deforme olmuş kesme bantlarının mikro yapı grafikleri, (2) Dönüşüm kayma bantlarının mikroyapısı a) Optik mikroskop b) SEM c) TEM (Duan 2011).

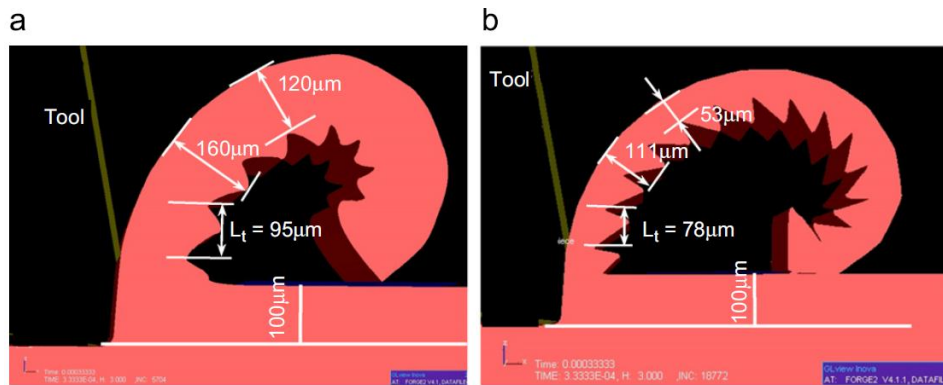
Molinari ve arkadaşları (2002) yapmış oldukları çalışmada, Ti-6Al-4V alaşım malzeme için 0,01 m/sn ve 73 m/sn kesme hızı aralığında, ortagonal kesme şartlarında testere tipi talaşları incelemişlerdir. Düşük hızlarda deforme olmuş adyabatik kayma bantlarının, büyük kesme hızları için olduğu kadar yoğun olmaması, plastik deformasyona yol açan termomekanik istikrarsızlığın az olması nedeniyle olduğunu tespit etmişlerdir. Adyabatik kayma bantlarının genişliklerini ölçerek (Şekil 2.15), deneysel olarak tespit etmişlerdir. Yaptıkları incelemede, kesme hızı değişiminin oluşan adyabatik kayma

bantlarının genişliği üzerinde etkiye sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Yaptıkları deneylerde bütün kesme hızları için testere talaş oluşmamıştır. Ancak testere talaş oluşumuna kesme hızının etkisini, kendi oluşturdukları model ile aynı doğrultudadır.



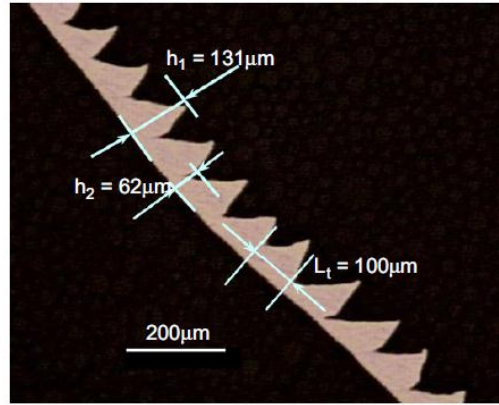
**Şekil 2.15** Ortogonal kesim ile  $V=72$  m/dak kesim hızında elde edilen titanyum alaşımında (Ti-6Al-4V) oluşan deforme olmuş adyabatik kayma bandı (Molinari 2002).

Calamaz ve arkadaşları (2008) yapmış oldukları çalışmada, titanyum alaşımlarını ortogonal kesme şartlarında, talaş morfolojisi ve kayma bandını analiz etmek için 2D sonlu eleman modeli oluşturmuşlardır. Problemi çözmek için FORGE 2005 sonlu eleman yazılımını kullanmışlardır. Yeni geliştirdikleri modelde gerilmeler üzerindeki yük, şekil değiştirme hızı ve sıcaklığın yumuşatıcı etkisini ele almışlardır. Kesme kuvvetleri ve talaş morfolojisine iki farklı gerginlik yumuşama düzeyleri ve kesme parametrelerinin etkisini incelemişlerdir. Belirli kesme ve ilerleme hızları ile yapılan deney sonuçları ile oluşturulan sayısal simülasyonlarını karşılaştırmışlardır.



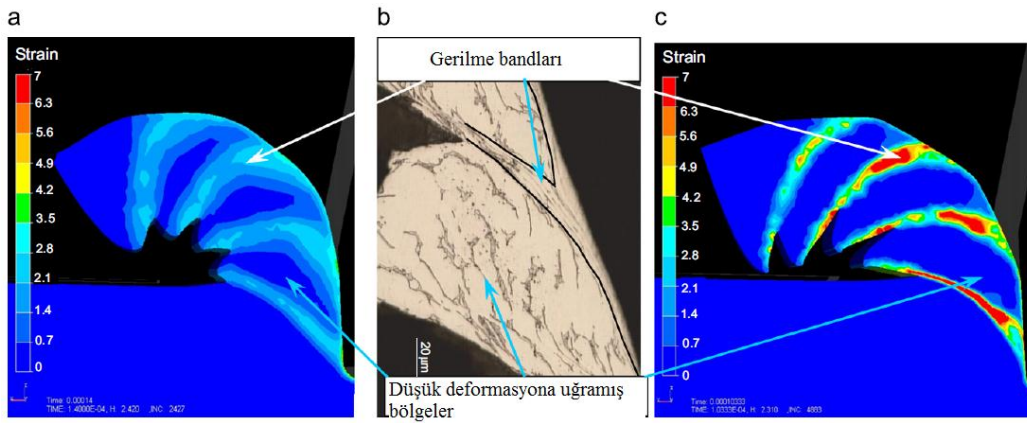
**Şekil 2.16** 180 m/dak'lık kesme hızı ve 0.1 mm'lik ilerleme hızında talaş oluşum simülasyonu. (a) Johnson-Cook malzemenin kanunu ve (b) yeni bir TANH malzeme modeli (Calamaz 2008).





**Şekil 2.17** 180 m/dak'lık kesme hızı ve 0,1 mm'lik ilerleme hızında yapılan deneysel işleme sonucunda elde edilen talaş formu (Calamaz 2008).

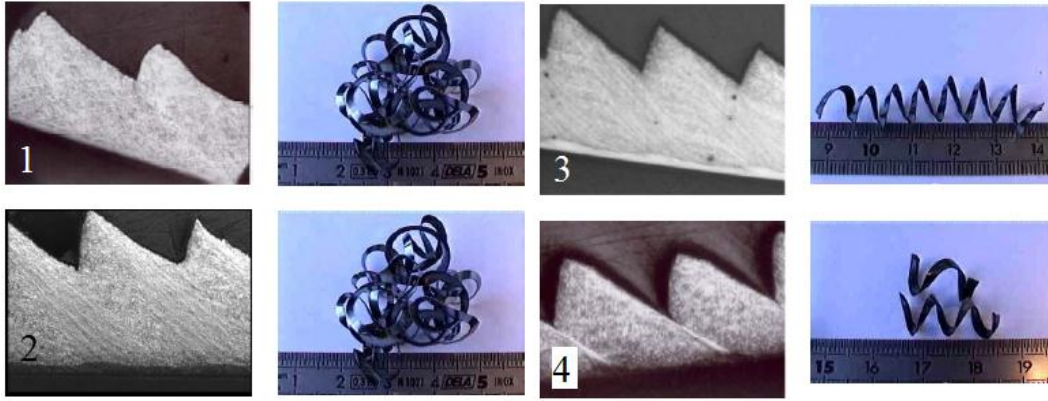
Yapılan çalışmada Johnson-Cook modeline alternatif bir model kullanmışlardır. Yazarlar tarafından geliştirilen model deneysel olarak elde edilen (Şekil 2.17) talaş formuna daha yakın sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Her iki model için talaşta meydana gelen kayma bantlarının oluşumu deneysel verilerle de karşılaştırılmıştır. TANH olarak adlandırılan modelin deneysel verilerden elde edilen sonuca daha yakın olduğu gözlemlenmiştir.



**Şekil 2.18** 180 m/dak'lık kesme hızı ve 0.1 mm'lik ilerleme hızında yapılan (a) şekil değiştirme, (c) öngörülen numerik sonuç, (b) deneysel işleme sonucunda elde edilen talaş formu. (a) JC, (b) TANH malzeme modeli (Calamaz 2008).

Deshayes ve arkadaşları (2004) yapmış oldukları çalışmada, testere talaş morfolojisine odaklanmış ve sonlu eleman modelini oluşturarak deneysel ve numerik sonuçlarını araştırmışlardır. Talaş morfolojisi ve sertlik ölçümleri metalografik analize dayalı çalışmada AISI 4340 çeliğini, sonlu eleman yazılım programı kullanarak ortogonal

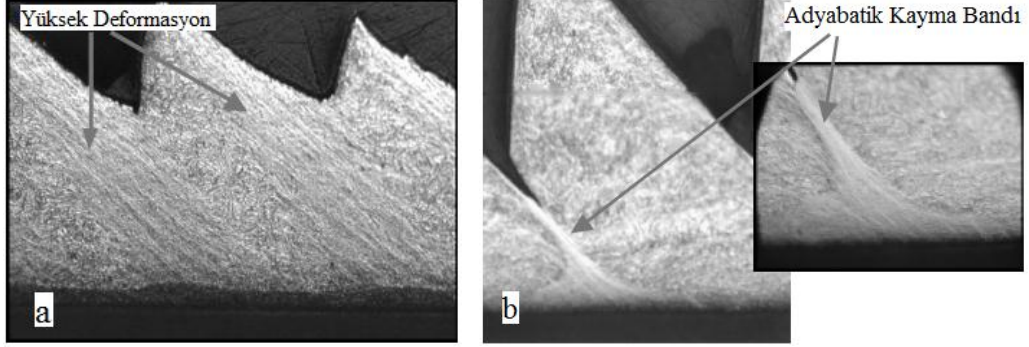
kesme koşullarında talaş oluşumunu simüle etmişlerdir. Sonlu elemanlar sonuçları sertlik ölçümleri ile karşılaştırmışlar ve simülasyonları desteklemek için talaş morfolojisinin karakterizasyonunu incelemişlerdir. Deneyler torna tezgahında, 120 m/dak kesme hızı ve 2 mm kesme derinliği, 0.01-0.35 mm/dev ilerleme hızlarında yapılmıştır. Kesme derinliğinin talaş morfolojisini önemli ölçüde etkilememektedir. Talaşlar her bir deney için toplanmış ve ISO 3685’de verilen farklı talaş morfoloji örnekleri ile karşılaştırılmışlardır. Şekil 2.19’da deneyler sırasında gözlemledikleri ana talaş tiplerini bulunmaktadır. Pratikte Şekil 2.19 (4)’de en geçerli talaş tipi olarak kabul etmişlerdir. Bu talaş tipi kolayca kırılır ve otomasyona uygundur.



**Şekil 2.19** Kesme hızı 120 m/dak, talaş derinliği 2 mm, 0.1-0.35 mm/dev arası ilerleme hızı için talaş morfolojisi (Deshayes 2004).

Şekil 2.20’de iki farklı ilerleme hızı için elde edilen talaşları göstermişlerdir. Şekil 2.20a’da daha düşük ilerleme hızı 0.224 mm/dev ile yapılan işleme sonucu oluşan talaş görülmektedir. Şekil 2.20’de görüldüğü gibi yüksek ve düşük plastik deformasyon bölgeleri değişen talaş morfolojisini göstermektedir. Şekil 2.19’da gösterildiği gibi ilerleme hızı arttıkça plastik deformasyon bölgesi daha keskin bir hat şeklinde daralmaktadır ve genellikle bu durumu adyabatik kesme olarak adlandırmışlardır. Şekil 2.20b’de 0.35 mm/dev ilerleme hızında kayma bantı boyunca uzanan bir çatlak tespit etmişlerdir. Bunun kayma bantı boyunca oluşan, lokal malzeme yumuşamasına ve bunun da yüksek plastik deformasyon oluşturarak, talaşın bu noktadan kırılmasını kolaylaştırdığını tespit etmişlerdir. Kayma bant genişliğinin talaş yüzeyinden takım ucuna doğru gittikçe büyüdüğünü gözlemlemişlerdir. Mikro sertlik ölçümleri ve talaş

morfolojisini inceleyerek oluşturulan bir modelden elde edilen simülasyonların tutarlılığı, deneysel sonuçları kontrol etmek için yeterli olmadığını tespit etmişlerdir.

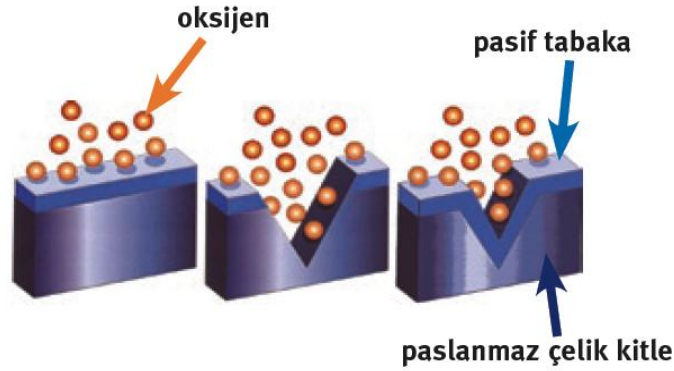


**Şekil 2.20** Ortogonal kesme için ve AISI 4340 alaşımlı çelik ile elde edilen talaş mikroyapı fotoğrafları: (a)  $f = 0.224$  mm/dev, (b)  $f = 0.35$  mm/dev (Deshayes 2004).

### 3. PASLANMAZ ÇELİKLER

Çağımız endüstrisinin vazgeçilmez malzemeleri arasına giren paslanmaz çelikler esas itibari ile demir, karbon ve çoğu zamanda nikel içeren alaşımlar olup başlıca özelliklerini kroma borçludurlar. Demir alaşımlarının korozyon dayanımlarını arttırmak için geliştirilmiş bir türü olan paslanmaz çeliklerin, uygulama alanlarının her geçen gün artarak devam etmesinin temel nedeni korojif ortamlarda, mekanik özelliklerini yitirmeden gösterdikleri yüksek korozyon dirençleridir. Paslanmaz çeliğin paslanmazlık özelliğine sahip olabilmesi için en az %12 Cr içermesi gerekir (Yeyen 2006).

Kendiliğinden yapılan ve korozyon direnci sağlayan bir yüzey tabakası (pasif tabaka) oluşumunu temin etmek üzere gereken miktarda  $\geq$  % 10,5 krom ve  $\leq$  % 1,2 karbon içeren demir alaşımıdır (Şekil 3.1)(İnt.Kyn.1).



**Sekil 3.1** Paslanmaz Çeliklerde korozyon direnci sağlayan yüzey tabakası (İnt.Kyn.1).

Birçok paslanmaz çelik önemli oranlarda diğer alaşım elementlerini de içerir. Bunun amacı genellikle yapıyı değiştirmek, korozyon direncini ve diğer özellikleri iyileştirmek ve çeliğin mukavemetini arttırmaktır. Bazı özellikler doğrudan yapı ile ilişkilidir. Yapılarına bağlı olarak paslanmaz çelikler sistematik olarak 3 ana gruba ayrılırlar.

- Ferritik
- Martenzitik
- Östenitik

Ana alaşım elemanı olan krom bir ferritik oluşturucu olup ferritin yapısını değiştirmez. Bu nedenle paslanmaz krom çeliklerinin saf demire benzeyen özellikleri vardır. Nikel, yapıyı ve mekanik özellikleri etkileyen bir elementtir. Bir stabilizatör görevi görür ve sertleştirilebilirliği artırır. Nikel yüzdesi yeterince yüksek ise paslanmaz çelikler östenitik bir yapıya sahip olurlar. Böyle bir yapı mekanik özelliklerde önemli değişiklere yol açar: daha iyi işlenebilirlik, tokluk, yüksek sıcaklıklarda mukavemet, kaynak edilebilirlik, korozyon direnci gibi. Bu yapıdaki elik manyetik özelliğini kaybeder.

Molibdenin yapı üzerinde koruma etkisine benzer bir etkisi vardır. Molibden genellikle mukavemet ve korozyon direncini arttırır. Bu elikler aside dayanıklı çeliklerdir. Azot, stenitik çeliklerin mukavemetini arttırır ve yapı üzerinde nikel'in etkisine benzer bir etkide bulunur. Bakır belirli asitlerde korozyon direncini iyileştirir, titanyum ve niyobyum karbonu bağlayarak çeliği stabilize eder. Diğer alaşım elementleri mangan, titanyum ve silisyumdur.

İş parçası malzemesi olarak kullanılan en belli başlı paslanmaz elik tipleri şunlardır:

- Ferritik, %16-30 Cr, Ni, No, maksimum % 0,2 C
- Martenzitik (sertleştirilebilir), %12-18 Cr, %2-4 Ni, %0,1-0,8 C
- Östenitik, %12-30 Cr, %7-25 Ni
- Östenitik (büyük miktarlarda mangan ve az nikel)
- Maraging elikleri (yüksek mukavemetli, sertleştirilebilir), %9-25 Ni, değişen yüzdelerde Cr, Co, Mo, Ti ve Al
- Duplex paslanmaz elik (ferritik-stenitik), %22-25 Cr, %4-7 Ni, Mo, N ve az karbon (akır 1999).

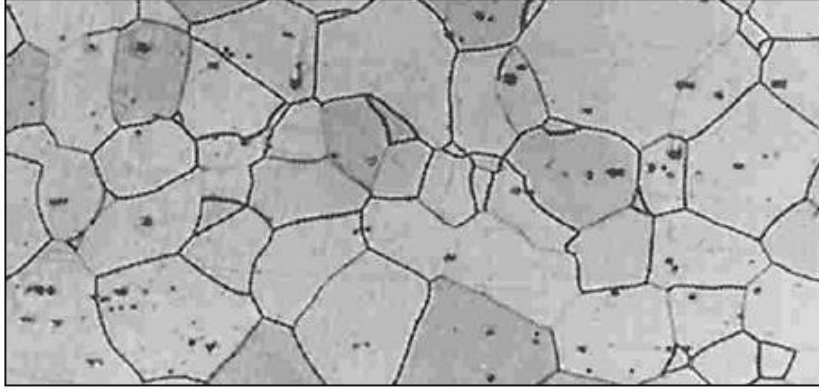
### **3.1 Ferritik Paslanmaz elikler**

Ferritik elikler hem oda sıcaklığında hem de daha yüksek sıcaklıklarda demir elementinin sahip olduğu hacim merkezi kübik kristal yapısına sahiptirler ve östenit ferrit dönüşümü göstermezler. Dolayısıyla i yapılarını ve mekanik özelliklerini ısı

işlemlerle etkilemek mümkün değildir. Tavlanmış halde akma gerilmeleri 275 ile 350 MPa arasındadır. Düşük toklukları ve gevrekleşme hassasiyetleri nedeniyle, makina parçası olarak kullanımları özellikle kaynaklı montajlar ve kalın kesitler için sınırlıdır. Atmosferik korozyona ve oksidasyona karşı olan dayanımları ise önemli avantajlarıdır. Ferritik çelikler manyetikler ve ısıt işlemlerle mekanik özellikleri değiştirilemediğinden iyi bir dayanıma sahip olmaları için ince taneli bir içyapı şarttır (Şekil 3.2). Ferritik çelikler %10,5 ile 30 arasında krom ve az miktarda karbon, azot ve nikel gibi östenit yapıcı elementler ihtiva ederler. Kuvvetli östenit yapıcı olan karbon belirli bir miktara ulaşınca kromun ferrit yapıcı etkisi ortadan kalkar, dolayısıyla perlitik veya martenzitik paslanmaz çelikler ortaya çıkar. Öte yandan karbon yüzdesi artırıldığı durumlarda ferritik içyapı isteniyorsa, krom yüzdesinin de artırılması gerekir. Ferritik çeliklerin kullanım yerleri tamamen krom miktarına bağlıdır. Bu bakımdan, başlıca üç ana gruba ayrılabilir:

- Krom miktarı %11-13 arasında olanlar (405 ve 409 kaliteleri)
- Krom miktarı yaklaşık %17 olanlar (430 ve 434 kaliteleri)
- Yüksek kromlular %19-30 (süper ferritikler 442 ve 446 kaliteleri)

Krom oranı düşük olan birinci grup orta derecede korozyon ve oksidasyon dayanımı yanında düşük fiyat ve iyi imalat özelliklerine sahiptir. Otomotiv ve egzoz parçalarında tercih edilen bu grup içinde en çok kullanılanı 409 kalitedir. Orta derecede krom içeren ve otomotiv sac parçaları ve mutfak gereçleri yapımında kullanılan ikinci grup, düşük tokluk ve düşük kaynak kabiliyeti ile göze çarpar. Yüksek kromlu üçüncü grup ise süper ferritikler diye adlandırılır ve yüksek korozyon ve oksidasyon dayanımı gereken yerlerde tercih edilirler. Genellikle düşük karbon ve azot içeren bu alaşımlarda, gevrekleşme hassasiyetini azaltmak ve kaynaklı konstrüksiyon dayanımını arttırmak amacıyla titanyum ve niyobyum gibi stabilizatör elementler katılır. Ayrıca alüminyum ve molibden de içerirler. Süper ferritikler yerel korozyon söz konusu olduğunda (örneğin suda çözünmüş klorüre karşı) östenitik çeliklere kıyasla çok daha iyi bir dayanım gösterirler. Bundan dolayı buhar kazanları, ısı değiştiricileri, klorür taşıyan boru hatları ve deniz suyu uygulamalarında tercih edilirler (İnt.Kyn. 2).

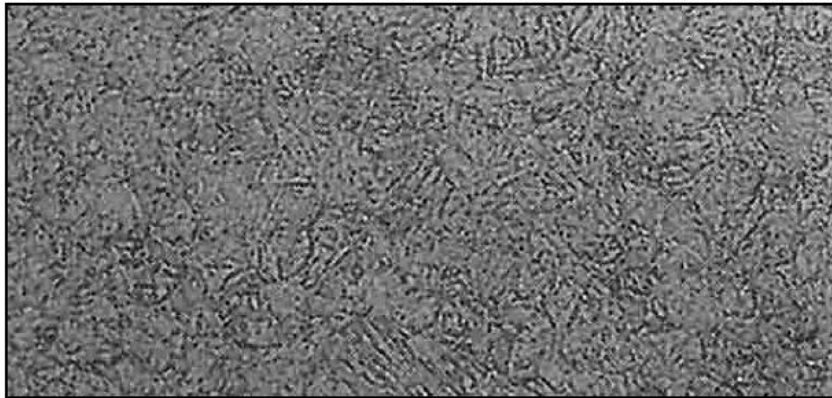


**Şekil 3.2** Ferritik çeliğin mikro yapısı (İnt.Kyn. 2).

### **3.2 Martenzitik Paslanmaz Çelikler**

Paslanmaz çelikler yeterince yüksek bir karbon yüzdesine sahiplerse bu çeliklerin sertleştirilmesi, dolayısıyla martenzitik bir yapının elde edilmesi mümkündür. Pratikte %0,2-1,0 arasında değişen bir karbon yüzdesine sahip martenzitik çelikler mevcuttur. Düşük karbon/düşük krom tipleri kolay işlenebilen malzeme grubuna dâhildir.

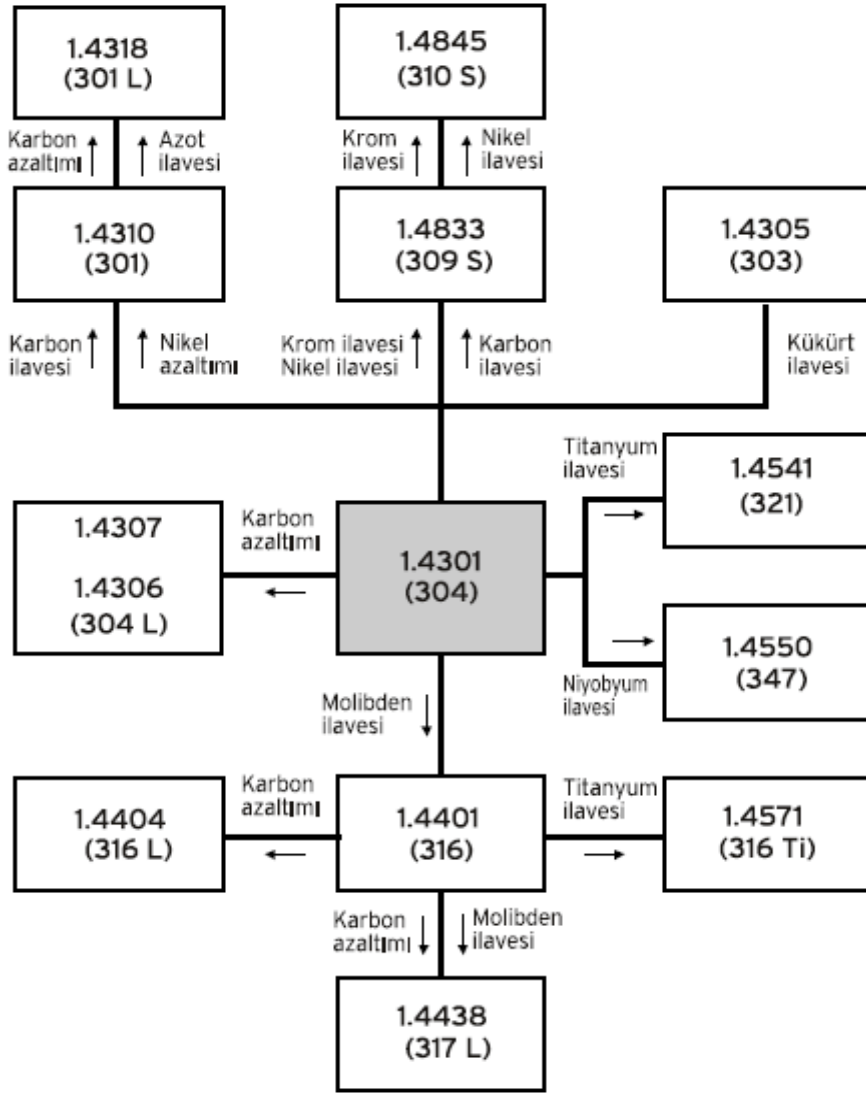
Martenzitik paslanmaz çelikler genellikle krom karbürleri içeren ferritik bir matris yapısında, tavlınmış halde bulunurlar ferritik paslanmaz çeliklere göre daha yüksek karbon yüzdesi nedeniyle, karbür oranı da yüksektir. Normal olarak bu çelikler bu koşullarda işlenir ve talaş kaldırma işlemini takiben bir sertleştirme işlemine tabi tutulurlar (Şekil 3.3)(Çakır 1999).



**Şekil 3.3** Martenzitik çeliğin mikro yapısı (İnt.Kyn. 2).

### 3.2 Östenitik Paslanmaz Çelikler

Gerek kullanım, gerekse alaşım kalitelerinin çokluğu açısından en zengin grup östenitik çeliklerdir. Manyetik olmayan bu çelikler hem oda sıcaklığında hem de yüksek sıcaklıklarda yüzey merkezle kübik kafese sahip östenitik içyapılarını koruduklarından, normalleştirme ve sertleştirme ısı işlemleri yapılamaz. Tavlanmış halde süneklikleri, toklukları ve şekillendirilebilme kabiliyetleri düşük sıcaklıklarda bile mükemmeldir. Mukavemetleri ancak soğuk şekillendirme ile artırılabilir. Östenitik paslanmaz çelikler genellikle %16 ile %26 krom, %35'e kadar nikel ve %20'ye kadar mangan içerirler. Nikel ve mangan temel östenit oluşturmalarıdır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 Östenitik Paslanmaz Çelikler (İnt.Kyn. 2).



2XX serisinde, en çok %7 nikel, %5 ile %20 arasında mangan bulunur ve azotun östenit içinde çözünürlüğü sayesinde dayanım artırılabilir. Katı çözültide bulunan kristal kusurların içine yerleşen azot, östenit içyapının mukavemetini artırır. 3XX serisi ise daha fazla nikel ve en çok %2 mangan içerir. 301 ve 304 kaliteleri en az alaşımlı olan türlerdir ve 3XX serisinin temel alaşımları olarak kabul edilirler.

Mükemmel şekillendirilebildiği, sünekliği ve yeterli korozyon dayanımı ile 304 kalite östenitik çelik en yaygın olarak kullanılan paslanmaz çeliktir. Tavlanmış 3XX serisi çeliklerin akma dayanımı 200-275 MPa arasında iken yüksek azotlu 2XX serisinde akma dayanımı 500 MPa değerine kadar yükselir.

Bu çeliklerde korozyonu önlemek için gerekli olan kromun ferrit yapıcı etkisi, östenit yapıcı alaşım elementleri katılarak giderilir. 304 kalite çeliklere molibden katılarak 316 ve 317 kaliteleri üretilir ve klorürlü ortamda noktasal korozyona dayanım sağlanır. 309 ve 310 kaliteleri gibi yüksek kromlu alaşımlar yüksek sıcaklıklarda ve oksitleyici ortamlarda kullanılır. Bunun yerine aynı zamanda oksitleyici ve indirgeyici asitlere de dayanıklı olan nikelden yararlanır. Yüksek oranda nikel, yaklaşık %6 azot ve %20 azot içeren alaşımlara süper östenitikler de denir. 321 ve 347 kalitelerde karbonu stabilize etmek ve dolayısıyla yüksek sıcaklıkta taneler arası korozyonu önlemek amacıyla titanyum ve niyobyum eklenir. “L” ve “S” uzantılı alaşımlarda (304L, 309S gibi) taneler arası korozyonu önlemek için karbon oranını düşük tutma yoluna gidilmiştir.

Östenitik paslanmaz çeliklerde mukavemeti artırmak için genellikle soğuk şekillendirmeden yararlanır. Bu çeliklerde pekleşme, ferritiklerden daha fazladır. Bu arada şekil değiştirme martenziti de oluşabilir ve malzeme manyetiklik kazanır. Mukavemeti artırmak için bir diğer yol da alaşımlama yapmaktır. Bu açıdan karbon ve azot en etkili elementlerdir.

Östenitik çelikler sünek ve toktur, ayrıca ısı etkisiyle sertleşmediklerinden, kaynak bağlantıları için uygundur, ancak ısınan ve soğuyan bölgede karbür çökmesi oluşmaması için stabilize edilmiş türleri seçilmelidir. Öte yandan ısı iletimleri düşük, genleşmeleri yüksek olduğundan kaynakta çarpılmayı önlemek için ısı girdisi düşük tutulmalıdır.

Östenit fazı içeren çeliklerde en büyük sorun, krom karbür çökmesidir. Kritik sıcaklıklar olarak nitelenen 400 ile 850°C arasında yüksek enerjili tane sınırları boyunca ayrılarak yan yana dizilen kromca zengin karbürler, malzemenin korozyon ortamlarında bulunması halinde taneler arası korozyona ve tane ayrılmasına yol açarlar. Bunun nedeni karbür bünyesine geçen krom nedeniyle, katı çözeltideki krom miktarının korozyona dayanıklılık sınırının (<%12) altına düşmesidir.

Bunu engellemek için;

- Çeliğe stabilizatörler katılarak, içyapı kararlı hale getirilir. Bunlar, karbona ilgileri kromunkinden fazla olan titanyum, tantal ve niyobyum gibi elementlerdir. Bu sayede karbon, yüksek sıcaklıklarda dahi krom karbür oluşturmayacak şekilde bağlanır.
- ELC (extra low carbon - çok düşük karbonlu) çelikler kullanılabilir. Östenitik çeliklerde 650°C sıcaklıkta çözünebilir karbon miktarı yaklaşık %0.05'tir. Karbon miktarı bu değerden az olursa çözünen karbon, karbür oluşturamaz.
- Çözme tavlama uygulanabilir. 1050-1150°C arasında tavlama yapılarak çökelmiş karbürler çözündürülür. Hızlı soğutulmasıyla yeniden çökme önlenir (İnt.Kyn. 2).

### 3.3 Paslanmaz Çeliklerin İşlenebilirliği

Paslanmaz çeliklerde yüksek çekme mukavemeti ve korozyon direncini sağlamak için gerekli olan malzeme kompozisyonu paslanmaz çeliklerin işlenmesini zorlaştırmaktadır. İşlerken pekleşen kaim bölgeler, tel şeklindeki talaşlar, şiddetli harmonikler ve yüksek işleme sıcaklıkları talaş kaldırma işlemi sırasında büyük rol oynamakta ve takım ömrünü azaltmaktadır. Östenitik paslanmaz çeliklerdeki krom, nikel ve molibden muhtevası bu alaşımların yüksek gerilmeler altında plastik deformasyona uğramasına sebep olmaktadır. Ayrıca, paslanmaz çeliğin soğuk olarak çekilmesi esnasında karbon çeliklerinde oluşan deformasyon sertleşmesi tabakasından daha kaim bir sertleşmiş tabaka oluşur. Ek olarak, kesici takım ile temasta olan yüzey katmanları, malzemenin özüne göre, iki kat daha sert olabilir. Paslanmaz çeliğin plastik deformasyonu için

gerekli olan yüksek kesme kuvvetleri ısıyı ve takım aşınmasını artıran ek bir pekleşmeye sebep olurlar (Çiftçi vd. 1999).

Diğer bir problem ise paslanmaz çeliğin sıvanması ve BUE'ye yol açmasıdır. BUE kesici uçlardaki aşınmayı artırarak işlenen parçaların yüzeylerinin bozuk çıkmasına sebep olur. Sıcak talaşlar işlenen iş parçasından uzaklaşırken kesiciyi aşındıran ve işlenen yüzeyi bozan uzun tel halinde oluşurlar. Bunun engellenmesi için operatörün her bir işlenen parçadan sonra talaşları temizlemesi gerekir ki bu durum verimliliği olumsuz yönde etkiler (Çiftçi vd, 1999).

Östenitik ve ferritik/östenitik birçok paslanmaz çelik için bir düşük, bir de yüksek kesme hızı aralığı mevcuttur (40–90 m/dak ve 180–400 m/dak). Bu değerlerin arasındaki kesme hızı değerleri yığma kenar oluşumunun gerçekleştiği değerlerdir. Genellikle paslanmaz çelik içerisindeki alaşım miktarı arttıkça işleme o derece zorlaşır ve işleme maliyeti o derece artar. Malzeme özellikleriyle ilgili (örneğin korozyon direnci) talepler bazı uygulamalarda işlenebilirliği arttıran katkı malzemelerinin (Si, Pb gibi) miktarını sınırlar. Talaşlı imalat alanında özellikle paslanmaz çeliklerin işlenmesi hususunda son derece yararlı olacak bazı temel tavsiyeler mevcuttur. Bu tavsiyeler aşağıda verilmiştir (Çakır 1999).

- Rijit bir takım tezgâhı seçilmelidir. Tezgâhın tabanının düzgün ve sert olması ve iş milinin kalitesi son derece önemlidir. Uzun çubukların işlenmesi esnasında yeterli rijitlik sağlanmalıdır.
- Köşe radyüsü uygulamaya göre seçilmelidir. Radyüsün gereğinden büyük olması titreşime neden olacaktır, daha küçük ancak yeterince dayanıklı bir köşe radyüsü daha iyi bir talaş kontrolü ve daha küçük kesme kuvvetleri sağlar.
- Kesici kenar için yeterince dayanıklılık ve iyi bir keskinlik sağlayan bir kesme geometrisi kullanılmalıdır.
- Yeterince büyük bir pozitif talaş açısına ve büyük boşluk açısına sahip takımlar kullanılmalıdır. Keskinliğin kaybolmaması için küçük kenar yuvarlatmaları daha uygun olabilir.
- Kaba talaş kaldırma işlemlerinde kesici kenarın güçlendirilmesi amacıyla pah kırma işlemi yapılacaksa mümkün olan en küçük pah kırılmalıdır.

- Tornalama işleminde kesme bölgesinde oluşan ısının ortamdan uzaklaştırılması için doğru kesme sıvısı, bol miktarda kullanılmalıdır.
- Talaş yüzeyi ile talaş arasındaki sürtünmeyi, temas yüzeyini en aza indirecek bir kesici uç geometrisi seçilmelidir.
- Kaba talaş kaldırma işlemlerinde düşük talaş derinliklerinde ve ilerlemelerde, yüksek kesme hızlarıyla çalışmak yerine büyük talaş derinliklerinde ve ilerlemelerde, düşük kesme hızlarıyla çalışılmalıdır.
- Paslanmaz çeliklerin tornalamasında ve frezelemesinde sermetler uygun bir seçenek olarak dikkate alınmalıdır.

#### **4. TALAŞ KALDIRMA İŞLEMİNİN MEKANİĞİ**

Talaşlı imalat bir talaş oluşturma işlemidir. İşlemin amacı metali belirli bir şekil ve boyuta getirmekse de bu işlemin uygun talaş oluşumunu sağlayacak şekilde yapılması zorunludur. Talaşlı imalat bir talaş oluşturma ve gerekirse talaş kırma işlemidir. Talaş kaldırma işleminin anlaşılabilmesi farklı tipteki metallerin talaşa dönüşmeleri esnasındaki davranışlarının anlaşılmasına bağlıdır. Bu işlemin bir kısmı talaş kaldırma işleminin kalitesini etkileyen en belli başlı faktörler olan deformasyon, sıcaklık ve kuvvetlerin belirlenmesi işlemidir. Sıcaklık talaş kaldırma işlemini doğrudan etkilemesinin yanı sıra, eğer yeterince yüksek ise, takım malzemesi üzerinde de negatif bir etkide bulunur. Kesici ucun tasarımında amaç talaş kaldırma esnasında sıcaklığın, kuvvetlerin ve talaş oluşumunun kontrolüdür (Çakır 1999).

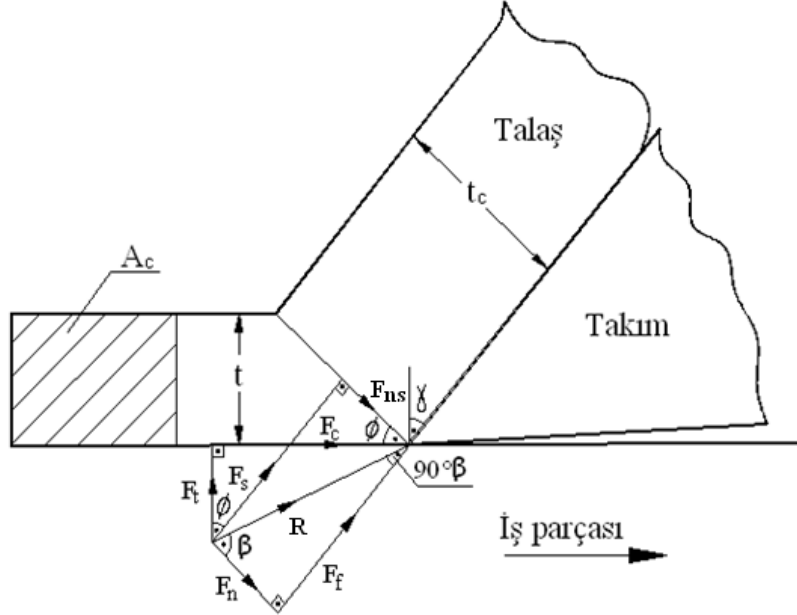
Bir kesici kenar ile bir metalden talaş kaldırma işleminde kesici takım iş parçası malzemesinin bir bölümünü deforme eder ve talaşı ayırır. Talaş olarak ayrılacak malzeme tabakası üzerindeki gerilmeler bu tabaka kesici kenara yaklaştıkça artar. Bu artan gerilmeler malzemenin akma sınırına ulaştığı anda metal içerisinde elastik ve plastik deformasyonlar meydana gelir. Oluşan talaşlar iş parçası malzemesine bağlı olarak farklılık gösterir (Çakır 1999).

##### **4.1 Talaş Kaldırma Teorileri**

İmalat sanayinde malzemelerin verimli şekilde işlenmesi sadece kesilen malzeme hakkında değil aynı zamanda farklı şartlar altında, kesici takım malzemesi, kesici geometrisi ve nasıl yapılacağı hakkında da bilgi gerektirir. Son 20 yıldan beri birçok yeni takım malzemeleri ve takım tezgâhları geliştirilmiş, daha yüksek kesme hızlarında çalışma imkânı sağlanmış ve bunlar da üretim artışına yol açmıştır. Bütün bu faktörler dikkate alındığında takım tezgâhları ile talaş kaldırma teorisi ve uygulama alanı sürekli araştırılmaktadır (Şahin 2000).



etkilemediği dolayısı ile kazıma kuvvetinin 0 olduğu varsayılmaktadır. Ernst ve Merchant teorisinin esası, kayma açısı öyle bir değer almalıdır ki kesmede yapılan iş,  $F_c$  kuvveti ile orantılı olduğundan,  $\phi'$  ye bağlı  $F_c$  için bir ifade geliştirmek ve minimum bir  $F_c$  kuvveti için  $\phi$  değerini elde etmek gerekir.



**Şekil 4.2** Ortogonal kesmede kuvvet diyagramı (Merchant 1945).

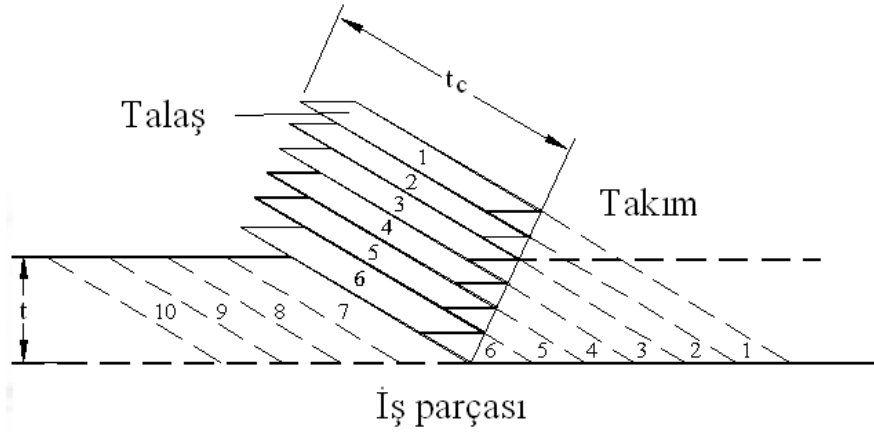
Merchant tarafından bulunan bu teoremin plastikler işlendiğinde deneysel sonuçlarla uyumlu olduğu fakat karbürlü takım ile çelik işlendiğinde elde edilen sonuçlarla uyumluluğunun zayıf olduğu ortaya çıkmaktadır. Merchant eşitliğinin gerçek değeri; talaş açısı, talaş/takım arasındaki sürtünme ve kayma düzlemi açısı arasındaki genel ilişkiyi tanımlar. Bu ilişkilerde iki sonuç ortaya çıkar.

- Talaş açısında bir artış kayma düzlemi açısının artmasına yol açar.
- Sürtünme açısında bir azalma veya sürtünme katsayısında bir azalma kayma düzlemi açısının artmasına sebep olur.

Piispänen tarafından da benimsenen bu model kayma açısına karşılık serbest yüzeye eğik olarak tutulan iskambil kâğıdı grubu şeklinde malzemenin kesileceğini göstermektedir. Kesici takım iş parçasına göre hareket ettiğinde zamanla bir kartın veya katmanın devreye girmesi ve bunların birbiri üzerine kaymasına sebep olmasından kaynaklanmaktadır (Şekil 4.3). Bu modelin temeli ise şöyle özetlenebilir (Şahin 2000).

- a) Takım yüzeyi sürtünmesi plastikten daha ziyade elastik deformasyon şeklinde oluşması,
- b) Kaymanın mükemmel bir düzlem yüzeyde gerçekleşmesi,
- c) Talaş sıvanmasının ihmal edilir olması,
- d) Kayma açısının serbest seçilmesini gerektirmesidir.

Bununla beraber, bu modelde takımın iyi bilenmiş olması, talaş derinliğinin sabit olması, iş parçasının takıma göre düzgün hareket etmesi, sürekli talaşın üretilmesi ve kesme düzlemi takım boyunca kesme ve normal gerilmelerin uniform olması gibi varsayımlara dayanır (Şahin 2000).

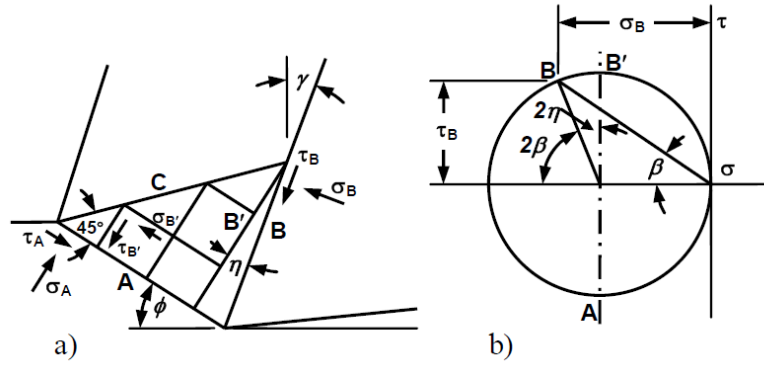


Şekil 4.3 Piispänen talaş oluşum modeli (Şahin 2000).

#### 4.1.2. Lee ve Shaffer yaklaşımı

Lee ve Shaffer (1951), ideal rijit plastik malzeme için plastisite teorisini uygulamışlar ve deformasyonun ince bir kayma düzlemi üzerinde oluştuğunu kabul etmişlerdir. Talaş içerisinde kayma düzleminde kesici takımın yüzeyine kesme kuvvetlerini geçiren bir gerilme bölgesinin olması gerektiğini düşünmüşler ve bunu, akma noktasının üstüne kadar gerilmeye uğramasına rağmen hiçbir deformasyonun oluşmadığı kayma hattı bölgesi ile göstermişlerdir. Analizleri için kullandıkları model ve gerilmeye maruz kalmış bölgenin sınırlarındaki gerilmeleri tanımlamak için kullandıkları Mohr dairesi Şekil 4.4’de gösterilmiştir (Kurt 2006).





**Şekil 4.4** Lee ve Shaffer yaklaşımı, a) Kayma açısı modeli, b) Gerilme bölgesi için Mohr dairesi (Lee ve Shaffer 1951).

#### 4.1.3. Shaw, Cook ve Finne yaklaşımı

Bundan önceki yapılan yaklaşımların dikkatle incelenmesinden kayma işleminde, sürtünme ve kayma işlemleri arasında birbiriyle ilişkiler, Shaw ve arkadaşları tarafından dikkate alınmıştır. Kayma düzleminin maksimum kayma gerilimi doğrultusunda olmadığı varsayımı, kayma-hattı doğrusu çözümünü devreye sokmuştur. Belli anormallikler olmasına rağmen, bu yaklaşım önemli bir kavram getirmiştir. Yani, kayma ve sürtünme işlemi arasında uygun bir ilişki kesme işleminde son sabit-durum şeklinin belirlenmesi için önemli bir faktördür. Ancak sadece kayma varsayılmakta olduğu için de iş parçasını modellemek için mükemmel bir plastik katı seçilir. Bunun sonucunda talaş yönlenmiş kalıcı kayma gerilmesi ve kayma uzamasına sahip kırılmaya sebep olmadığından dolayı sonsuz olarak süreklidir.

#### 4.1.4. Analitik yaklaşımların değerlendirilmesi

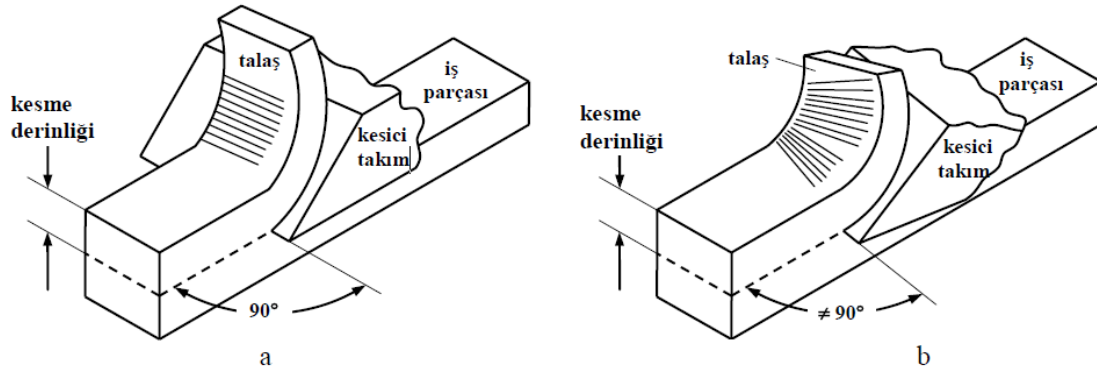
İlk analitik kesme modellerinin (ortogonal kesme modeli) temel araştırma konusunu kayma açısının ( $\phi$ ) tahmin edilmesi oluşturmaktadır (Çizelge 2.1). Ernst ve Merchant, başlangıç kayma düzlemi açısıyla ( $\phi$ ) bir malzemenin dinamik davranışını tahmin eden eşitliğin türetilmesinde, minimum enerji yaklaşımını kullanmışlardır. Ernst ve Merchant modeli kesici takımın talaş açısına ve takımla talaş ara yüzeyi arasındaki sürtünmeye dayanmaktadır. Lee ve Schaffer, daha detaylı bir model geliştirmişlerdir. Önemli modellerden biri de Merchant tarafından 1945 yılında geliştirilen modeldir. Bu model; kayma açısının, kayma düzleminde yapılan toplam işi minimum yapacak bir değere

sahip olması gerektiğini ifade etmektedir. Kesme kuvvetleri kayma bölgesinde yapılan işle orantılı olduğundan kesme kuvveti minimize edilmiş ve çok iyi bilinen bir kayma açısı türetilmiştir. Merchant tarafından yapılan çalışma Black ve Huang tarafından türetilmiş ve kayma açısını bulmak amacıyla minimum enerji prensibi kullanılmıştır (Kurt 2006).

| Yazar(lar)                | Önerilen Geometri                                                         |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Ernst&Merchant (1941)     | $\phi = 45^\circ + \frac{\gamma}{2} + \frac{\beta}{2} + \frac{\beta'}{2}$ |
| Merchant (1945)           | $\phi = 45^\circ + \frac{\gamma}{2} + \frac{\beta}{2}$                    |
| Stabler (1951)            | $\phi = 45^\circ - \beta + \frac{\gamma}{2}$                              |
| Lee&Shaffer (1951)        | $\phi = 45^\circ - \beta + \gamma$                                        |
| Hucks (1951)              | $\phi = 45^\circ - \frac{\tan - 1(2\mu)}{2} + \gamma$                     |
| Hucks (1951)              | $\phi = 45^\circ - \frac{\cot - 1(K) - \tan - 1(2\mu) + 2\gamma}{2}$      |
| Shaw, Cook, Finnie (1953) | $\phi = 45^\circ - \beta + \gamma + \eta'$                                |
| Black&Huang (1995)        | $\psi = 45^\circ - \phi + \frac{\gamma}{2}$                               |

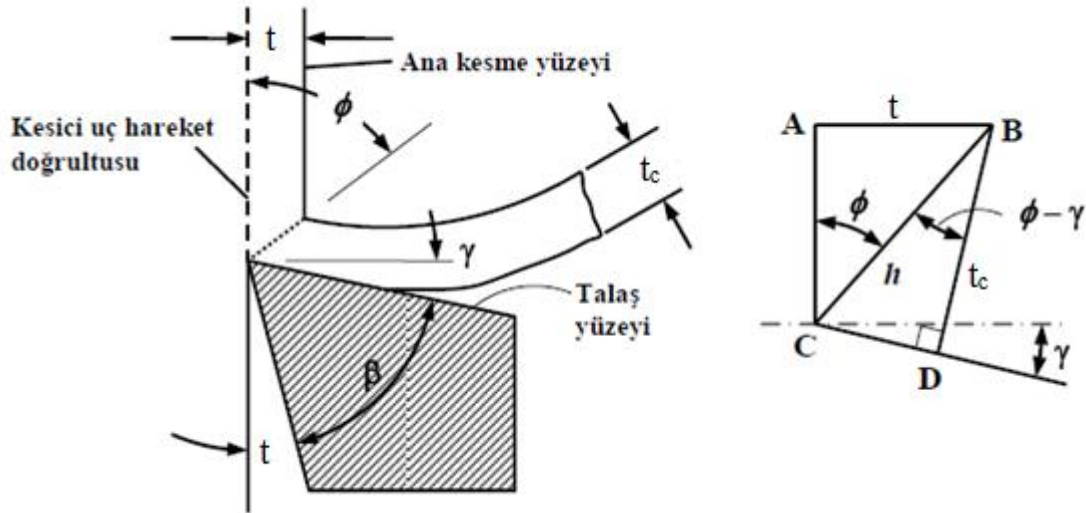
#### 4.2 Dik (Ortogonal) ve Eğik (Meyilli) Kesme İşlemi

Endüstriyel ve akademik alanda kesme işleminin analizi için yaygın olarak dik (ortagonal) ve eğik (oblique) olmak üzere iki kesme metodu kullanılır (Şekil 4.5). Talaşın oluşması için, bu ortagonal kesme işleminde meydana gelen kuvvetler Şekil 4.6 da gösterilmektedir. Dik kesme daha çok, üç boyutlu problemten ziyade iki boyutlu bir problem davranışı gösterdiğinden kesme mekaniğini oluşturan eşitliklerin çıkarılmasındaki deneysel ve teorik çalışmalarda yaygın olarak kullanılan bir metottur (Kara 2010).



**Şekil 4.5** Kesme yöntemlerinin şematik gösterimi a) Dik (Ortogonal) kesme b) Eğik (Meyilli) kesme (Şeker 2006).

Talaş kaldırma, kesici kenarda talaşın oluşturulduğu bölgeden alınan düzlemsel kesitle açıklanır. Şekil 4.6’da gösterilen talaş oluşma düzleminde  $\phi$ , kayma açısını;  $\alpha$ , serbest kenar boşluk açısını;  $\beta$ , kayma açısını;  $\gamma$ , talaş açısını;  $t$ , deforme olmamış talaş kalınlığı ve  $t_c$  deforme olmuş talaş kalınlığını göstermektedir. (Kurt 2006).



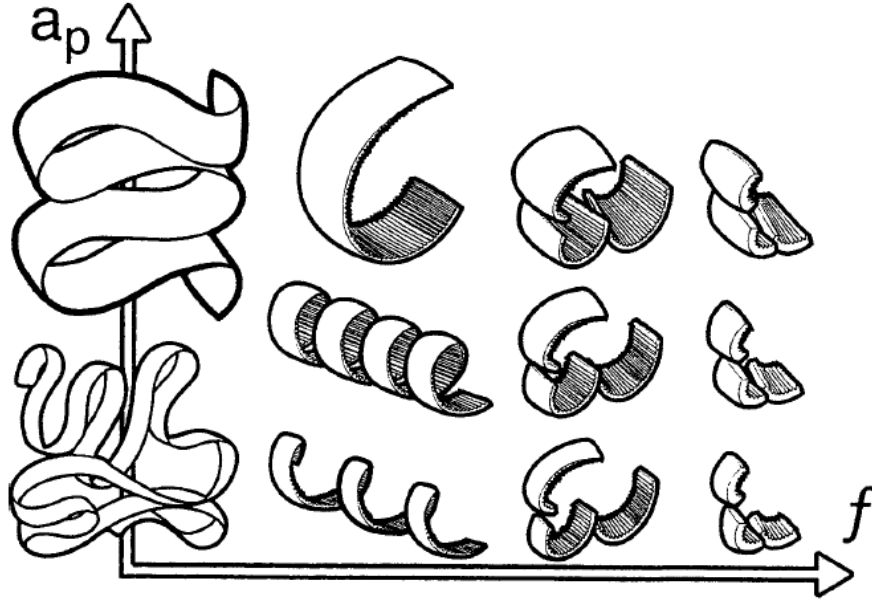
**Şekil 4.6** Dik (Ortogonal) kesmede kayma düzlemi ve takım üzerindeki kuvvetler (Kurt 2006).

### 4.3 Talaş Çeşitleri

Torna, freze veya benzer diğer takım tezgâhlarında yap

ılan talaş kaldırma işlemlerinde farklı şekillerde talaş oluşmaktadır. Meydana gelen değişik talaş çeşitleri şekil 4.7 de gösterilmiştir, ancak, genellikle en çok karşılaşılan 3

tip talaş mevcuttur. Bunlar kesikli talaş, sürekli talaş ve sıvanmalı-sürekli talaş olarak ortaya çıkmaktadır.



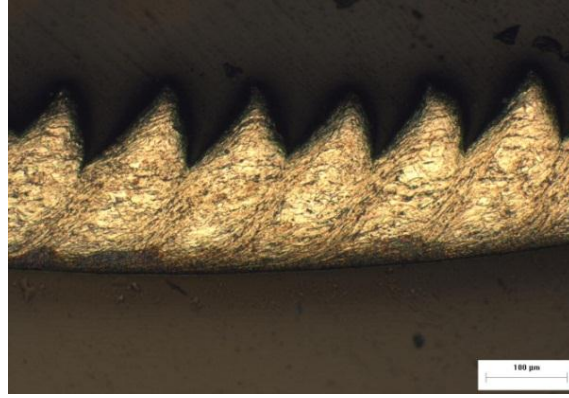
Şekil 4.7 İlerleme hızı ( $f$ ) ve kesme derinliğinin ( $a_p$ ) talaş şekline etkisi. (Smith 2008)

#### 4.3.1 Sürekli Talaş

Yüksek kesme hızları ve talaş açılarında sünek malzemelerin işlenmesinde sonucunda oluşur. Genellikle iyi bir bitirme yüzeyi bırakmasına rağmen, sürekli talaş her zaman istenmez. Özellikle, günümüzde yaygın olarak kullanılan CNC takım tezgâhları ve otomatik işleme yapan tezgâhlarda sürekli talaş, takım tutucu, bağlama sistemi ve iş parçası etrafında ve aynı zamanda talaşı uzaklaştırma sistemleri etrafında kıvrılarak karmaşık hale gelir ve dolayısıyla talaşların temizlenmesi için işlem durdurulur. Bu durum da imalat zamanının ve dolayısıyla maliyetin artmasına neden olur. Talaşın işlenen malzeme üzerine sarılması ve talaşı temizlemek için işlemin durdurulması iş parçasının yüzey de kalitesini bozar. Bu problem, talaş kırıcılarla ve kesme hızı ve ilerleme gibi işleme parametreleri ve soğutma sıvıları ile azaltılabilir. Şekil 4.7’de sürekli talaş örneği gösterilmiştir (Çiftçi, 2005).

#### 4.3.2 Testere Tipi Talaş

Dilimli (parçalı veya homojen olmayan) talaşlar düşük ve yüksek kayma deformasyonuna uğramış bölgelere sahip yarı sürekli talaşlardır. Isıl iletkenliği düşük ve dayanımı, sıcaklık artışı ile hızlı bir şekilde azalan metallerde, örneğin titanyum, bu davranış görülür. Bu talaşlar testere dişi şeklinde görünümüne sahiptir. Şekil 4.8’de testere tip talaş gösterilmiştir (Çiftçi 2005).



Şekil 4.8 Testere tipi talaş

#### 4.3.3 Süreksiz Talaş

Süreksiz talaşlar çoğunlukla aşağıdaki şartlarda oluşurlar:

- a) Kırılgan iş parçası malzemeleri işlenirken, çünkü talaşlı imalat işleminde yüksek oranda kayma deformasyonuna maruz kalma kapasiteleri yoktur.
- b) Sert inklüzyon ihtiva eden malzemeler veya yapısında grafit lameller ihtiva eden dökme demir gibi yapılara sahip malzemeleri işlerken,
- c) Çok düşük veya çok yüksek kesme hızları,
- d) Fazla talaş derinliği,
- e) Negatif talaş açısı,
- f) Etkin bir soğutma sıvısının olmaması,
- g) Takım tezgâhının rijitliğinin yetersiz olması.

Talaş oluşumundaki süreksiz yapıdan dolayı talaşlı imalat esnasında sürekli olarak kuvvetler değişir. Sonuç olarak takım tutucunun bağlama elemanlarının ve takım tezgâhının rijitliği dilimli ve süreksiz talaş oluşan kesme işlemlerinde önemlidir. Bunlar, yeterince rijit değilse, takım tezgâhı titreşime maruz kalır ve bu da iş parçası yüzeyini bozar ve boyutlarının istenilen toleranslar dışına çıkmasına neden olur. Aynı zamanda takım aşınmasını da hızlandırır. Talaşlı imalat işlemlerinde çoğunlukla helis biçiminde uzunluğu kısa (1 cm) talaşlar tercih edilir (Çiftçi 2005).



Şekil 4.9 Süreksiz talaş

#### 4.4 Kayma Düzlemi ve Kayma Açısı

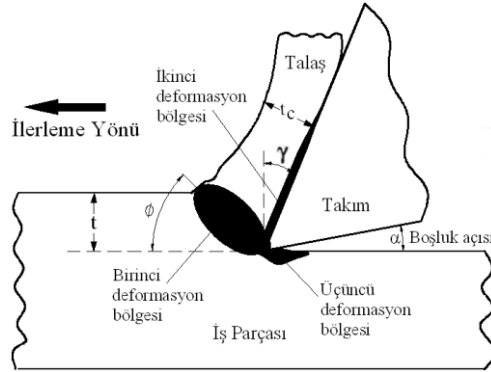
Kayma açısı, plastik deformasyonun meydana geldiği yerdeki alan açısıdır. Hem kesme esnasında dinamik olarak hem de durduktan sonra statik olarak kayma açısını hesaplamak veya ölçmek için birçok metotlar da mevcuttur. Kayma açısını hesaplayabilmek için talaş oranını hesaplamak gereklidir. Deforme olmamış talaş kalınlığının ( $t$ ), deforme olmuş talaş kalınlığına ( $t_c$ ) oranı talaş oranı olarak tanımlanır ve şöyle yazılabilir:

$$r_c = t / t_c = (AB \cdot \sin\phi) / (AB \cdot \cos(\phi - \gamma)) \quad (4.1)$$

şeklinde ifade edilir. Bu eşitlikte; AB: Takım ucundan iş parçasının serbest yüzeyine kadar olan kayma düzlem uzunluğunu,  $\phi$  : kayma açısını ve  $\gamma$  : talaş açısını göstermektedir. Eşitlik 4.1 ölçülebilen talaş kalınlık oranının fonksiyonu olarak kayma açısı için Kosinüs teoremini açarak ve sadeleştirilerek  $\phi$  açısı;

$$\tan\phi = (r_c \cdot \cos\gamma) / (1 - r_c \cdot \sin\gamma) \quad (4.2)$$

şeklinde yazılabilir.

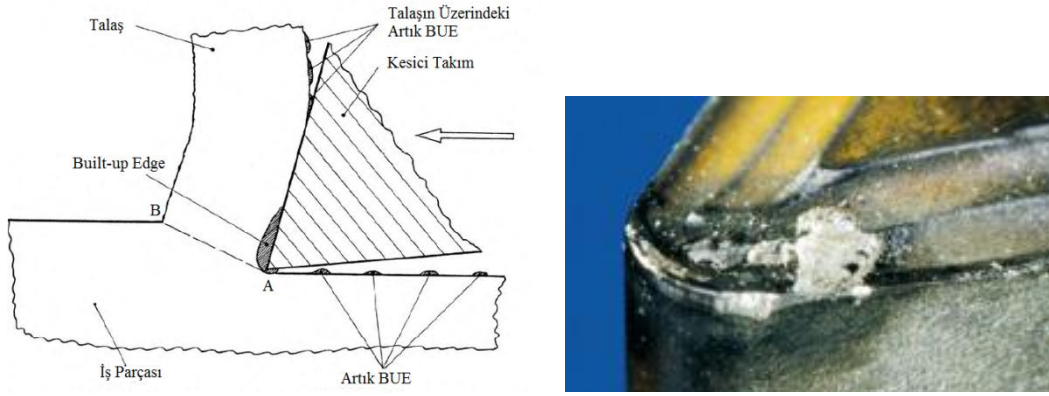


**Şekil 4.10** Dik (Ortogonal) kesme modeli (Wince 2002).

Talaş kaldırma esnasında takım ile iş parçası arasında oluşan deformasyon Şekil 4.9’de gösterilmiştir. Talaş kaldırma işlemi kayma doğrultusu boyunca yoğunlaşmayı gerektirir. Malzeme kayma düzlemine yaklaşıncaya kadar deforme olmaz fakat ince bir kayma düzlemini geçtiği zaman oldukça fazla miktarda basit kayma meydana gelerek Şekil 4.10’da olduğu gibi talaş oluşur. Talaş arkası homojen olmayan uzama nedeniyle kabadır. Bu da malzeme kesilirken oluşan gerilme yığılmaları veya zayıf noktaların mevcut oluşu nedeniyle ortaya çıkmaktadır (Kara 2010).

#### 4.5 Talaş Yığılması (BUE)

Talaş sıvanması, kesici kenar yakınında talaş yüzeyi üzerinde kaynaklanan iş malzemesi olduğundan bu takım/talaş ara yüzeyinde aşırı basınç ve yüksek sıcaklıkla oluşan bölgeselliğin ürünüdür. Şekil 4.10’da gösterildiği gibi takımla direkt temasta bulunan talaş yer değiştirir. BUE işlemi kesme sırasında malzeme gövdesinde bir ayrılma olmayıp A’da üretilen yeni yüzeyi ve B’de talaş alt yüzeyi fakat A ve B arasında talaş sıvanması (BUE) ve iş parçası serbest yüzeyinden ayrılmayan sürekli malzeme gövdesinden birisidir. BUE’in aşırı uzama-gerilme şartları altında, birbiri ardı sıra katmanlardan oluşan oldukça sertleşmiş dinamik bir yapı olduğu söylenebilir (Şahin 2000).



**Şekil 4.11** Kesici takım, talaş ve iş parçası üzerindeki artık BUE oluşumu (Smith 2008).

#### 4.6 Isı Oluşumu

İş parçasından talaş kaldırma sırasında oluşan ısı, kaldırılacak tabakanın iş parçasından ayrılması için gereken enerjiden, takım ile talaş arasındaki sürtünmeden ve takım ile işlenmiş yüzey arasındaki sürtünmeden meydana gelmektedir. Ortaya çıkan ısının bir bölümü, kaldırılan talaş ile birlikte dışarıya atılır. Geriye kalan bölümü ise parçaya ve takıma geçer. Isının en büyük miktarı talaş ile birlikte çevreye atıldığı yapılan deneylerce görülmüştür (Yeyen 2006).

Sıcaklığın takım üzerine etkisini özetlenecek olursa;

- Oluşan sıcaklık takım sertliğini çok etkiler. Mevcut sertliklerini, su verme yolu ile elde eden takım çelikleri ve hız çelikleri, belirli bir sıcaklıkta sertliklerini kaybeder ve görevini yapamaz hale gelir.
- Oluşan sıcaklık, takımın aşınmaya karşı mukavemetinin azalmasına yol açar. Aynı zamanda çabuk körlenmesine ve dolayısıyla takım ömrünün azalmasına neden olur.



## 5. KESİCİ TAKIM MALZEMELERİ

### 5.1 Giriş

Bugün her türlü talaş kaldırma işlemi için belirli bir iş parçası malzemesini, belirli koşullar altında, en iyi şekilde işleyecek bir takım malzemesi mevcuttur. Yüzyılın başında hız çeliklerinin bulunmasıyla gelişimine başlayan takım malzemeleri, 1960'larda 100 dakika olan işleme zamanını 1 dakikanın altına indirmişlerdir.

Kesici bir takım metali o metalden daha sert olduğu için keser. Ancak günümüzde, yüksek verimliliğin amaçlandığı tüm uygulamalarda durum biraz daha karışıktır. İşlem ile ilgili faktörler işlemin kaba veya ince, sürekli veya kesintili bir işlem olup olmaması ve işleme payları ile ilgilidir. İş parçası malzemesi genellikle, malzemenin yapısı, sertliği, mukavemeti, malzeme uygunluğu, yüzey yapısı ve içerisinde bulunan sert parçacıklar ile karakterize edilir. Takım tezgâhı için çalışma koşulları, güç, rijitlik, sistemde mevcut mekanizmalar, kesme hızı ve ilerleme kapasitesi ve iş parçası tespit yöntemi dikkate alınmalıdır. Kesme verileri sıcaklığa ve kesici kenar üzerindeki gerilmelere, dolayısıyla takım malzemesine doğrudan etki eder bulunurlar. İşleme sisteminin genel rijitliği kesici kenarın kesme kuvvetlerine dayanabilmesi için ne kadar mukavemetli olması gerektiğinin belirlenmesine yardımcı olur. Bazı gevrek takım malzemeleri birçok uygulamada hiç dikkate alınmazlar. İşleme maliyetlerinin ekonomik takım ömrü, envanter ve takım değiştirme işleminin sıklığı açısından kontrol edilmeleri gerekir (Çakır 1999).

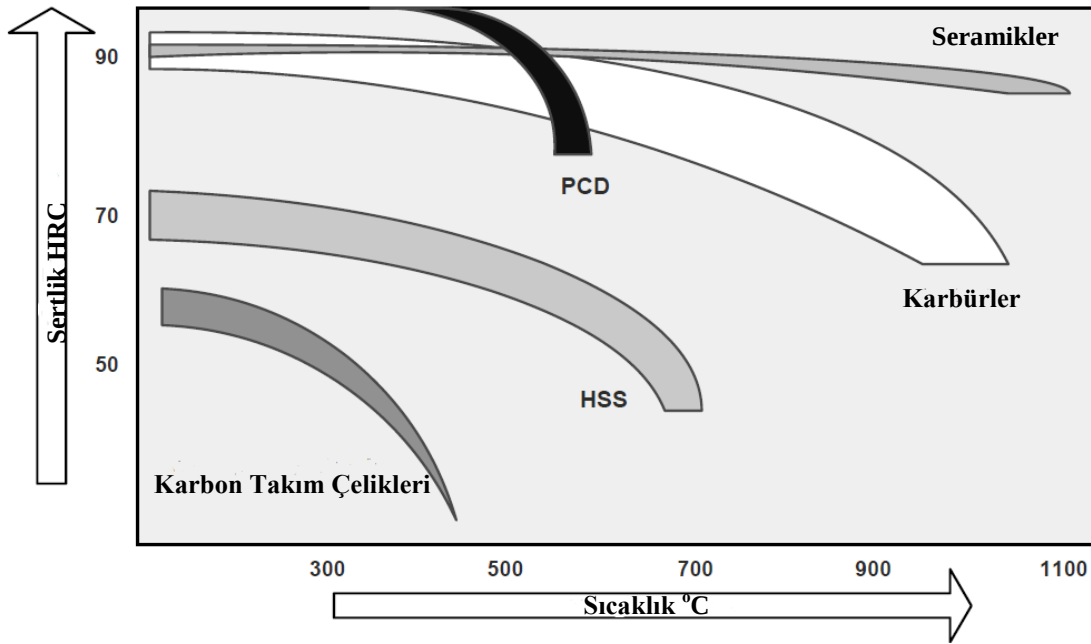
Bugün kesici takım malzemelerinin daha yüksek ilerleme ve kesme hızlarında talaş kaldırmaları için önem taşıyan üç ana özellik vardır:

- Aşınmaya karşı dayanma kabiliyeti (aşınma direnci)
- Kırılmaya karşı mukavemet (tokluk)
- Yüksek sıcaklıklarda sertliği ve kimyasal kararlılığı koruma (sıcak sertlik)

**Aşınma Direnci:** Serbest yüzey aşınmasının genellikle bir ölçü olarak alındığı aşınma direnci yine de doğrudan kullanılan bir özellik değildir. Bu özellik kesici takımın kesme

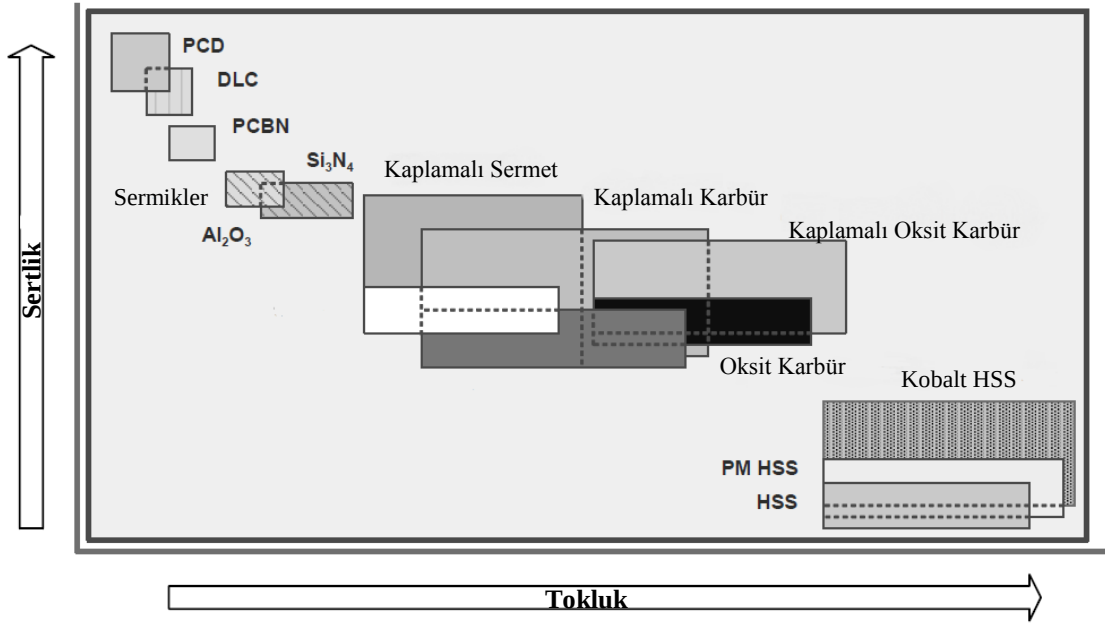
kabiliyetini planlanan şekilde sürdürebilmesi için çeşitli aşınma tiplerine olan dayanma kabiliyeti olarak tanımlanır.

**Sıcak Sertlik:** Yüksek kesme hızlarının bir sonucu olan yüksek sıcaklıklar nedeniyle son derece önemlidir. Farklı kesici takım malzemeleri farklı kızıl sertlik değerlerine sahiptirler. Kesici takım malzemelerinin sıcaklık karşısındaki sertlikleri Şekil 5.1’de gösterilmiştir.



**Şekil 5.1** Sıcaklık karşısında kesici takım malzemelerinin sertliği (Astakhov 2007)

**Tokluk:** Genellikle eğilme direnci, kırılma direnci gibi çeşitli şekillerde ifade edilir. Ölçümlerin oda sıcaklığında yapılması nedeniyle talaş kaldırma işlemi esnasındaki durum ile ilgili tam bir bilgi vermez ve kenar yuvarlatmasının etkisini göz önüne almaz. Yüksek hız çelikleri (HSS) kırılma direnci düşük bir yapıya sahip elmaslara (PCD) göre çok daha toktur. Kesici takım malzemelerinde tokluk ve sertlik değişim grafiği Şekil 5.2 gösterilmiştir.

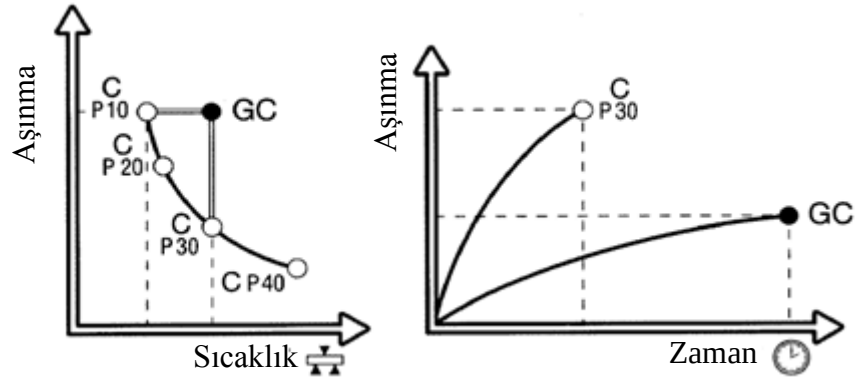


**Şekil 5.2** Kesici takım malzemelerinin sertlik ve tokluk değişim grafiği (Astakhov 2007).

## 5.2 Kaplamalı Sinterlenmiş Karbürler

Takım malzemelerindeki en önemli gelişme sayılan kaplamalı sinterlenmiş karbürler ilk defa 1960'ların sonlarında ortaya çıkmışlardır. Birkaç mikron kalınlığında titanyum karbür tabakasının kaplanmasıyla karbürü takımların performansında büyük değişiklikler gözlenmiştir.

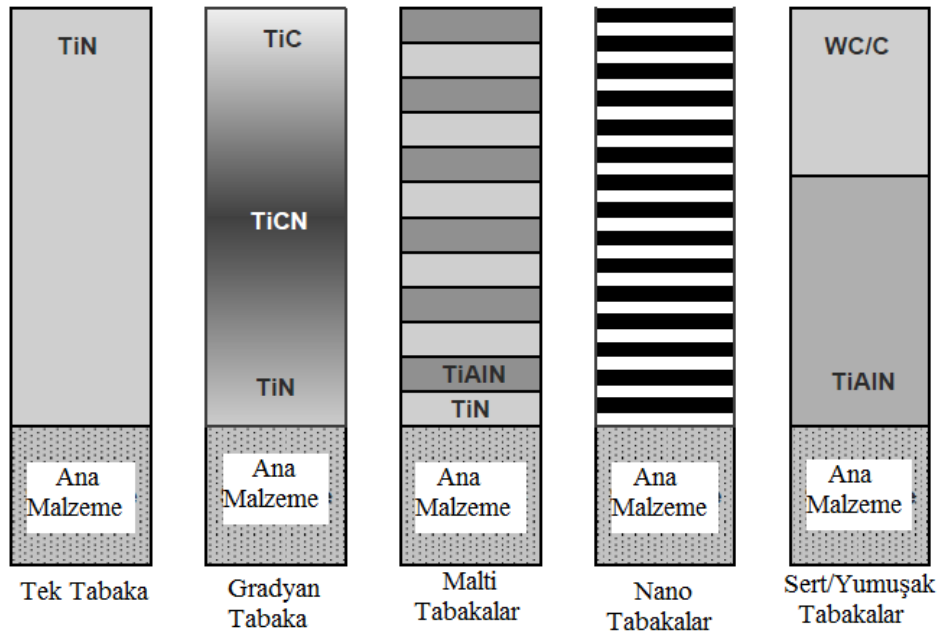
Kaplamalı karbür kesici ucun kaplamasız bir kesici ucun yerini almasıyla kesme hızları ve takım ömrü önemli ölçüde arttırılmış, takım kısmen aşındığı halde kaplamanın etkisi devam ettiğinden özellikle çeliklerle ilgili işlemlerde krater aşınmasının önemli ölçüde azaldığı görülmüştür (Şekil 5.3). Yüksek sıcaklıklarda, yüksek kesme hızı ve ilerlemelerde çalışmak mümkün olmuştur. Kaplamalı karbürlerin bulunması sonucunda tokluğun artmasıyla aşınma direncinin düşmesi gerektiği düşüncesi ortadan kalkmıştır. İlk ortaya çıkmalarından itibaren kaplamalı karbür malzemelerde elde edilen iyileştirmeler sonucu bu malzemeler en fazla kullanılan takım malzemeleri haline gelmişlerdir. Bugün, tornalama işlemlerinin % 75'i, frezeleme işlemlerinin % 40 'dan fazlası kaplamalı karbür takımlar ile yapılmaktadır (Şekil 5.3).



**Şekil 5.3** Kaplamalı ve kaplamasız karbürlerin karşılaştırılması (Çakır 1999).

Tornalama işlemleri için ilk seçilecek sinterlenmiş karbür kaliteleri kaplamalı olanlardır. En belli başlı kaplama malzemeleri titanyum karbür (TiC), titanyum nitrür (TiN), alüminyum oksit ( $Al_2O_3$ ) ve titanyum karbonitrür (TiCN)'dür. Titanyum karbür ve alüminyum oksit yüksek aşınma direnci sağlayan, kimyasal olarak başka malzemelerle reaksiyona girmeyen, takım ile talaş arasında kimyasal ve ısı bir kalkan oluşturan, çok sert malzemelerdir. TiN o derece sert malzeme olmamasına karşın kesici ucun yüzeylerinde daha düşük sürtünme katsayısı ve daha iyi krater aşınması direnci sağlar. TiN'in altın sarısı bir rengi vardır. Kesici takıma TiCN ve TiAlN gibi düşük bir sıcaklıkta uygulandığı için tungsten karbürün yapısını fazla etkilemez (Çakır 1999).

Kaplamalı sinterlenmiş karbür uçlar tornalama, frezeleme ve delme uygulamalarının büyük bir çoğunluğunda, çok çeşitli iş parçası malzemesi için ilk tercih edilecek uçlardır. Kaplama tabakaları tek veya daha fazla katmandan oluşabilirler. (Şekil 5.4)



Şekil 5.4 Modern Kaplamalar (Astakhov 2007).

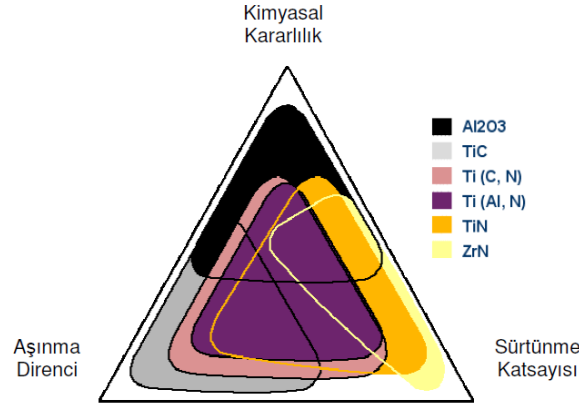
### 5.3 Kaplamalar

Sert kaplamalar özellikle takımın aşınmasını geciktirdiği ve takım ömrünü arttırdığı için büyük ilgi çekmektedir ve birçok çalışmada konu almaktadır. Günümüzde yaygın olarak kullanılan 6 kaplama tipi mevcuttur. Bunlar; TiN (Titanyum Nitrür), TiC (Titanyum Karbür), TiCN (Titanyum Karbonitrür), TiAlN (Titanyum Alüminyum nitrür), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Alüminyum Oksit) ve CrN (KromNitrür). Her biri farklı mekanik, kimyasal ve termal özellikler sunarlar. Uygulamada bu kaplama malzemelerine, sahip oldukları özellikler çerçevesinde bir değerlendirme yapılmalıdır.

Kaplamalı takımların ortaya atılmasından sonra bir ölçüde bu konuda bir başarı sağlanmış, hem sert hem de tok bir yapı elde edilmiştir. Fakat frezeleme, tornalama, delik delme, delik işleme, planya ve vargel gibi farklı işlemler için ortak bir takım malzemesinin bulunmasının, her işlem için farklı takım özellikleri gerektiği dikkate alındığında, çok kompleks bir konu olduğu görülmektedir.

Yaygın olarak kullanılan kaplama malzemelerinden biri olan TiN, sıcaklık oluşumu şeklinde oluşan aşınmayı azaltır ve talaş ile sert metal uç arasında sürtünmeyi önleyici bir ara tabaka gibi rol alır. Oksidasyon direncinin gerekli olduğu ve termal yüklerin ön

planda bulunduğu uygulamalarda TiAlN kullanılmaktadır. Abrazyonun baskın olduğu veya sert metallerin işlendiği uygulamalar için TiCN kaplamalar tercih edilir. Kimyasal kararlılık ve yüksek sertlik gerektiğinde ise  $Al_2O_3$  seçilir. Çok katlı kaplamalarda ise her kaplama tabakasının özelliği belli oranda takım performansını olumlu etkilemektedir (Şekil 5.5).



Şekil 5.5 Kaplama tabakalarının özellikleri (ISCAR 2006).

### 5.3 Kaplamaların Özellikleri

En belli başlı kaplama malzemeleri TiC, TiN, TiCN,  $Al_2O_3$  (Alüminyum oksit seramik), TiAlN' dir

**TiN (Titanyum nitrür):** Altın sarısı renge olup en çok kullanılan kaplama malzemelerinden biridir. Sertliği 2900 HV değerindedir. 550°C ye kadar termal kararlılık gösterir. İyi korozyon ve aşınma dayanımı ile geniş bir uygulama alanı vardır. Talaş ile sert metal uç arasında sürtünmeyi önleyici bir ara tabaka gibi rol alır. Bu sürtünme katsayısı talaş akışına yardımcı olur, iş parçası malzemesinin kesici takımda yığma kenar oluşturmasını engeller ve kesme kuvvetleri ile takıma olan ısı akışını düşürür. Demir esaslı malzemelerde, sertleştirilmiş çeliklerde ve paslanmaz çeliklerde kullanılır. PVD (Fiziksel buhar çöktürme) ve CVD (Kimyasal buhar çöktürme) yönetim ile kaplama yapılabilir.

**TiCN (Titanyum Karbonitrür):** Kırmızımsı siyah rengindedir. TiN' nin değişik bir türü olup, daha yüksek sertliğe (sertliği 4000 HV'ye kadar çıkabilmektedir) ve daha

düşük sürtünme katsayısına sahiptir. Çeliklerde aşınımı azaltıcı ve ısı iletkenliğini arttırıcı (Isıl iletim katsayısı diğerlerine göre nispeten yüksektir) etkisi mevcuttur. Termal kararlılığını 350 °C' ye kadar koruyabilir. TiCN çok iyi yapışma özelliğine ve çok yüksek aşınma direncine sahiptir. Bu sebepten dolayı çok katlı kaplamalarda ara kaplama tabakası olarak kullanılır. Üstteki tabakalara ilave aşınma direnci özelliği kazandırır. Aralıklı kesme işlemlerinde (frezeleme gibi) daha uygundur. Mekanik şokların sebep olduğu ve kesme köşesinin kırılması ile sonuçlanan uygulamalarda düşük sürtünme katsayıları ile TiCN çok verimlidir. Kaplama kalınlığı 2–4 mikron arasında değişir. TiC ve TiN arasında bir karışımdır.

**TiC (Titanyum Karbür):** Gri renktedir. Oldukça sert bir kaplamadır. Dolayısıyla mekanik sürtünme sonucu oluşabilecek uç aşınmalarını geciktirir. İlk kullanılan kaplama malzemesidir. Pek uygulama alanı olmamakla birlikte 3000HV sertliğine sahiptir.

**TiAlN (Titanyum Alüminyum Nitrür):** Kaplama Ti ve Al oranına bağlı olarak siyah ila bronz arası bir renge sahiptir. Diğerlerine nispeten yeni ve performanslı bir kaplamadır. En gelişmiş kaplama yöntemi olup, sertliği 3300 HV 'dir ve 800°C 'ye kadar dayanım gösterir. Yüksek aşınma direnci, ısıl direnç, kimyasal kararlılık gibi özellikleri bünyesinde barındırır. Yüksek hızlarda çalışmaya, kuru kesme işlemlerine, termal kararlılığı ve ısıl direnci sayesinde oldukça uygundur. Düşük sürtünme katsayısı ile çok yönlü kaplama malzemesi olarak kullanılmaktadır. Çok amaçlı kullanıma uygun olan bu kaplama biçimi, aynı zamanda demir dökümünde, alüminyum alaşımlarında ve plastik malzemelerin kalıba geçirilmesi esnasında oluşan sürtünmeyi ve yapışmayı azaltmak için de kullanılır. Hızlı kesme işlemlerinde kesici kenarda iş parçası ve takım arasında termal ve kimyasal set oluşturan  $Al_2O_3$  oluşur. Oluşan bu  $Al_2O_3$  kaplama tabakasını koruyan bir kalkan görevi görür ve takım ömrü üzerine pozitif etkiye bulunur. Oksidasyon dayanımı yüksektir. Krater aşınmasına daha dayanıklıdır.

**$Al_2O_3$  (Alüminyum Oksit):** Kimyasal kararlılığı ve sıcak sertliği yüksek bir malzemedir. Sertliği 2300 HV' dir. Isıl iletkenliği çok azdır. Şeffaf renktedir. Yüksek aşınma direncine sahip fakat kırılgan bir yapısı vardır. Tok bir yapı üzerine uygulanır ve kesici

uç yapısını güçlendirir. Bu nedenle ısıl zorlanmalardan gelen aşınmaları geciktirir. TiC 'ün üzerine kaplanmış  $Al_2O_3$  (Alüminyum oksit) yeni bir uygulamadır. Tok ve aşınma direnci yüksek yapı üzerinde - %100 sert partiküllerin bulunması nedeniyle - kesici uç yapısını daha çok iyileştirmiştir.

**CrN (Krom Nitrür):** Oldukça yumuşaktır ( 1800 HV ). Diğerlerine nazaran parça üzerine kaplama kalınlığı daha ince olup, korozyona dayanımı diğerlerinden daha iyidir. 700°C 'ye kadar dayanabilir.

**CrC (Krom Karbür):** Krom karbür kaplaması TiN ve TiCN gibi sert değildir (78 Rc) ve düşük yağlama kalitesine sahiptir. Bakır, zirkonyum, nikel ve titanyum alaşımlarını işlemede yaygın olarak kullanılmaktadır. 1300°F' da mükemmel bir termal kararlılık gösterir. Yapışkan malzemeyi işlemede, takımların kesici kenarında korozyon dayanımını ve oksidasyon dayanımını muhafaza etmek avantajlarındandır.

**Elmas Kaplama:** Elmas kaplamalar aşırı derecede sert kaplamalardır (Sertliği yaklaşık olarak 11000 HV dir). Elmas kaplamalar kalıp endüstrisi takımlarına, demir esaslı olmayan yüksek aşınma uygulamalarına ve bazı malzemelere göre daha üstündürler. Elmas kaplamalar normalde yaklaşık olarak 1-10µm ya da 50-200µm kalınlığında ve genellikle 500-1000°C arasında sıcaklığında yapılmaktadır. Bu kaplama ile ileri derecede sertlik, yüksek aşınma dayanımı ve yüksek ısıl iletkenlik dâhil olmak üzere birçok istenen işleme özellikleri sağlanır. Alüminyum, bakır, pirinç ve bronz gibi demir esaslı olmayan malzemeler ile grafit ve volfram karbür gibi parçaların işlenmesinde de elmas çok uygundur. CVD elmas kaplanmış karbür takımlarda, aşınma dayanımı ve yapışma çok iyidir. Mukavemet, kaplamanın dayanımını sınırlar. Çok kristalli elmas (PCD) kırılma özelliği yüksek olan uygulamalar için daha uygundur. PCD içindeki kobalt bağlayıcı, kırılmaya ve yontulmaya karşı büyük dayanıklılık gösterir. Ancak, kobalt aynı zamanda PCD' nin zayıflığının kaynağıdır. PCD' nin sertliğini azaltır. CVD elması, PCD' den 2-10 kat büyük aşınma dayanıklılığı, yüksek ısıl iletkenliği ile daha iyi kimyasal ve termal kararlılığı gösterir.



## 6. MATERYAL VE METOT

AISI 316L östenitik paslanmaz çeliğinin işlenmesinde kesme parametreleri ve kaplama türünün, talaş şekli üzerindeki etkisini ortaya koymak adına bir dizi deney gerçekleştirilmiştir. Çalışmada AISI 316L östenitik paslanmaz çeliği kuru ve ortagonal kesme şartlarında tornalanmıştır. Deneyler Afyon Kocatepe Üniversitesi bünyesinde olan laboratuvarlar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kesme parametrelerinin etkisini net olarak ortaya koymak adına geniş bir kesme hızı ve ilerleme aralığı seçilmiştir. Ayrıca seçilen kaplama türleri de gerek sanayi uygulamalarına ve gerekse akademik çalışmalara konu olan TiN, AlTiN ve AlCrN'dir.

### 6.1 İş Parçası ve Kesici Takım Özellikleri

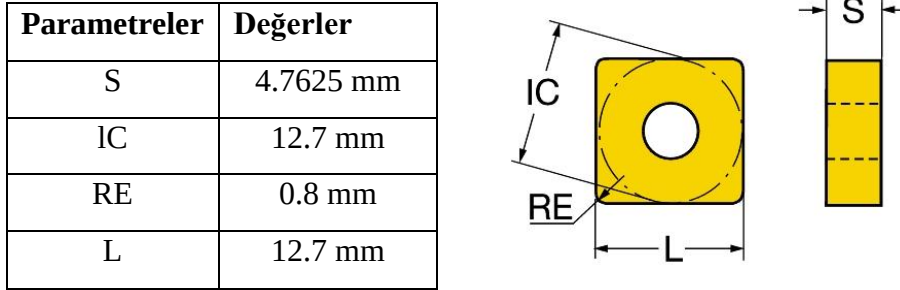
Deneyisel çalışmalarda Ø89x75 mm ebatlarında ve 2 mm et kalınlığında AISI 316L Paslanmaz çelik boru kullanılmıştır. Deneyisel çalışmalarda kullanılan AISI 316L paslanmaz çeliğinin kimyasal analizi Çizelge 6.1'de verilmiştir. AISI 316L çelik boru Ø89x75 mm ebatlarında hazırlandıktan sonra kuru kesme şartlarında tornalama işlemine tabi tutulmuştur. İş parçasının et kalınlığı 2 mm olduğundan ayna ayaklarının boru geometrisini bozmaması için iç çapına uygun yatak kullanılmıştır.

**Çizelge 6.1** Deneyisel çalışmalarda kullanılan AISI 316 L çeliğinin kimyasal bileşimi

| Çelik Türü | Kimyasal Bileşim (% Ağırlıkça) |      |      |     |     |      |       |       |
|------------|--------------------------------|------|------|-----|-----|------|-------|-------|
|            | C                              | Cr   | Ni   | Si  | Mn  | Mo   | S     | P     |
| AISI 316 L | 0,030                          | 17,0 | 12,0 | 1,0 | 2,0 | 2,50 | 0,030 | 0,045 |

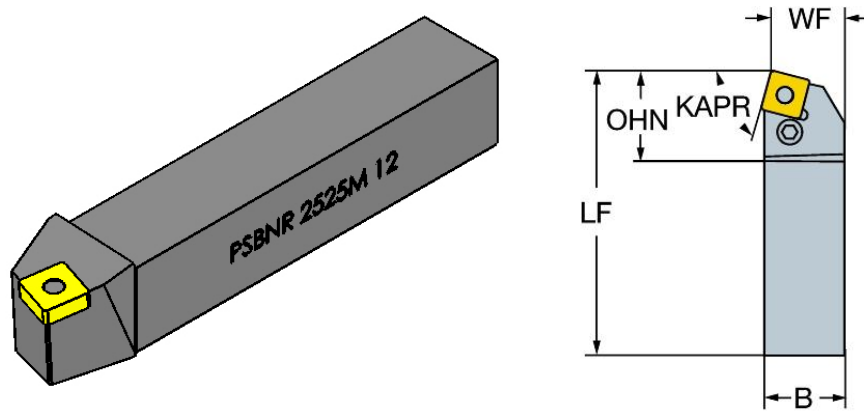
Talaş kaldırma işlemi sırasında kesici takım ucu olarak Sandvik Coromant firmasının üretmiş olduğu SNMG 12 04 08-QM serisine ait takım talaş açısı 0° olan, H13A kaplamasız ve talaş kırıcısız karbür kesici takım kullanılmıştır. Bu kesici takımlar üzerine, 1-3 µm arasında değişen kalınlıklarda TiN, AlTiN, AlCrN olmak üzere 3 farklı kaplama Oerlikon Balzers Kaplama Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti. tarafından kaplanmıştır. Yapılan kaplamanın etkisini görmek için kaplamasız kesici takım kullanarak 4 farklı

kesici takım ile deneyler gerçekleştirilmiştir. SNMG 12 04 08 QM serisi kesiciye ait boyutlar Şekil 6.1’de verilmiştir.



**Şekil 6.1** SNMG 12 04 08 QM serisi kesici uç boyutları (İnt.Kyn.3)

Kesici takım tutucusu olarak Sandvik Coromant firmasının Şekil 6.2’deki kesme işlemi esnasında 75° yaklaşma açısına sahip PSBNR 2525M 12 seri numaralı takım tutucusu kullanılmıştır. Her ne kadar 75° lik yanaşma açısına sahip takım tutucu kullanılmış olsada kesme deneyleri sırasında yanaşma açısı 90° olacak şekilde takım bağlanmıştır. Takım tutucuya ait bazı geometrik boyutlar Çizelge 6.2’de verilmektedir.



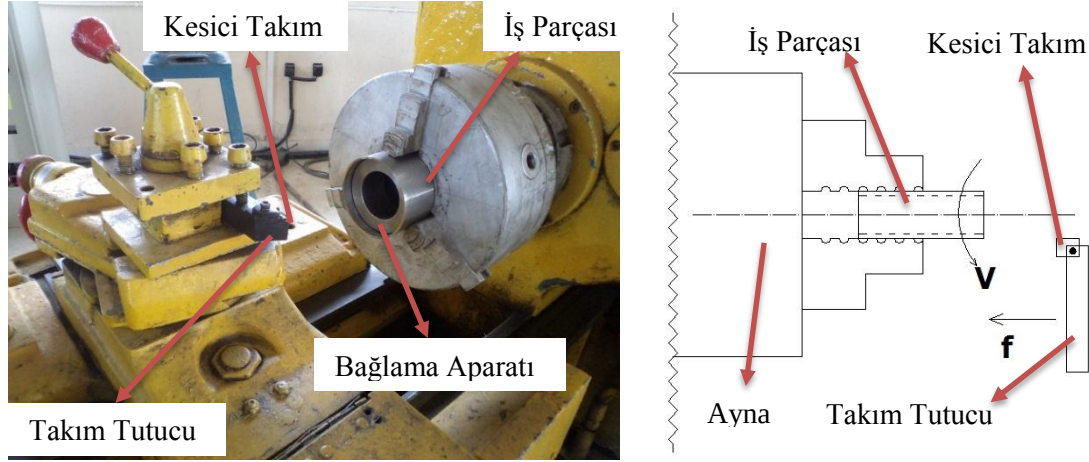
**Şekil 6.2** SNMG 12 04 08 QM serisi Takım tutucu. (İnt.Kyn.4)

**Çizelge 6.2** SNMG 12 04 08 QM serisi takım tutucu özellikleri. (İnt.Kyn.4)

| Açılımlar          | Değerler  |
|--------------------|-----------|
| Kesme kenarı açısı | 75 derece |
| Boşluk açısı       | 15 derece |
| Gövde boyutları    | 25 x 25   |

## 6.2 Deney Düzeneği

Deneyisel alışma için Afyon Kocatepe Üniversitesi İşcehisar Meslek Yüksekokulu Makine Programı atölyesinde bulunan Le BLOND marka torna tezgâhı kullanılmıştır. Ayna apı 250 mm, devir sayısı azami 1800 dev/dak'dır. Deney düzeneği fotoğrafı Resim 6.1'de verilmiştir.



**Resim 6.1** Deneylerde kullanılan torna tezgahı ve deney düzeneği

## 6.3 Kesme Parametreleri

Kesme parametrelerinin ve kesici takım üzerindeki kaplama malzemesinin AISI 316L stenitik paslanmaz çeliğinin işlenmesi sırasında oluşan talaş şekli üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla bir dizi kesme deneyleri yapılmıştır.

Gerçekleştirilen kesme deneylerinde AISI 316L iş parçasının işlenmesinde dört farklı kesici takım, beş farklı kesme hızı ( $V$ , m/dak) ve dört farklı ilerleme hızı ( $f$ , mm/dev) ile sabit bir kesme derinliği ( $a_p=2$  mm) kullanılmıştır. Tezgh zerindeki değerler metrik sistemine çevrilerek uygun olanlar deneyler için seçilmiştir. Yapılan deneylerde kullanılan kesme parametreleri izelge 6.3'de gösterilmiştir. Kesme hızı değerleri üretici firma tarafından önerilen kesme hızı aralığının biraz üzerinde ve biraz altında olacak şekilde seçilmiştir. Kesme hızı ve ilerleme değerleri torna tezgahına göre seçildiğinden, değerler tam değer şeklinde alınmıştır.

Çizelge 6.3 Deneylerde kullanılan kesme parametreleri

| Kaplama         | Kesme hızı<br>(m/dak) | İlerleme<br>(mm/dev) | Deney no | Kaplama | Kesme hızı<br>(m/dak) | İlerleme<br>(mm/dev) | Deney no |
|-----------------|-----------------------|----------------------|----------|---------|-----------------------|----------------------|----------|
| KAPLAMASIZ      | 113.28                | 0.06                 | 1        | AlCrN   | 113.28                | 0.06                 | 41       |
|                 |                       | 0.08                 | 2        |         |                       | 0.08                 | 42       |
|                 |                       | 0.13                 | 3        |         |                       | 0.13                 | 43       |
|                 |                       | 0.21                 | 4        |         |                       | 0.21                 | 44       |
|                 | 165.03                | 0.06                 | 5        |         | 165.03                | 0.06                 | 45       |
|                 |                       | 0.08                 | 6        |         |                       | 0.08                 | 46       |
|                 |                       | 0.13                 | 7        |         |                       | 0.13                 | 47       |
|                 |                       | 0.21                 | 8        |         |                       | 0.21                 | 48       |
|                 | 237.20                | 0.06                 | 9        |         | 237.20                | 0.06                 | 49       |
|                 |                       | 0.08                 | 10       |         |                       | 0.08                 | 50       |
|                 |                       | 0.13                 | 11       |         |                       | 0.13                 | 51       |
|                 |                       | 0.21                 | 12       |         |                       | 0.21                 | 52       |
|                 | 345.73                | 0.06                 | 13       |         | 345.73                | 0.06                 | 53       |
|                 |                       | 0.08                 | 14       |         |                       | 0.08                 | 54       |
|                 |                       | 0.13                 | 15       |         |                       | 0.13                 | 55       |
|                 |                       | 0.21                 | 16       |         |                       | 0.21                 | 56       |
|                 | 503.49                | 0.06                 | 17       |         | 503.49                | 0.06                 | 57       |
|                 |                       | 0.08                 | 18       |         |                       | 0.08                 | 58       |
|                 |                       | 0.13                 | 19       |         |                       | 0.13                 | 59       |
|                 |                       | 0.21                 | 20       |         |                       | 0.21                 | 60       |
| TİTANYUM NİTRÜR | 113.28                | 0.06                 | 21       | AlTiN   | 113.28                | 0.06                 | 61       |
|                 |                       | 0.08                 | 22       |         |                       | 0.08                 | 62       |
|                 |                       | 0.13                 | 23       |         |                       | 0.13                 | 63       |
|                 |                       | 0.21                 | 24       |         |                       | 0.21                 | 64       |
|                 | 165.03                | 0.06                 | 25       |         | 165.03                | 0.06                 | 65       |
|                 |                       | 0.08                 | 26       |         |                       | 0.08                 | 66       |
|                 |                       | 0.13                 | 27       |         |                       | 0.13                 | 67       |
|                 |                       | 0.21                 | 28       |         |                       | 0.21                 | 68       |
|                 | 237.20                | 0.06                 | 29       |         | 237.20                | 0.06                 | 69       |
|                 |                       | 0.08                 | 30       |         |                       | 0.08                 | 70       |
|                 |                       | 0.13                 | 31       |         |                       | 0.13                 | 71       |
|                 |                       | 0.21                 | 32       |         |                       | 0.21                 | 72       |
|                 | 345.73                | 0.06                 | 33       |         | 345.73                | 0.06                 | 73       |
|                 |                       | 0.08                 | 34       |         |                       | 0.08                 | 74       |
|                 |                       | 0.13                 | 35       |         |                       | 0.13                 | 75       |
|                 |                       | 0.21                 | 36       |         |                       | 0.21                 | 76       |
|                 | 503.49                | 0.06                 | 37       |         | 503.49                | 0.06                 | 77       |
|                 |                       | 0.08                 | 38       |         |                       | 0.08                 | 78       |
|                 |                       | 0.13                 | 39       |         |                       | 0.13                 | 79       |
|                 |                       | 0.21                 | 40       |         |                       | 0.21                 | 80       |

## 6.4 Metalografik İşlemler

Çıkan talaş numuneleri kesitten görüntü alacak şekilde kalıplanmış ve gerekli 120-1000 grid'lik zımparalama kademesinden geçirilmiştir. Parlatma işlemi 1µm alümina süspansiyon ile gerçekleştirilmiştir. Dağlayıcı olarak 1 birim HNO<sub>3</sub> ( nitrik asit ), 1 birim HCl ve 1 birim saf su içeren bir karışım kullanılmıştır. Dağlama işlemi özellikle kayma bölgesindeki tane yapısının değişimini ortaya koymak adına yapılmıştır.

## 6.5 Mikro Yapı Analizleri

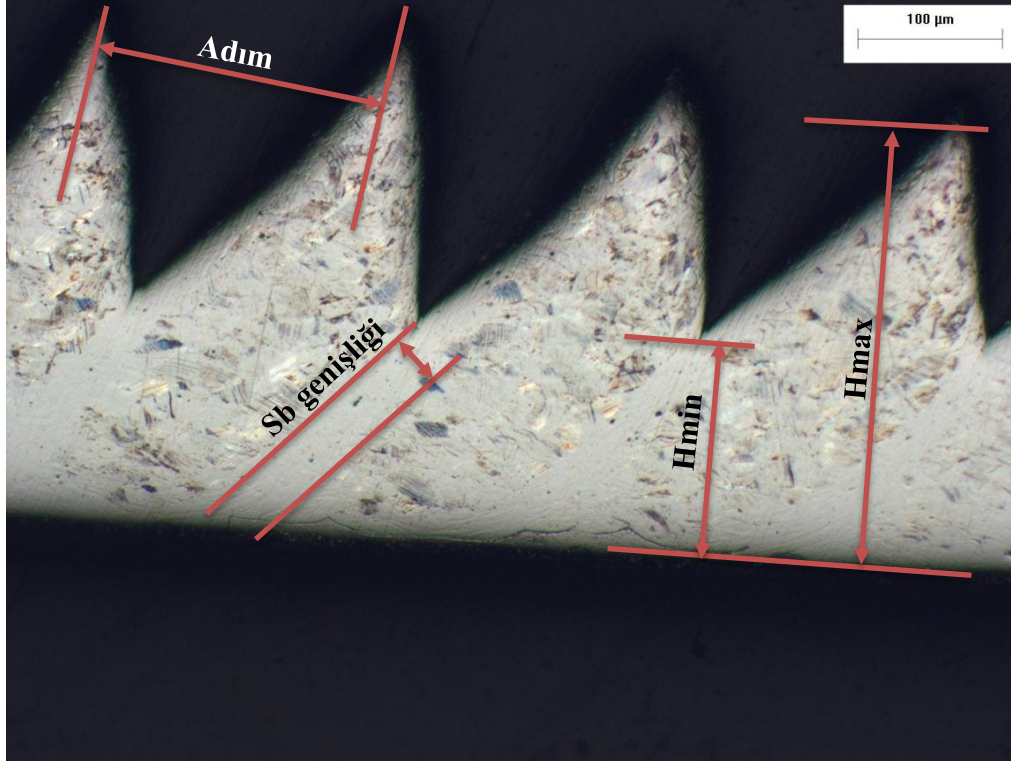
Numunelerin zımparalama ve parlatma işlemleri devir hızı ayarlanabilen hareketli iki disk üzerinde gerçekleştirilmiştir. Dağlama işlemi sonrası mikroyapı görüntülerinin alınmasında Olympus marka Bx60 Model alttan ve üstten aydınlatmalı 3,3 mega piksellik kamera ve bilgisayar destekli optik mikroskop (Resim 6.2) kullanılmıştır. Bu mikroskoptaki çekimler X50-X1000 büyütme arasında yapılabilmektedir.



**Resim 6.2** Numunelerin mikro yapı fotoğrafları için kullanılan optik mikroskop düzeneği.

Talaş kaldırma işlemi esnasında her bir deney için elde edilen talaşlar muhafaza edilmiş ve bu talaş örnekleri dağlanarak optik mikroskopta fotoğrafları çekilmiştir. Çekilen fotoğrafların bilgisayar ortamında Hmax (Maksimum talaş dilimi yüksekliği), Hmin (Minimum talaş dilimi yüksekliği), Sb (kayma bandı genişliği) ve Adım (Şekil 7.1) boyları ölçülerek tespit edilmiştir. Deneysel çalışma esnasında belirlenen kesme parametreleri ve kaplama çeşitleri sonucunda oluşan talaş formları incelenerek

karşılaştırılmıştır. Belirlenen kesme parametrelerinin ve kaplama türlerinin oluşan talaş şekline ne gibi etkileri olduğu karşılaştırma sonrasında ortaya çıkmıştır.



**Şekil 6.3** Optik Mikroskop ta fotoğrafı çekilen talaş formu üzerinden alınan ölçüler.

## 6.6 Kesme Deneylerinin Yapılması

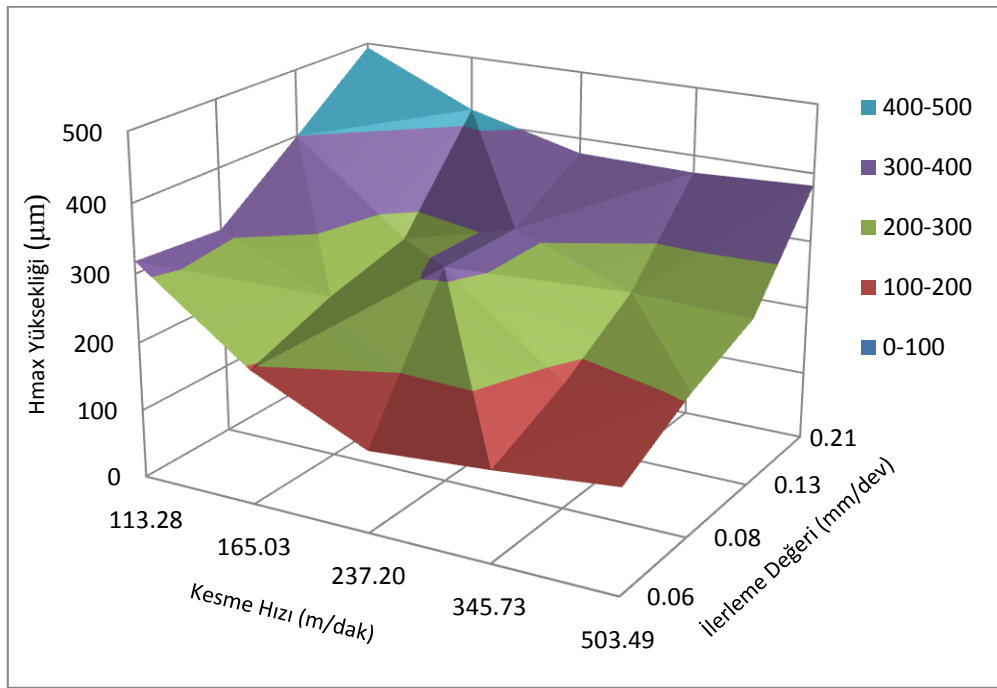
Deneyler, kesme derinliği sabit tutularak her bir deney sonrasında ilerleme ve her 5 deney sonrasında da kesme hızının değiştirilmesi suretiyle gerçekleştirilmiştir. Deneylerde soğutma sıvısı kullanılmamıştır. Her bir deney için yeni bir kesici uç kullanılmıştır. Deneylerde iş parçası malzemesine yaklaşık 5 mm boyuna tornalama uygulanmıştır. Tornalama sonrası numuneler deney numarası verilerek muhafaza altına alınmıştır.

## 7. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA

AISI 316L paslanmaz çelik boru malzemesinin torna tezgâhında işlenmesi ve mikro yapı analizleri sonucunda ortaya çıkan sonuçlar başlıklar altında incelenmiştir.

### 7.1. Kesme Parametrelerinin Hmax Üzerine Etkilerinin İncelenmesi

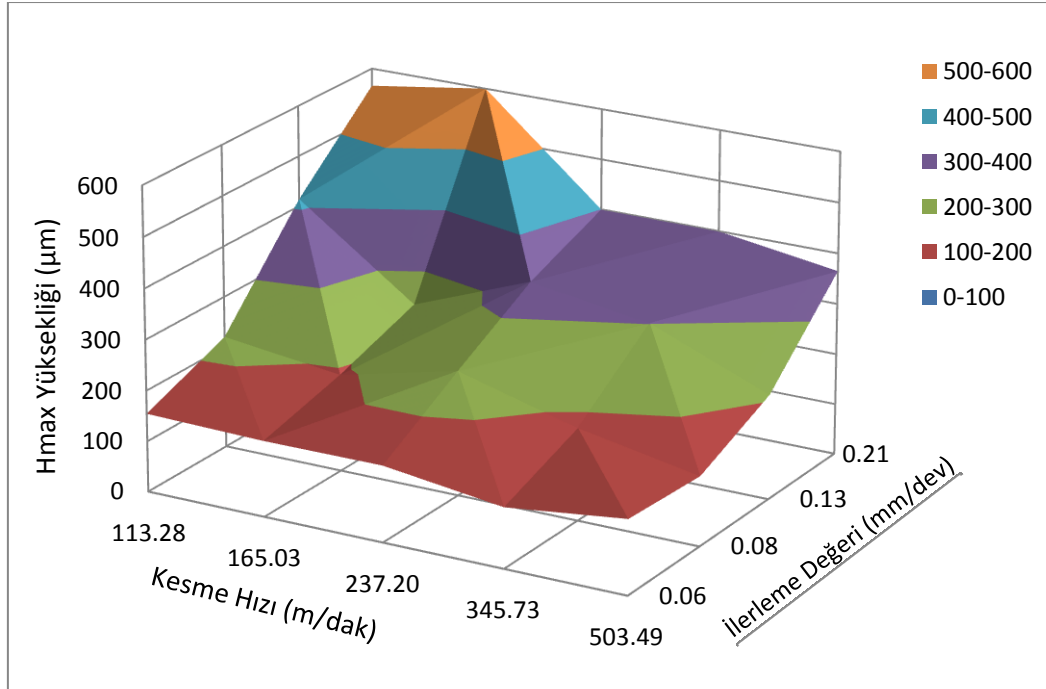
Deneysel çalışmalar neticesinde, kullanılan beş farklı kesme hızı ve dört farklı ilerleme hızı için kaplamasız kesici takım ile 2 mm talaş derinliğinde yapılan ortagonal kesme işlemi ile elde edilen talaşa ait (Hmax) ölçülerinin değişimi Şekil 7.1’de verilmiştir. Grafikten de açıkça görüldüğü gibi, artan ilerleme ve kesme hızı değerlerine bağlı olarak talaş boyutlarında değişimler olmaktadır.



Şekil 7.1 Kaplamasız kesici takım için kesme hızı ve ilerleme değerlerine bağlı olarak Hmax değişimi.

İlerleme değerinin artması birim zamanda kaldırılan talaş kesitinin hacimsel olarak artmasına neden olduğundan maksimum talaş yüksekliği artmıştır. Kesme hızının artmasıyla birlikte birinci deformasyon bölgesindeki kesme sıcaklığı artmakta ve kesme bölgesinde termal yumuşama meydana gelmektedir. Bu da talaş boyutlarının azalmasına

neden olmaktadır.  $V=237,2$  m/dak kesme hızında,  $f=0,06$  mm/dev ile  $f=0,08$  mm/dev ilerleme değerlerinde yapılan kesme işlemlerinde maksimum talaş boyutu  $118,36 \mu\text{m}$ 'dan  $314,37 \mu\text{m}$  çıktığı görülmüştür. Ancak  $f=0,13$  mm/dev ilerleme değerine geçildiğinde maksimum talaş yüksekliğinin değişmediği gözlemlenmiştir. Bu veriler dikkate alındığında,  $V=237,2$  m/dak kesme hızı için  $f=0,08$  mm/dev ilerleme değerinden sonra ilerlemenin artması maksimum talaş yüksekliğinde çok fazla bir değişikliğe neden olmamaktadır. Kesme hızının artması ile şekillendirme hızını da artmaktadır. Bu da talaşın daha çok kıvrılması anlamına gelmektedir. Bundan dolayı kesme hızının artması  $H_{\text{max}}$  boyunun azalmasına neden olmaktadır.



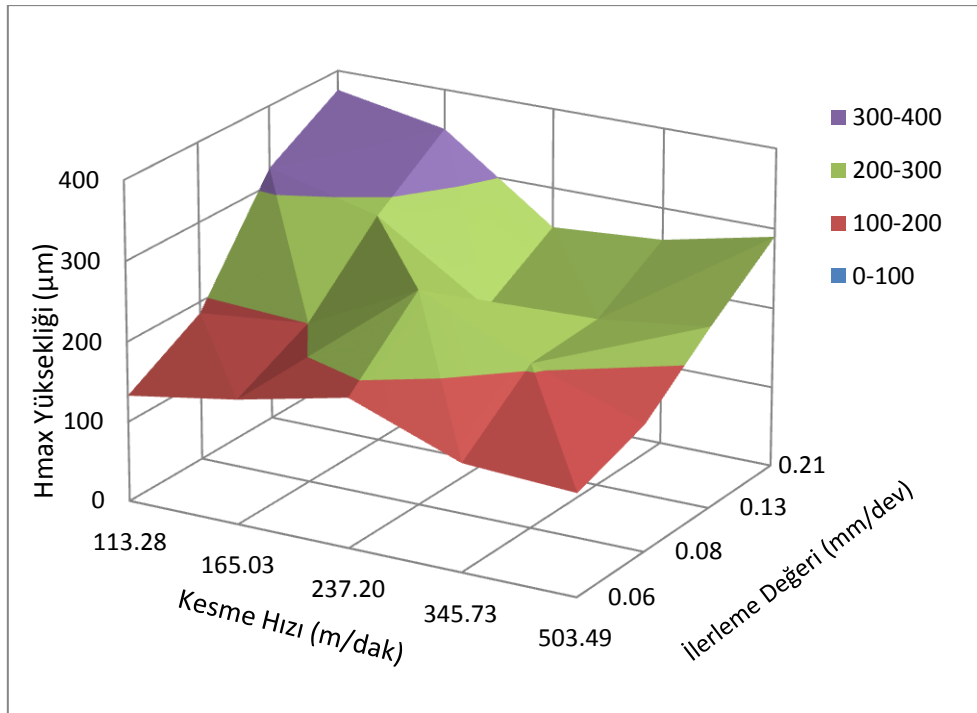
**Şekil 7.2** AlCrN kaplamalı kesici takım için kesme hızı ve ilerleme değerlerine bağlı olarak  $H_{\text{max}}$  değişimi.

Şekil 7.2 incelendiğinde, ilerleme değerinin artması ile maksimum talaş yüksekliği de artmıştır. Kesme hızının artmasıyla birlikte maksimum talaş boyunda azalma görülmüştür.  $V=165,03$  m/dak kesme hızı ve  $f=0,21$  mm/dev ilerleme değerinde maksimum talaş yüksekliği en büyük değerini almıştır. Kesme hızı  $V=237,2$  m/dak olduğunda maksimum talaş yüksekliğinde ani bir azalma görülmüştür. Daha sonra

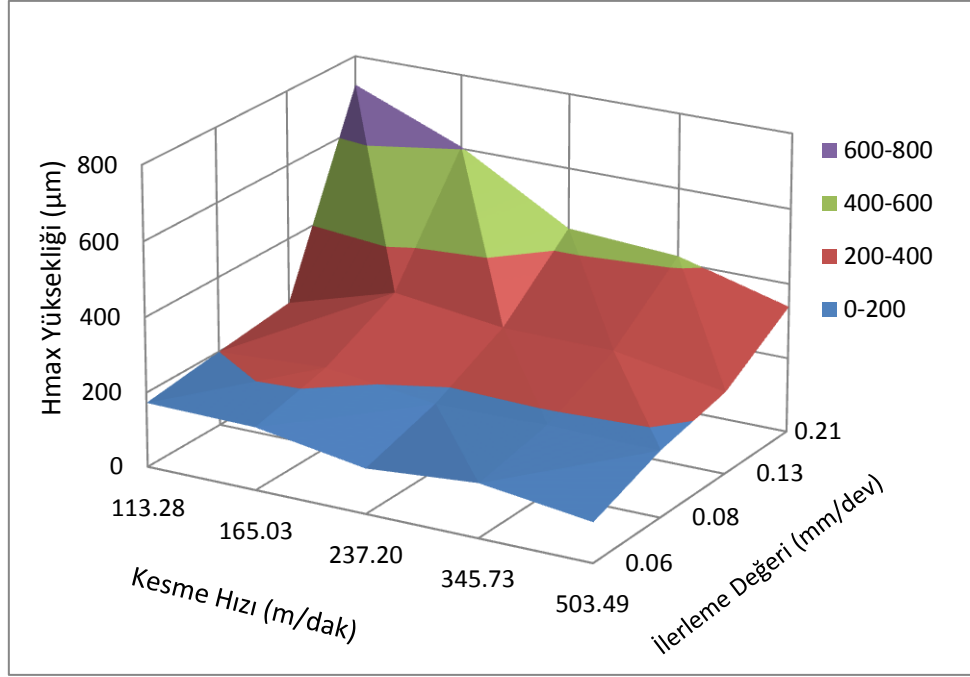


kesme hızını arttıkça maksimum talaş yüksekliğinde azalma yönünde bir değişim oluşmuştur.

Şekil 7.1 ve Şekil 7.2 beraber değerlendirildiğinde AlCrN kaplamalı kesici takımda düşük kesme hızı ( $V \leq 165,03$  m/dak) ve yüksek ilerleme değerlerinde ( $f > 0,13$  mm/dev), Hmax değerinin kaplamasız kesici takımda daha büyük olduğunu görmek mümkün. Fakat artan kesme hızı ve azalan ilerlemeyle birlikte Hmax değerinde ciddi bir düşüş gözlenmektedir. Benzer bir durum TiN kaplamalı kesici takımda da görülmektedir (Şekil 7.4). Şekil 7.3 incelendiğinde  $f=0,21$  mm/dev ilerleme değerinde,  $V=113,28$  m/dak ve  $V=237,2$  m/dak kesme hızları arasında maksimum talaş yüksekliği artış gösterirken,  $V=237,2$  m/dak ile  $V=503,49$  m/dak kesme hızları arasında azalma görülmüştür. Bütün ilerleme değerleri için benzer durumlar gözlemlenmiştir. Ancak ilerleme değerinin düşük olduğu kesme işlemlerinde maksimum talaş yüksekliği daha az yükselme ve azalma eğilimi göstermiştir.



**Şekil 7.3** AlTiN kaplamalı kesici takım için kesme hızı ve ilerleme değerlerine bağlı olarak Hmax değişimi.

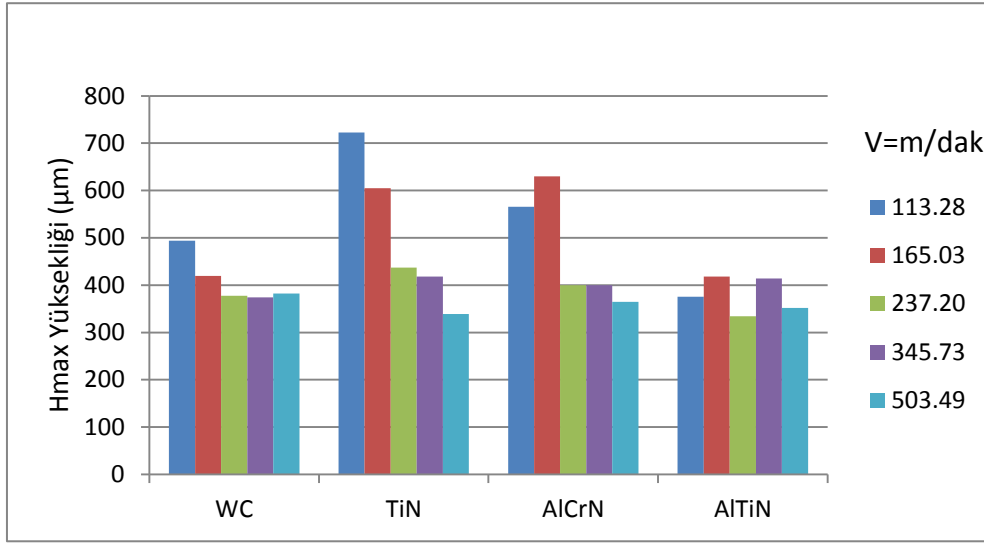


**Şekil 7.4** TiN kaplamalı kesici takım için kesme hızı ve ilerleme değerlerine bağlı olarak Hmax değişimi.

Şekil 7.2, 7.3 ve 7.4 beraber değerlendirildiğinde testere talaş oluşumunda genel bir kanaate varmak mümkündür. Düşük kesme hızında talaşın şekillendirme hızı da düşük seviyelerde kalmakta ve talaş, kesme bölgesini daha geç terk etmektedir. Kesme hızının düşük olması durumunda kesme bölgesinde meydana gelen ısının talaşa transferi daha kolay olmaktadır. Böylece talaşın sıcaklığı artmakta ve termal yumuşama denilen durum meydana gelmektedir. Termal yumuşamanın etkisiyle talaş daha kolay deforme olduğundan talaşın Hmax yüksekliği de maksimum değerini alabilmektedir. Artan kesme hızı talaşın şekillendirme hızının da artmasına neden olur ve talaş kesme bölgesini daha hızlı terk eder. Böylece talaşa geçen ısı miktarı azalır. Talaştaki termal yumuşama daha dar bir bölgede (genellikle kayma bandında) gerçekleşir. Bu da oluşan testere talaşın, Hmax yüksekliğinin azalmasına neden olduğu düşünülmektedir.

Bütün kaplama türleri ve kesme hızları için yapılan deney sonuçları incelendiğinde (Şekil 7.5), tüm kaplama türleri için kesme hızı arttıkça maksimum talaş yüksekliği azalmaktadır. Tüm kaplama türleri içerisinde maksimum talaş yüksekliğinin genelde en fazla olduğu kaplama türü TiN, en az olduğu kaplama türü ise AlTiN'dür. Şekil 7.5 te dikkati çeken iki kaplama ön plana çıkmaktadır. Bunlar; TiN ve AlCrN'dür. Çünkü bu

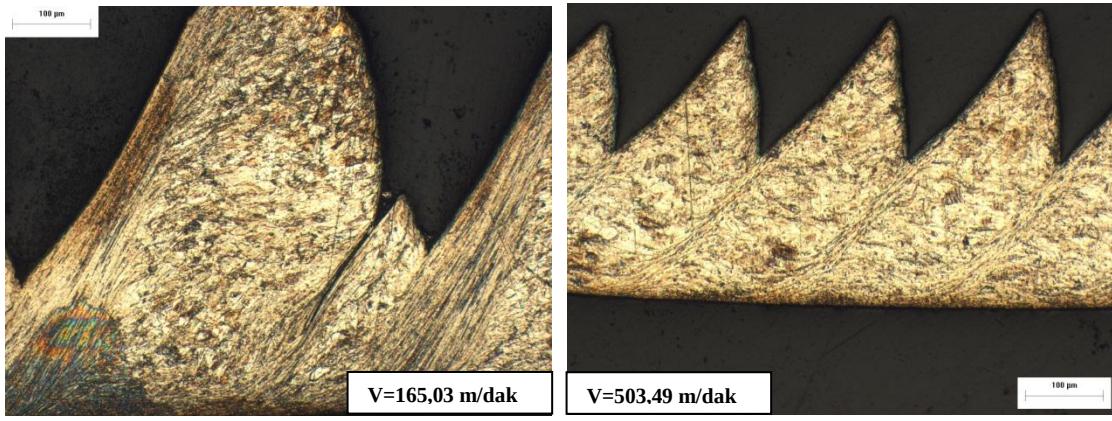
iki kaplama türünde, kesme hızının artışına bağlı olarak elde edilen Hmax değerleri önemli bir düşüş göstermektedir.



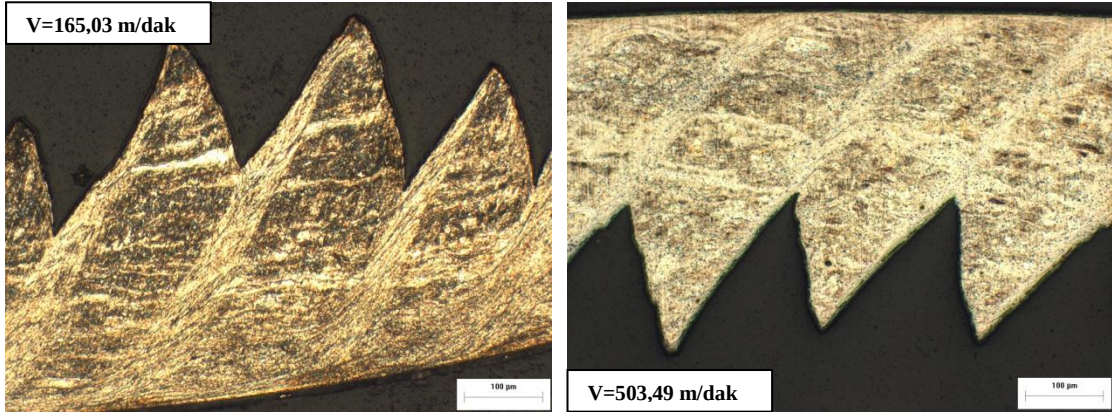
**Şekil 7.5** İlerleme değeri  $f=0,21$  mm/dev olduğu durum için kesme hızı ve kaplama türlerine bağlı olarak Hmax değişimi.

$V=165$ m/dak. kesme hızı değeri bir eşik değer olarak düşünülebilir. Çünkü  $V=165$ m/dak değerleri için elde edilen Hmax değerleri tüm kesici türleri için benzer bir durum sergilemiştir. Oysaki  $V=113$  ve  $165$ m/dak olan kesme hızlarında Hmax değerleri gözle görünür şekilde yüksektir. Bu iki kaplama türü için elde edilen talaşlara ait mikro yapı fotoğrafları Şekil 7.6 ve Şekil 7.7’de verilmektedir. Bu şekillerden de görüleceği üzere AlCrN kaplamalı takımdan elde edilen talaşın Hmax ile Hmin arasındaki fark AlTiN kaplamalı takıma nazaran daha büyüktür. Şekil 7.5’den de görüldüğü üzere yüksek kesme hızlarında ( $\geq 237,20$  m/dak) kaplama türünün Hmax değeri üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı söylemek mümkündür. Bunun da nedeni artan kesme hızıyla, takım talaş arayüzündeki kesme sıcaklığı da artmaktadır. Kesme sıcaklığı, kaplamanın oksidasyon sıcaklığını ulaştığında, kaplama kararlılığını yitirmekte ve bunun sonucunda takım talaş arayüzündeki sürtünme katsayısı düşmektedir. Buna dair yapılan bazı çalışmalarda sıcaklığın artması ile birlikte kaplama ile diğer malzeme arasındaki sürtünme katsayısının önemli oranda azaldığı vurgulanmıştır. 316L paslanmaz çeliğin ortagonal şartlarda tornalanması sırasında meydana gelen kesme sıcaklığını tespit etmeye yönelik yapılan bir çalışmada, takım talaş arayüzündeki sıcaklığın  $V=100$  m/dak ve  $f=0,2$  mm/dev için yaklaşık  $1000$  °C derece olduğu ifade

edilmiştir (J.C. Outeiro et all, 2006). Bu noktadan hareketle çalışmada kullanılan minimum kesme hızının 113,28 m/dak olduğu düşünüldüğünde, takım talaş arayüzeyindeki sıcaklık artan kesme hızıyla 1000 °C'nin de üzerine çıktığı söylenebilir. Kullanılan kaplama malzemelerinin yaklaşık oksidasyon sıcaklıkları ise maksimum 1100 °C olduğu firma kataloğundan tespit edilmiştir. Bu şartlar altında yapılan bütün deneylerde takım talaş arayüzeyindeki sıcaklığının, oksidasyon sıcaklığını geçtiği için sürtünme katsayısı azalmış ve bunun neticesinde Hmax değerleri de düşmüştür. Bu durumun en net gözlemlendiği iki kaplama türü AlCrN ve TiN'dür (Şekil 7.5).



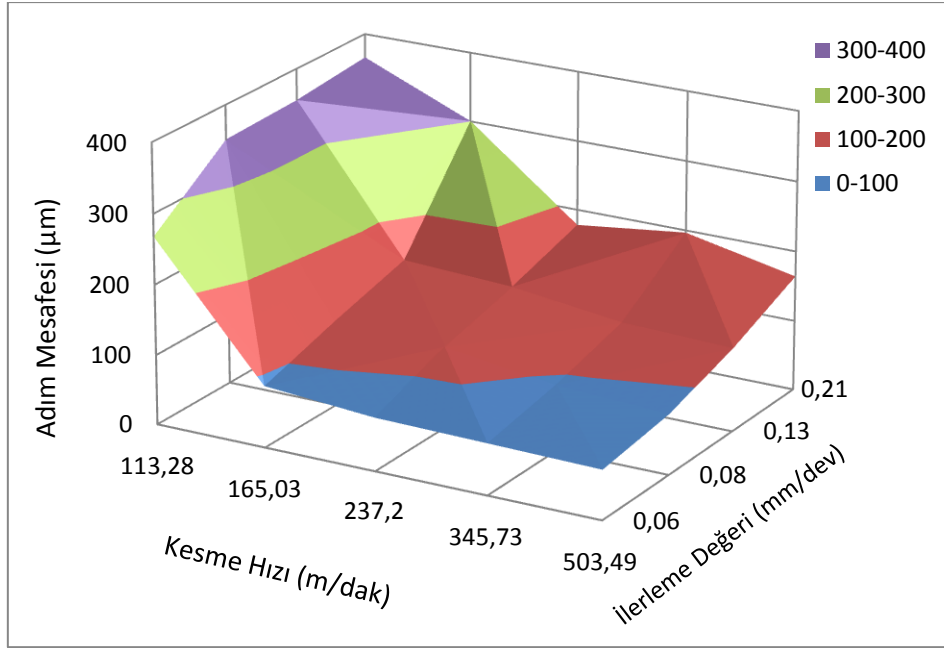
Şekil 7.6  $f=0,21$  mm/dev için AlCrN Kaplamalı kesici takım ile elde edilen talaşa ait mikro yapı fotoğrafı.



Şekil 7.7  $f=0,21$  mm/dev için AlTiN Kaplamalı kesici takım ile elde edilen talaşa ait mikro yapı fotoğrafı.

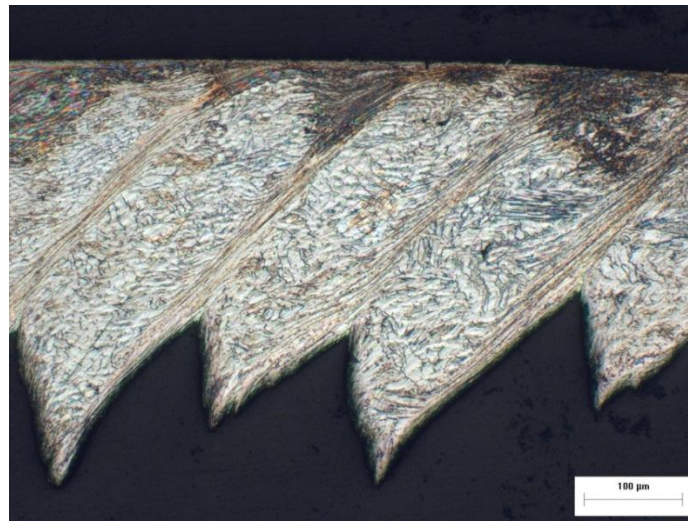
## 7.2. Kesme Parametrelerinin Adım Üzerine Etkilerinin İncelenmesi

Farklı kesme hızları ve ilerleme değerleri için yapılan deneyler sonucunda, mikroskop aracılığıyla çekilen fotoğraflar incelendiğinde (Şekil 7.9), iki segmentin tepe noktaları arasındaki mesafe adım olarak adlandırılmıştır.



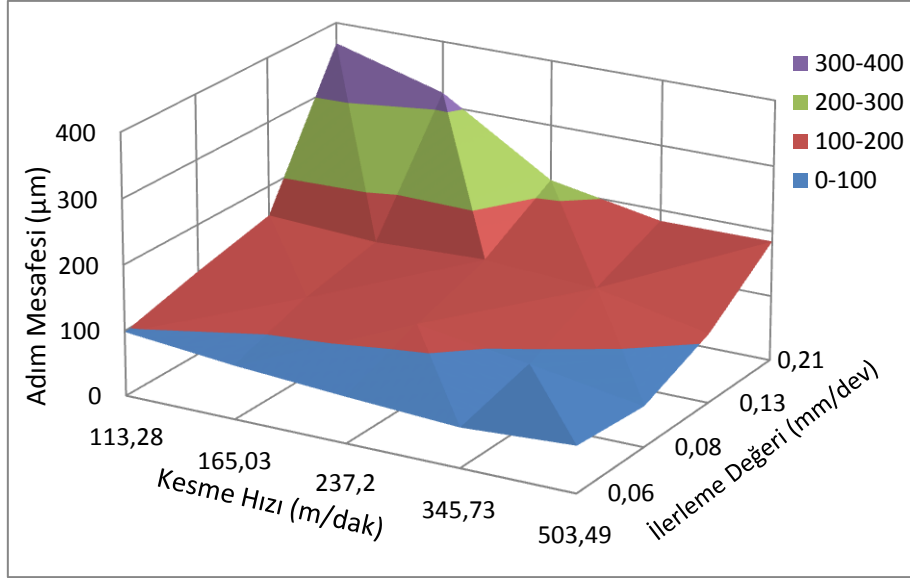
**Şekil 7.8** Kaplamasız (WC) kesici takım için kesme hızı ve ilerleme değerlerine bağlı olarak Adım mesafesinin değişimi.

Şekil 7.8’de kaplamasız her bir takım için elde edilen adım değerlerinin kesme hızı ve ilerlemeyle değişimi verilmiştir. Artan kesme hızı talaş şekillendirme hızının artmasına bunun neticesinde birim zamanda oluşan segment sayısı artmaktadır. Segment sayısı arttığından segmentler arasındaki mesafe de azalmaktadır. Artan ilerleme değeri adım’ın bir miktar artmasına katkıda bulunmuşsa da bu artış kesme hızı kadar değildir.



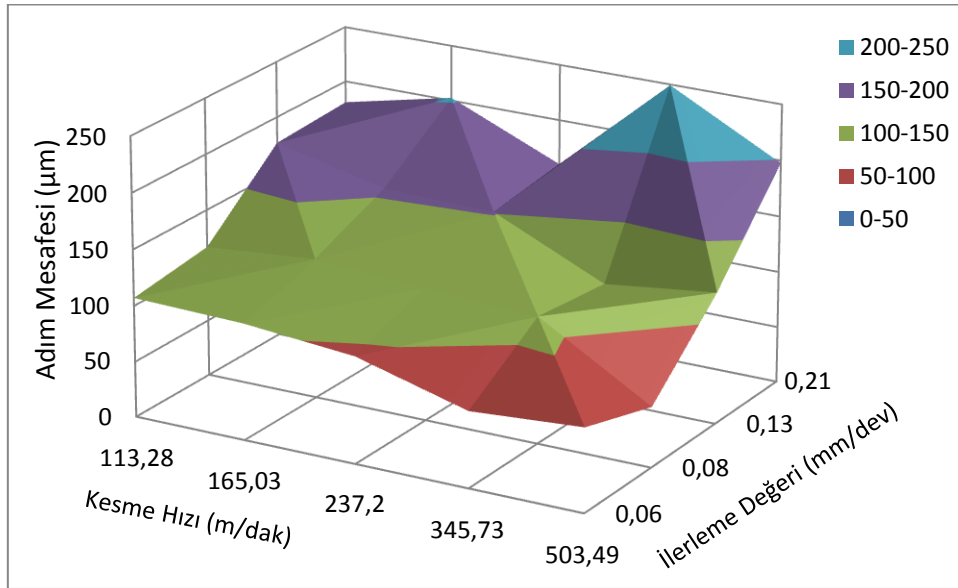
**Şekil 7.9** AlCrN kaplamalı kesici takım ile oluşan talaş formu ( $V=345,73$  m/dak,  $f=0,21$  mm/dev).





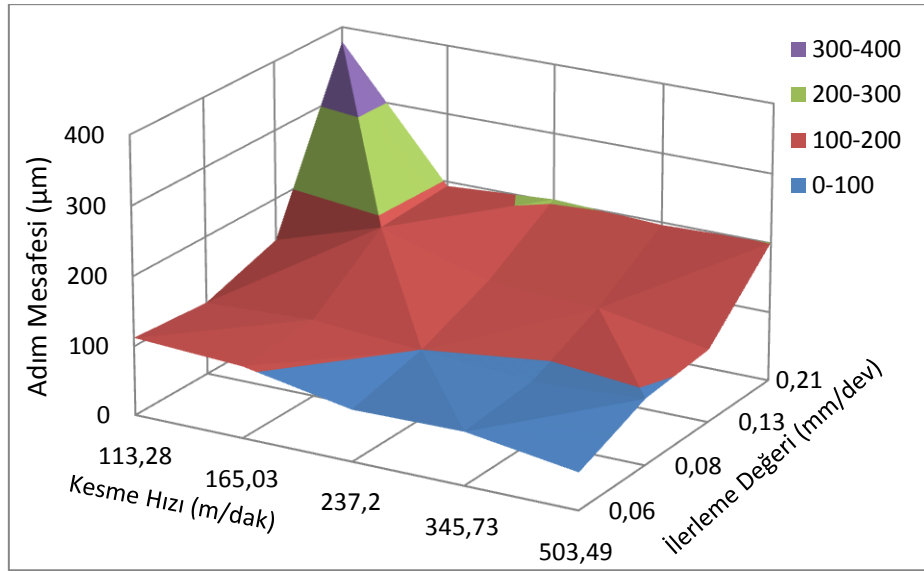
**Şekil 7.10** AlCrN kaplamalı kesici takım için kesme hızı ve ilerleme değerlerine bağlı olarak adım mesafesinin değişimi.

AlCrN kaplamalı kesici takım için yapılan deneyler neticesinde oluşturulan Şekil 7.10 incelendiğinde, bütün kesme hızı değerleri için AlCrN kaplı kesici takım  $f=0,13$  mm/dev ilerleme değerine kadar adım mesafesi pek değişiklik göstermemiştir. Fakat ilerleme değeri  $f=0,21$  mm/dev’de yapılan kesme işlemleri için adım mesafesi tüm kesme hızlarında ani bir artış göstermiştir. Bunun sebebi ilerleme değerlerine bakıldığında ilk üç ilerleme değeri arasındaki artış oranından, dördüncü ilerleme değeri  $f=0,21$  mm/dev arasındaki artış oranının daha fazla olmasıdır.

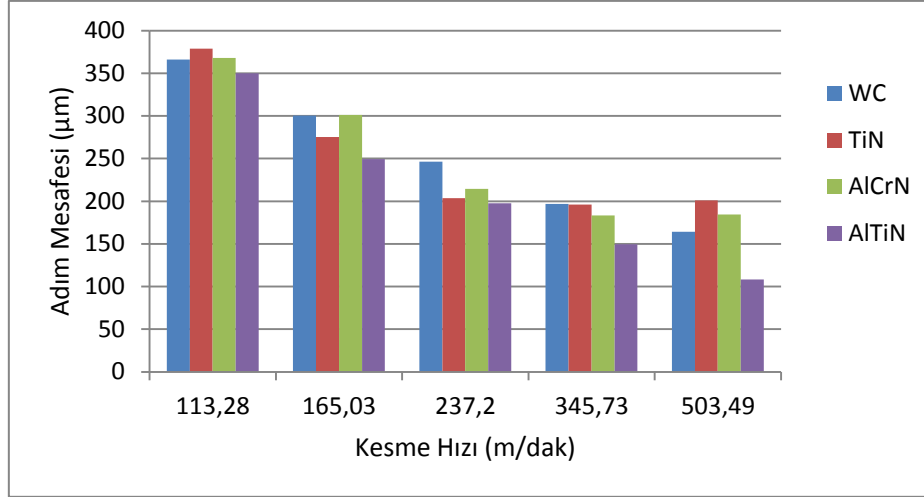


**Şekil 7.11** AlTiN kaplamalı kesici takım için kesme hızı ve ilerleme değerlerine bağlı olarak Adım mesafesinin değişimi.

Şekil 7.11 ve Şekil 7.12 incelendiğinde kesme hızları arttıkça adım mesafeleri arasında bir azalma meydana gelmektedir. AlTiN kaplamalı kesici takım ile yapılan deneyler sonucunda kesme hızı arttıkça adım mesafeleri arasında değişiklik TiN kaplamalı kesici takıma oranla daha düzensiz olduğu gözlemlenmiştir. Her iki Kesici takım içinde  $f=0,21$  mm/dev ilerleme değerinde yapılan deneyler için adım mesafelerinde ani iniş ve çıkışlar yaşanmıştır. TiN kaplamalı kesici takımda  $V=113,28$  kesme hızı ve  $f=0,21$  mm/dev ilerleme değerinde adım mesafesi diğer takımlar arasındaki en yüksek değerine ulaşmıştır. Fakat kesme hızının artması ile adım mesafesinde ani bir düşüş yaşanmış ve daha sonra ki kesme hızı artışlarında daha düzenli bir eğilim göstermiştir. AlTiN kaplamalı kesici takımda ise  $V=237,2$  kesme hızında  $f=0,21$  mm/dev ilerleme değerinde, adım mesafesinde ani bir düşüş yaşanmış ardından tekrardan bir yükseliş eğilimine girmiştir. Kesme hızı arttıkça, sıcaklığın artması ile birlikte birim zamanda oluşan talaş miktarının artması, segmentlerin daha çabuk ve birbirine daha yakın olmasına sebebiyet vermektedir. Segmentlerin birbirine yakın olmasında adım mesafeleri küçültülmektedir.



Şekil 7.12 TiN kaplamalı kesici takım için kesme hızı ve ilerleme değerlerine bağlı olarak Adım mesafesinin değişimi.



**Şekil 7.13** İlerleme değeri 0,21 mm/dev olduğu durum için kesme hızı ve kaplama türlerine bağlı olarak segmentler arası (Adım) mesafe değişimi.

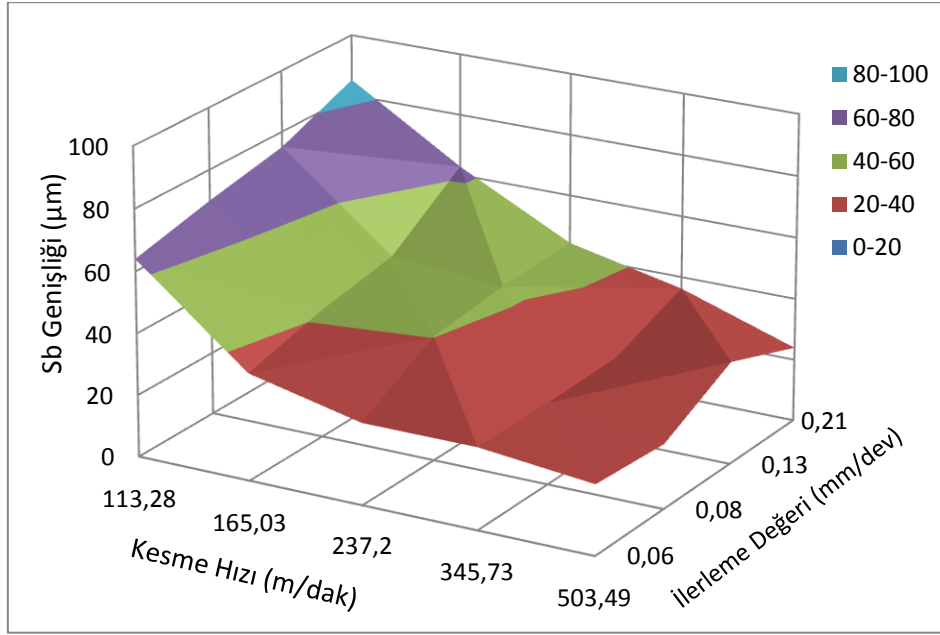
Şekil 7.13 incelendiğinde kesme hızının artması ile adım mesafesinin düştüğü grafikten de anlaşılmaktadır. Bütün kesme hızlarında en büyük adım mesafesi kaplama türlerine göre değişiklik gösterirken, en düşük adım mesafesi bütün kesme hızları için AlTiN kaplamalı kesici takımında gerçekleşmiştir. Artan kesme hızıyla birlikte birim zamanda oluşan talaş miktarı artacağı için, birim zamanda oluşan segment sayısı da artacaktır. Buda adım mesafesinin kısılmasına sebebiyet vermiştir. En yüksek adım mesafesi genel olarak TiN kaplamalı kesici takım ile yapılan deneylerde gerçekleşmiştir.

### 7.3 Kesme Parametrelerinin Kayma Bandı Üzerindeki Etkisi

Kayma bandı oluşumu, kesme hızı ve ilerleme değerinin değişimi ile değişmektedir. Yapılan bazı çalışmalarda belirtildiği üzere artan kesme hızıyla birlikte kayma bandı genişliği azalmaktadır. Bu çalışmada da elde edilen genel eğilim o yöndedir. Şekil 7.15’de en düşük kesme hızı ve en yüksek ilerleme değeri için Sb gösterilmiştir, şekil 7.16’de ise en yüksek kesme hızı ve en yüksek ilerleme değeri için Sb görünümü verilmiştir. İki fotoğraftan da anlaşılabileceği üzere kesme hızı arttıkça Sb genişliği daralmıştır. Bunun iki nedeni olduğu düşünülmektedir. Bunlar; artan kesme hızıyla birlikte artan şekil değiştirme hızı ve talaşa geçen ısı miktarıdır. Şekil değiştirme hızının artması birim zamanda oluşan segment sayısının artmasına neden olmaktadır. Bu da her bir segment arasında bir sınır görevi gören kayma bandının daralması anlamına gelmektedir. Bir anlamda ardışık oluşan segmentlerin daha hızlı şekillenmesi kayma



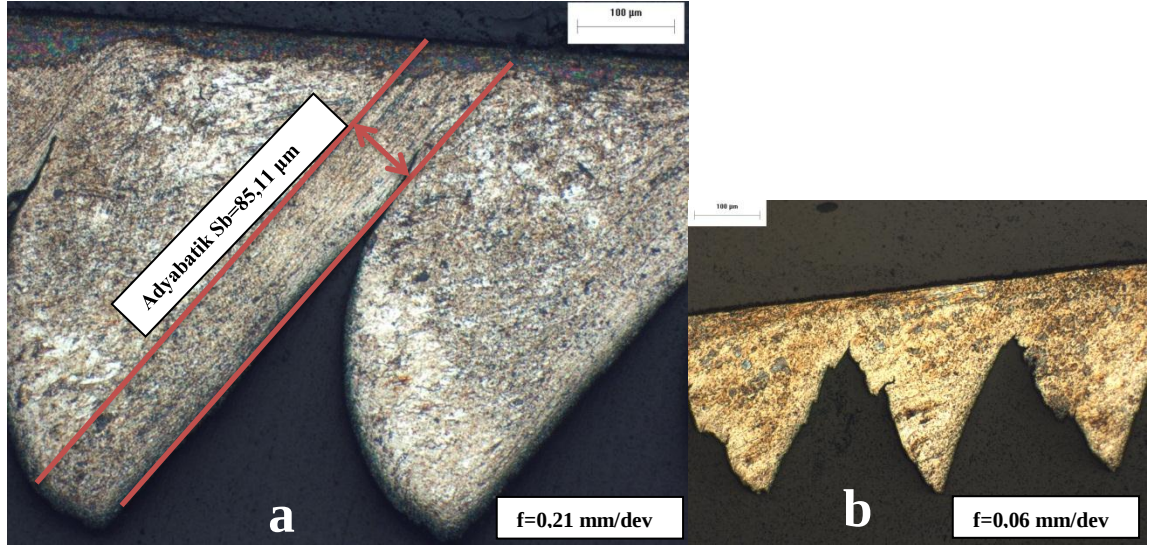
bandlarının genişlemişini engellemektedir. Artan kesme hızıyla birlikte kesme sıcaklığı da artar. Bunun neticesinde talaşa geçen ısı miktarı da artacaktır. Kesme bölgesindeki artan sıcaklık talaşın termal yumuşamasına olumlu katkıda bulunacak ve talaş daha hamurumsu davranacaktır. Bu da birbiri üzerinde kayarak şekillenen segmentlerin daha dar bir kayma alanında daha hızlı oluşması anlamına gelmektedir.



**Şekil 7.14** Kaplamasız (WC) kesici takım için kesme hızı ve ilerleme değerlerine bağlı olarak Sb (kayma Bandı) değişimi.

Şekil 7.15 ve Şekil 7.16’de dikkat çeken bir diğer unsur ise elde edilen talaş uç geometrileridir. Düşük kesme hızında her bir segmentin tepe geometrisi kavisli iken yüksek kesme hızında her bir segment daha keskin bir tepe geometrisine sahiptir. Bunun üç temel nedeni olabilir. Bunlar içerisinde öne çıkan kesme hızına bağlı olarak sıcaklığın artması ve bunun neticesinde talaşın daha kolay şekillenmesi (termal yumuşama). İkinci neden ise sıcaklığa bağlı olarak kayma bandı genişliğinin artan kesme hızıyla azalmasıdır. Daha büyük kayma bandı genişliği talaş segmentinin daha yavaş oluşmasına sebebiyet verdiği için yarım ay şeklinde bir form olarak oluşmaktadır. Üçüncü bir ihtimal ise; Şekil 7.15-a’da ki gibi yüksek ilerleme değerinde talaş kesiti arttığından ve kesme sıcaklığı düşük olduğundan kayma bölgesini terk eden yüzey daha yavaş şekillenmektedir. Bu da segmentin geometrisini etkilemektedir. Aynı şartlarda

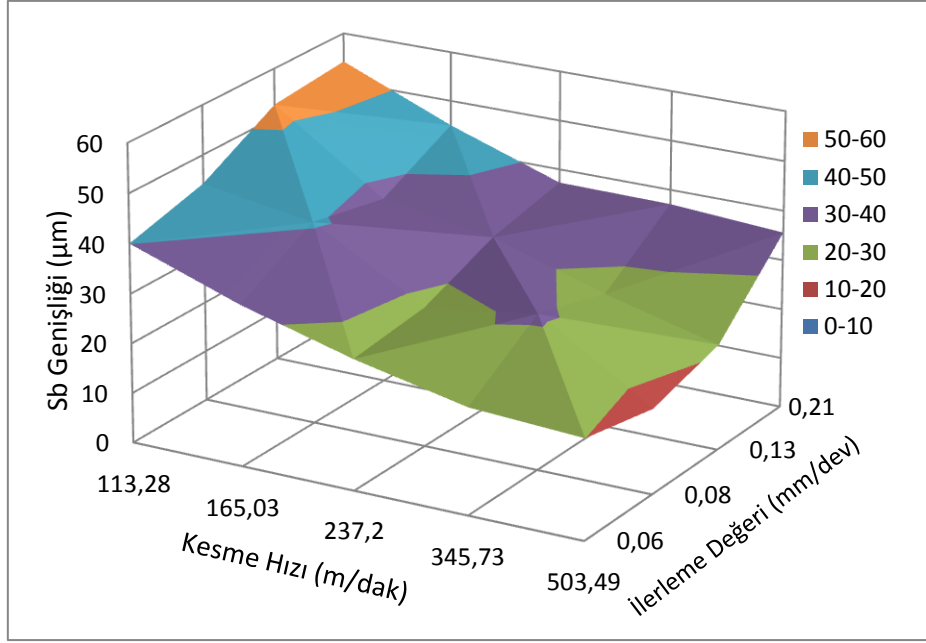
sadece ilerlemenin değiştiği durumda talaş kesiti azaldığında kesme sıcaklığı tđm talaşa daha kolay nđfuz edecek ve tam testere formunda talaş oluşacaktır (şekil 7.15-b).



şekil 7.15 Kaplamasız (WC) kesici takım için  $V=113,28 \text{ m/dak}$  kesme hızı ve ilerleme değerlerine bağlı olarak Sb değerimi.



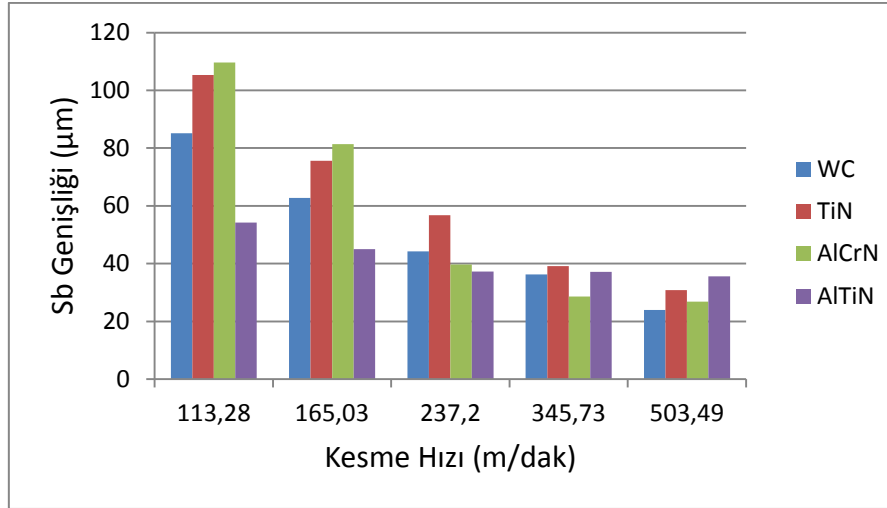
şekil 7.16 Kaplamasız (WC) kesici takım için a)  $V=503,49 \text{ m/dak}$  kesme hızı ve ilerleme değerlerine bağlı olarak Sb değerimi b) Talaşta kaymaya maruz kalan bđlgeler.



**Şekil 7.17** AlTiN kaplamalı kesici takım için kesme hızı ve ilerleme değerlerine bağlı olarak Sb (Kayma Bandı) değişimi.

Şekil 7.17’de AlTiN kaplamalı kesici takım ile yapılan deneyler sonucunda, diğer kesici takımlarda görüldüğü gibi ilerleme değeri arttıkça Sb genişliği artmaktadır. Kesme hızının artmasıyla şekil değiştirme hızı artmakta ve bunun sonucunda kayma bandı genişliği azalmaktadır. AlTiN kaplamalı kesici takımın diğer kesici takımlarla birlikte değerlendirildiğinde  $V=113,8$  m/dak kesme hızında Sb genişliği minimum iken,  $V=503,49$  m/dak kesme hızında ise maksimum Sb genişliği elde edilmiştir (Şekil 7.18). Kesici takımlar birbirleriyle kıyaslandığında, kesme hızına bağlı değişimin minimum olduğu kaplama türünün AlTiN olduğu gözlemlenmiştir.

Bütün kaplama türleri için kesme hızı arttıkça kayma bandı mesafesi azalmıştır (Şekil 7.18). AlTiN kaplamalı kesici takım ile yapılan kesme işleminde oluşan Sb mesafesi artan kesme hızıyla çokta değişmediği söylenebilir. Şekil 7.5 te gözlemlenen durumun bir benzerini de burada görmek mümkün. Şöyle ki  $V \leq 165$  m/dak için tüm kesici takımlarda elde edilen kayma bandı genişliğinin değişimi benzer bir seyir izlemektedir.  $V > 165$  m/dak. kesme hızlarında, kaplama türünün kayma bandı genişliği üzerinde belirleyici bir etkisinin olmadığı söylenebilir.



**Şekil 7.18** İlerleme değeri 0,21 mm/dev olduğu durum için kesme hızı ve kaplama türlerine bağlı olarak Kayma Bandı (Sb) genişlik değişimi.

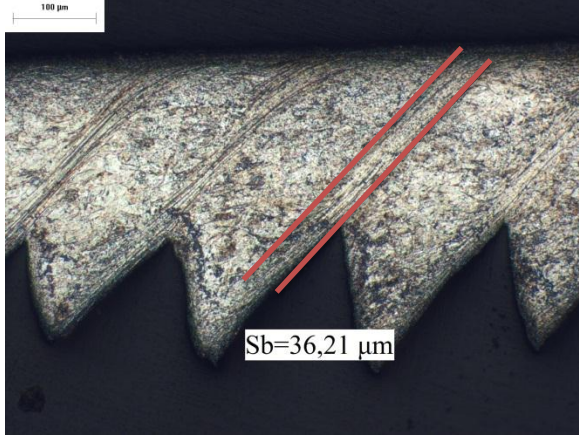
Bütün kaplama türleri için kesme hızı arttıkça Sb mesafesi azalmıştır (Şekil 7.18). AlTiN kaplamalı kesici takım ile yapılan kesme işleminde oluşan Sb mesafesi çok fazla değişiklik göstermemiştir. En kararlı eğilim gösteren takımlar TiN kaplamalı ve kaplamasız kesici takımlardır. Bu durum şöyle açıklanabilir kaplamasız kesici takım için kesme esnasında oluşan sıcaklık, diğer kesici takımlara oranla daha fazla kesici takıma geçmiş olması şeklinde düşünülebilir. TiN kaplamalı kesici takımda ise kaplama termal bir bariyer görevi gördüğünden talaşa geçen sıcaklık daha fazla olduğu düşünülebilir. Bu da kayma bandının sıcaklığının artmasına ve daha kolay oluşmasına sebep olmaktadır.

#### 7.4 Kaplama Türünün Talaş Şekli Üzerine Etkilerinin İncelenmesi

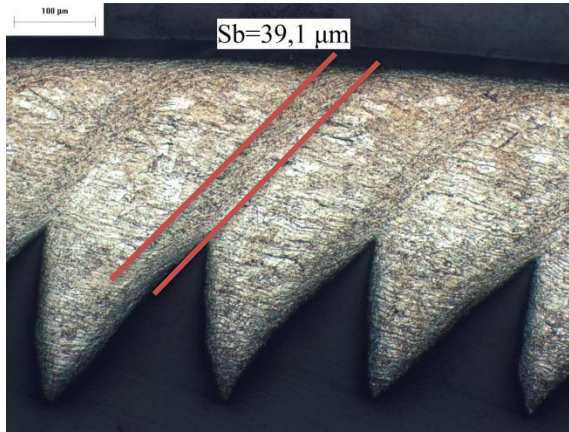
Kesme hızı ve ilerleme değeri  $f=0,21$  mm/dev sabit tutularak kaplamanın talaş formu üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Şekil 7.19, 7.20, 7.21 ve 7.22’de,  $V=345,73$  m/dak kesme hızında ve  $f=0,21$  mm/dev ilerleme değerinde, farklı kaplama türlerine sahip kesici takımlar için oluşan talaş şekillerinin mikro ve makro fotoğrafları görülmektedir. Fotoğraflarda ilk dikkati çeken sadece kaplama türünün değişmesiyle makro bazda talaş şeklinin de önemli oranda etkilenmiş olmasıdır. Örneğin kaplamasız kesici takımdan elde edilen talaş daha helisel bir forma sahipken TiN ve AlCrN kaplı takımlarda elde edilen talaşların belirli bir formunun olduğunu söylemek zordur. AlTiN için elde edilen talaşta da nispeten helisel formun olduğunu söylemek mümkündür. Bir diğer ilginç



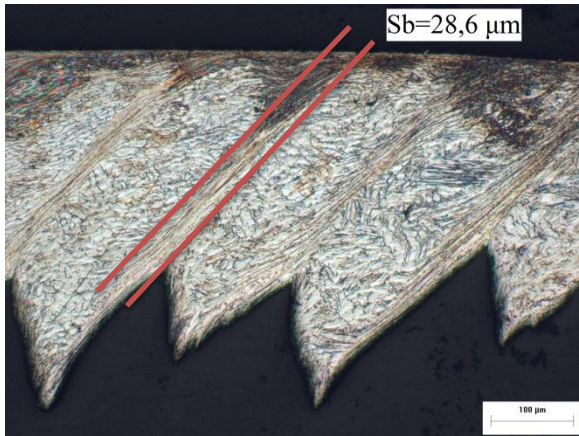
nokta ise; talaş kıvrılma yarıçapıdır. Kaplamasız takımda elde edilen talaşın kıvrılma yarıçapının minimum olduğu söylenebilir. Buna karşın AlCrN ve TiN kaplı takımlardan elde edilen talaş kıvrılma yarıçapı daha küçüktür.



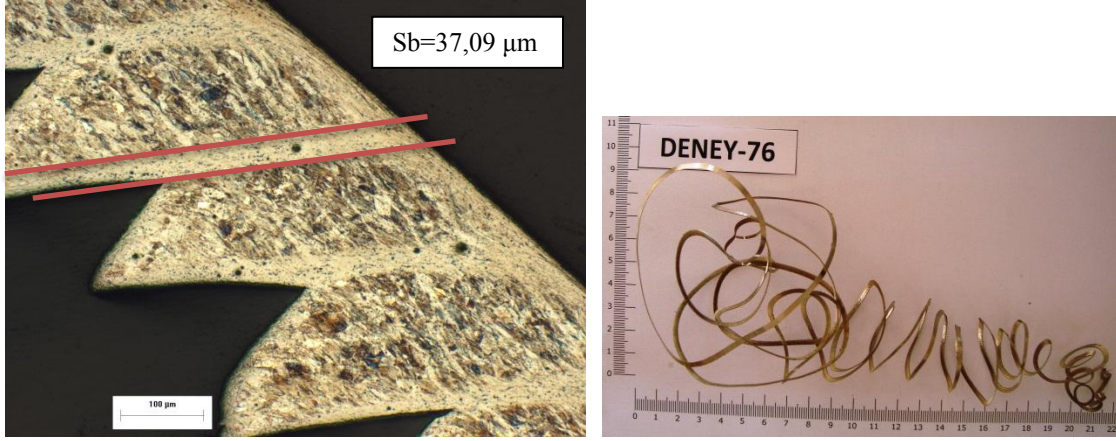
Şekil 7.19 Kaplamasız kesici takım ile oluşan talaşın mikro ve makro görüntüleri.



Şekil 7.20 TiN kaplamalı kesici takım ile oluşan talaşın mikro ve makro görüntüleri.

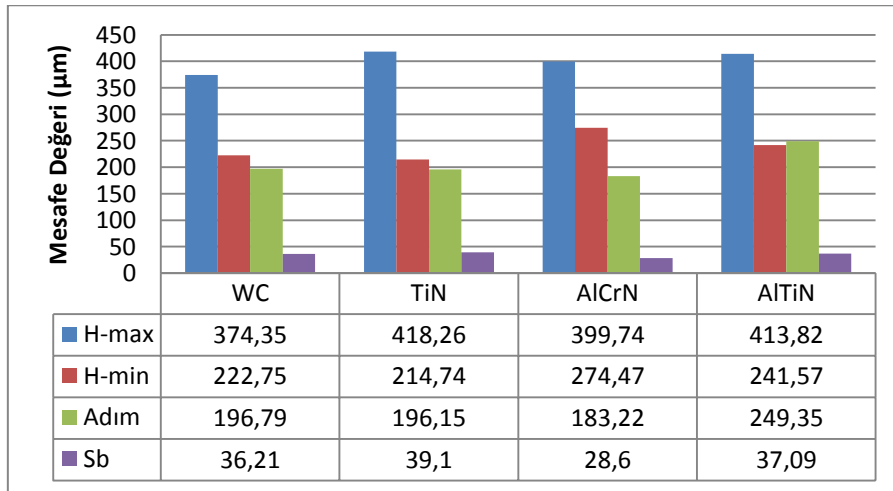


Şekil 7.21 AlCrN kaplamalı kesici takım ile oluşan talaşın mikro ve makro görüntüleri.



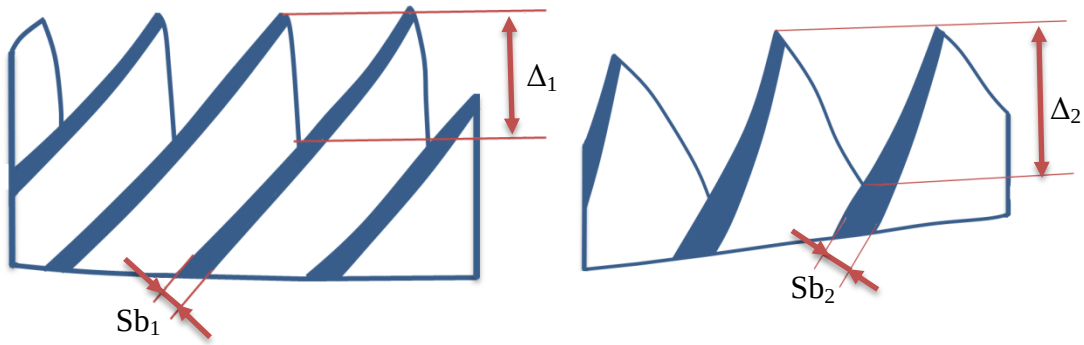
Şekil 7.22 AlTiN kaplamalı kesici takım ile oluşan talaşın mikro ve makro görüntüleri.

Şekil 7.23 de ise tüm kesici takımlar için sabit kesme hızı ve ilerleme değerinde talaş formuna ait Hmax, Hmin, Adım ve Sb değerleri birlikte verilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere Kaplama türü en çok Hmin değerini etkilemektedir. Bütün kesici takımlar için Sb genişliği hemen hemen aynı ölçüde iken AlCrN kaplamalı kesici takımında minimum değerini almıştır. Şekil 7.23 de dikkati çeken bir diğer unsurda Hmax ile Hmin arasındaki farktır ( $\Delta = H_{max} - H_{min}$ ). Bu değer en küçük olduğu kaplama türü de yine AlCrN olduğu grafik altında verilen değerlerden de görülmektedir. Talaşlara ait mikro yapı fotoğraflarından da bunu net olarak görmek mümkün (Bakınız Şekil 7.21).  $\Delta$  değerinin kayma bandı genişliğiyle de ilişkili olduğu düşünülmektedir. Şöyle ki kayma bandı genişliği ile  $\Delta$  arasında doğru orantı olabilir. Çünkü maksimum  $\Delta$  değerinin elde edildiği TiN takımında Sb değeri de maksimum değerdedir. Yine AlCrN için ise minimum  $\Delta$  değerine karşılık Sb değeri de minimum değer almıştır.



Şekil 7.23 V=345,73 m/dak sabit kesme ve f=0,21 mm/dev ilerleme hızında, kaplama türlerinin talaş boyutlarına etkileri.

Şekil 7.20, 7.21 ve 7.22 beraber değerlendirildiğinde kayma bandı genişliğinin  $H_{max}$  ve  $H_{min}$  değerlerini doğrudan etkilediği söylenilebilir. Bir anlamda daha ince olan kayma bandı, talaş segmentlerinin birbirine göre hareketlerini kısıtlamaktadır. Bunun sonucunda  $H_{max}$  ile  $H_{min}$  arasındaki fark azalmaktadır. Kayma bandı genişliğinin artmasıyla birlikte segmentlerin birbirine göre hareket miktarı da artmaktadır. Bunun sonucunda  $\Delta$  değeri artmakta ve her bir segmentin oluşumu tam olarak şekillenmektedir (Şekil 7.24).

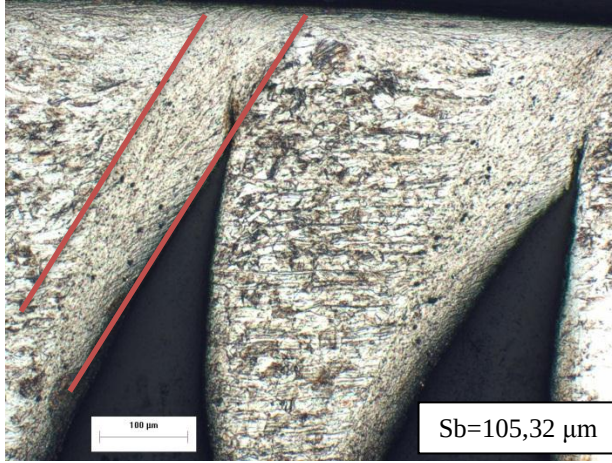


Şekil 7.24  $\Delta_1 < \Delta_2$  ise  $Sb_1 < Sb_2$

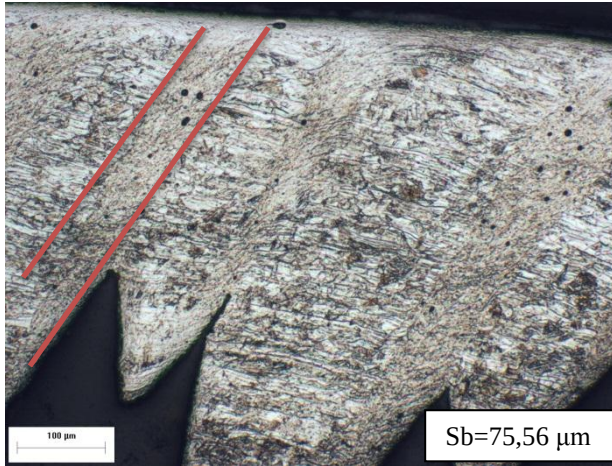
## 7.5 Kesme Hızının Talaş Şekli Üzerine Etkisi

Kesme hızının artması şekillendirme hızının artması anlamına gelmektedir. Kesme hızı arttıkça oluşan talaş daha düzensiz bir hal almaktadır. Kesme hızı  $V=503,49$  m/dak iken talaş formu en düzensiz halini almıştır. Buna karşın kesme hızı azaldıkça  $V=113,28$  m/dak iken talaş formu en düzenli halini almıştır. Bunun da sebebi kesme hızı arttıkça kesme esnasında oluşan sıcaklığında artmasından kaynaklandığı düşünülebilir. Talaş kıvrılma yarıçapı kesme hızı arttıkça kıvrılmaya zaman bulamadığı için kıvrılma yarıçapı küçülmektedir.

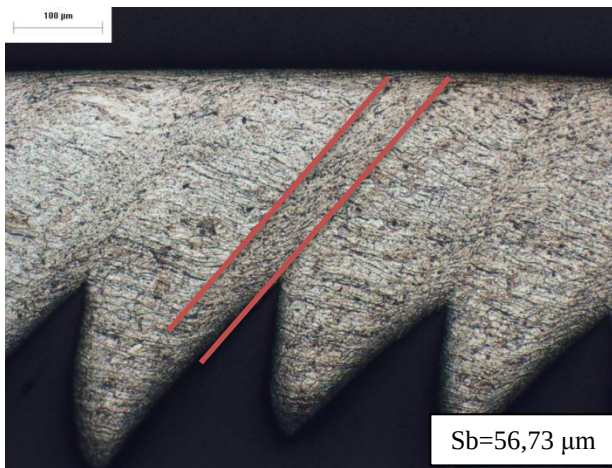




Şekil 7.25  $V=113,28$  m/dak kesme hızında,  $f=0,21$  mm/dev ilerleme değerinde TiN kaplamalı kesici takım ile oluşan talaşın mikro ve makro görüntüleri.



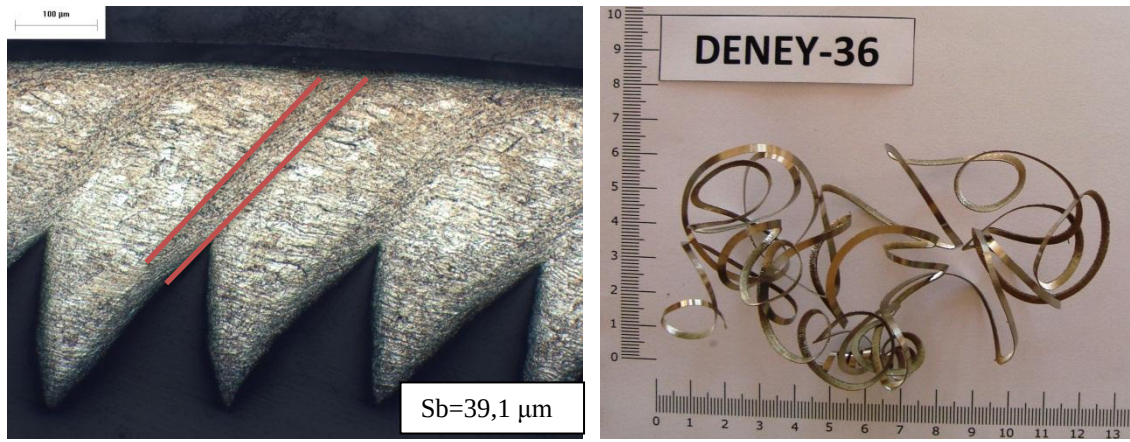
Şekil 7.26  $V=165,03$  m/dak kesme hızında,  $f=0,21$  mm/dev ilerleme değerinde TiN kaplamalı kesici takım ile oluşan talaşın mikro ve makro görüntüleri.



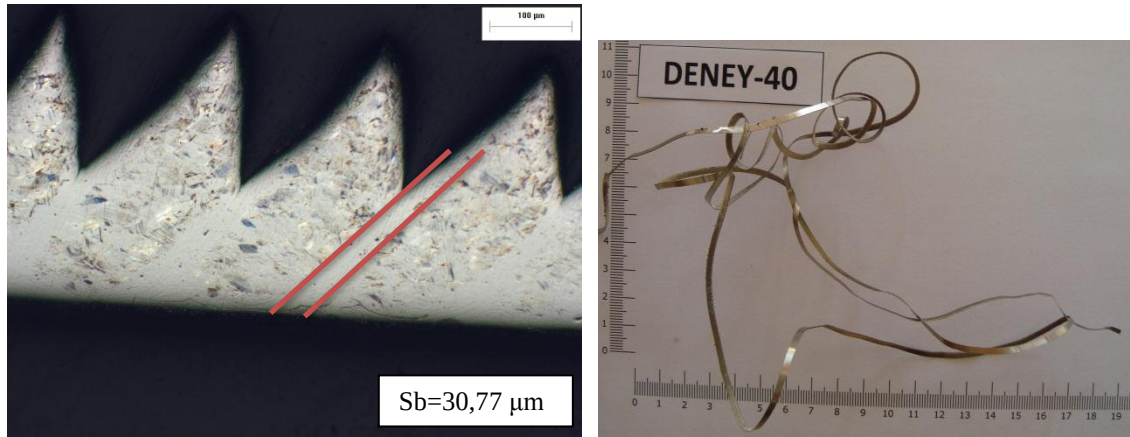
Şekil 7.27  $V=237,20$  m/dak kesme hızında,  $f=0,21$  mm/dev ilerleme değerinde TiN kaplamalı kesici takım ile oluşan talaşın mikro ve makro görüntüleri.



Şekiller incelendiğinde (Şekil 7.25, Şekil 7.26, Şekil 7.27, Şekil 7.28 ve Şekil 7.29) sabit ilerleme değerinde ve TiN kaplamalı kesici takım ile yapılan kesme işleminde kesme hızı arttıkça oluşan talaş boyutu küçülmektedir. Kesme hızı arttıkça sıcaklığın artması sebebi ile Sb oluşumu kolaylaşmaktadır. Buda birim zamanda oluşan segment sayısını arttırmaktadır. Düşük kesme hızlarında testere formu talaşın dip kısmında çatlaklar oluştuğu görülmüştür. Literatürde Deshayes ve arkadaşları da yapmış oldukları çalışmada benzer sonuçları bulmuşlardır (Deshayes 2004). Kesme hızı arttıkça oluşan testere formu daha düzenli ve Sb daha belirgin bir şekilde ortaya çıkmıştır.



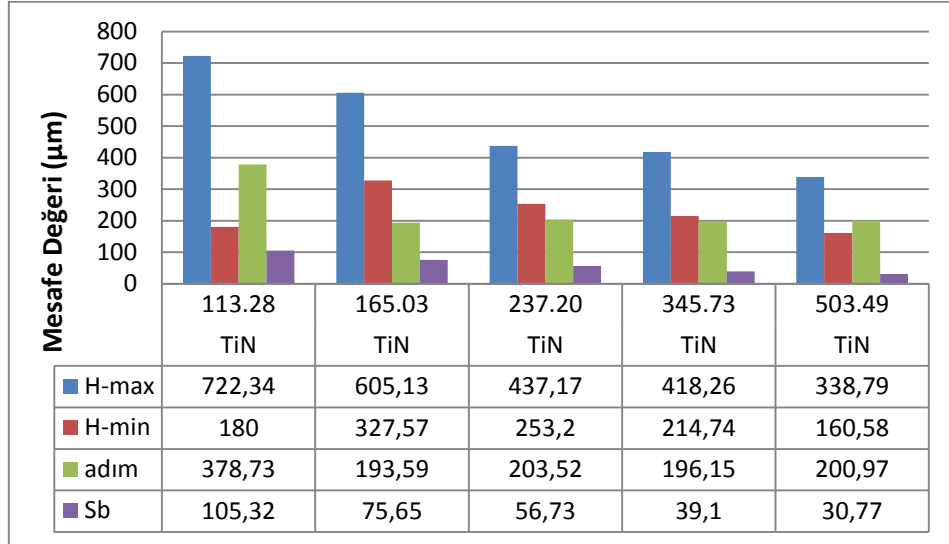
**Şekil 7.28**  $V=345,73$  m/dak kesme hızında,  $f=0,21$  mm/dev ilerleme değerinde TiN kaplamalı kesici takım ile oluşan talaşın mikro ve makro görüntüleri.



**Şekil 7.29**  $V=503,49$  m/dak kesme hızında,  $f=0,21$  mm/dev ilerleme değerinde TiN kaplamalı kesici takım ile oluşan talaşın mikro ve makro görüntüleri.

Şekil 7.30'de grafik incelendiğinde kesme hızı arttıkça bütün boyutsal mesafe değerlerinin düştüğü görülmektedir. Kesme hızı arttıkça Hmin değerleri azalma eğilimi

gösterirken Şekil 7.25’de görüldüğü gibi Hmin değeri çok düşük çıkmıştır. Bunun da sebebi düşük kesme hızlarında bazen adyabatik kayma bandının başlangıç noktalarında çatlaklar oluşmasındandır.



**Şekil 7.30** Kesme hızlarının talaş boyutları üzerindeki etkisi.

## 8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, AISI 316L paslanmaz çeliğinin kaplamasız karbür, TiN, AlCrN ve AlTiN kaplı karbür kesici takımlar ve farklı kesme parametreleri ile işlenmesi sonucu oluşan talaş morfolojisi mikro ve makro bazda deneysel olarak araştırılmıştır. Talaş numuneleri üzerinden alınan fotoğraflar ile Hmax, Hmin, Adım ve kayma bandı mesafeleri ölçülmüştür. Son olarak, elde edilen bütün veriler birbirleri ile karşılaştırılmış ve sonuçlar arasındaki benzerlikler tespit edilmiştir.

Kesme hızının talaş formu üzerindeki etkileri düşünüldüğünde, kesme hızı arttıkça bütün boyutsal değerlerin azaldığı görülmektedir. Kesme hızı arttıkça testere formunun daha net bir şekilde ortaya çıktığı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte artan kesme hızı, takım talaş arayüzeyi sıcaklığının artmasına neden olduğundan, kayma bandı genişliğinin azaldığı saptanmıştır. Kayma bandındaki azalma birim zamanda oluşan segment sayısını arttırmaktadır. Dolayısıyla yüksek kesme hızlarında segment oluşum frekansı da önemli oranda artmaktadır. Makro bazda değerlendirildiğinde kesme hızı oluşan talaş şeklini de etkilemektedir. Artan kesme hızıyla şekil değiştirme hızı arttığından, talaşın kesme bölgesinden uzaklaştırılması daha çabuk olmaktadır. Buda talaşın kıvrılma yarıçapını etkilemektedir. Bu unsura ilave olarak, kaplama malzemesi talaşa geçen ısı miktarının artmasına neden olduğundan talaşın, kaplanmış takımlarda daha küçük kıvrılma yarıçaplarına sahip olduğu gözlemlenmiştir.

İlerleme değerinin artması, birim zamanda kaldırılan talaş kesitinin hacimsel olarak artmasına neden olduğundan, maksimum talaş yüksekliği artmıştır. İlerleme hızı arttıkça kesme hızının sonuçları ile ters orantılı olarak bütün boyutsal değerlerin arttığı görülmektedir. Bunun da sebebi; birim zamanda kesilmeye çalışılan malzeme miktarının artmasıdır. Bütün kesici takımlarda ilerlemenin artması ile Hmax değeri lineer bir artış gösterirken, TiN kaplamalı kesici takımında  $f < 0,21$  mm/dev ilerleme değerlerinde Hmax değerlerinin çok az değiştiği gözlemlenmiştir. Bu sonuç sürtünme katsayısının diğer kaplama oranla nispeten yüksek olması, oksidasyon sıcaklığının ise diğer kaplamalara oranla düşük olmasına bağlanabilir.

Bütün kaplama türleri için yapılan deney sonuçları incelendiğinde, kesme hızı arttıkça maksimum talaş yüksekliği ve kayma bandı genişliği azalmaktadır. Kaplama türü en çok Hmin değerini etkilemektedir. Tüm kaplama türleri içerisinde maksimum talaş yüksekliğinin genelde en fazla olduğu kaplama türü TiN, en az olduğu kaplama türü ise AlTiN'dür. Kesici takımlar birbirleriyle kıyaslandığında, kesme hızına bağlı değişimin minimum olduğu kaplama türünün AlTiN olduğu gözlemlenmiştir. Dikkati çeken iki kaplama ön plana çıkmaktadır. Bunlar; TiN ve AlCrN'dür. Çünkü bu iki kaplama türünde, kesme hızının artışına bağlı olarak elde edilen Hmax değerleri önemli bir düşüş göstermektedir. En yüksek adım mesafesi genel olarak TiN kaplamalı kesici takım ile yapılan deneylerde gerçekleşmiştir.

Kaplama türünün değişmesiyle, makro bazda talaş şeklinin de önemli oranda değiştiği gözlemlenmiştir. Örneğin kaplamasız kesici takımdan elde edilen talaş daha helisel bir forma sahipken, TiN ve AlCrN kaplı takımlarda elde edilen talaşların belirli bir formunun olduğunu söylemek zordur. AlTiN için elde edilen talaşta da nispeten helisel formun olduğunu söylemek mümkündür. Bir diğer ilginç nokta ise; talaş kıvrılma yarıçapıdır. Kesme hızı ve ilerleme değeri sabit alındığında (özellikle düşük kesme hızları) kaplamasız takımda elde edilen talaşın kıvrılma yarıçapının maksimum olduğu söylenebilir. Buna karşın AlCrN ve TiN kaplı takımlardan elde edilen talaş kıvrılma yarıçapı daha küçüktür. TiN kaplı takımlardan elde edilen talaş, en düzensiz forma sahiptir.

Talaş oluşum mekanizmasının, daha net olarak anlaşılabilmesi için aşağıda sıralanan bir dizi çalışmanın yapılması faydalı olacaktır.

- Kesme esnasında meydana gelen kesme sıcaklığının ölçülerek, özellikle talaşa geçen ısı miktarının kayma bandı oluşumu üzerindeki etkisi araştırılabilir.
- Kesme esnasında meydana gelen kuvvetlerin ölçülmesi, kaplama türünün kesme işlemini ne denli etkilediği tespit edilebilir.
- Kesme esnasında takım aşınması dikkate alınarak, kaplamanın hangi şartlarda bariyer özelliğini yitirdiği tespit edilirse, elde edilebilecek talaş formu önceden tahmin edilebilir.

## 9. KAYNAKLAR

- Akkurt M., (1998). Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları. Birsen Yayın Evi, İstanbul, 57-61.
- Asad, M., Girardin, F., Mabrouki, T. and Rigal, J.F., (2008). Dry cutting study of an aluminium alloy (A2024-T351): a numerical and experimental approach. LaMCoS, INSA-Lyon, CNRS UMR5259, F69621, France.
- Aslantaş K., Uçun İ. ve Uçun İ., (2010). Ortogonal kesme işleminde kesici takım kaplama malzemesinin talaş kayma açısı üzerindeki etkisinin modellenmesi. 2. Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi Balıkesir.11-12 Kasım.
- Bonnet, C., Valiorgue, F., Rech, J., Claudin, C., Hamdi, H., Berghau, J.M. and Gilles, P., (2008). Identification of a friction model-Application to the context of dry cutting of an AISI 316L stainless steel with a TiN coated carbide tool. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, **48**: 1211-1223.
- Bonnet, C., Valiorgue, F., Rech, J. and Hamdi, H., (2008). Improvement of the numerical modeling in orthogonal dry cutting of an AISI 316L stainless steel by the introduction of a new friction model. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, **1**: 114-118.
- Calamaz M., Coupard D. and Girot F., (2008). A new material model for 2D numerical simulation of serrated chip formation when machining titanium alloy Ti-6Al-4V. *International Journal of Machine Tools & Manufacture* **48**: 275-288
- Çakır, C., (1999). Modern Talaşlı İmalatın Esasları. Vipaş A.Ş., 1.Baskı, Bursa.
- Çiftçi İ., (2005). Kesici takımlar ve kesme teorisi ders notları. Z.K.Ü. Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Ders Notları, Karabük, 3-15.
- Çiftçi, İ., (2005). Östenitik paslanmaz çeliklerin islenmesinde kesici takım kaplamasının ve kesme hızının kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğüne etkisi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, **20**: 205-209.
- Deshayes L., Mabrouki T., Ivester R. and Rigal J-F., (2004). Serrated chip morphology and comparison with finite element simulations. 2004 ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition. Anaheim, California USA. November 13-20,

- Duan C., Yu H., Li H. and Wang M., (2011). Some Metallurgical Observations of Adiabatic Shear Phenomenon During High Speed Machining AISI 1045 Hardened Steel. *Advanced Science Letters*, 4: 2493–2497.
- Gökkaya, H. ve Nalbant, M., (2007). Kesme hızının yığıntı katmanı ve yığıntı talaş oluşumu üzerindeki etkilerinin sem ile incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Ankara, 22 (3): 481-488.
- Gökkaya H. ve Nalbant M., (2009). Kaplama çeşidi ve işleme parametrelerine bağlı olarak takım-talaş arayüzey sıcaklığı ve yüzey pürüzlülüğündeki değişim. 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09) Karabük, 13-15 Mayıs.
- ISCAR (2006). New Directions in Cutting Tool Materials and Machining Options.
- Kalhorı,V., (2001). Modelling and Simulation of Mechanical Cutting. PhD Thesis, Luleå University of Technology.
- Kara F., Aslantaş K. ve Çiçek A., (2010). Ortogonal kesme işleminde kaplama malzemesinin talaş morfolojisi üzerinde etkisinin araştırılması. 2. Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi Balıkesir, 11-12 Kasım.
- Kurt A. ve Şeker U., (2004). Talaş derinliğinin kesici takım gerilmelerine etkisi. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*. **1**: 23-29.
- Kurt A., (2006). Talaş kaldırma sırasında oluşan kesme kuvvetleri ve mekanik gerilmelerin deneysel olarak incelenmesi ve matematiksel modellerinin oluşturulması. Doktora tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Lee, E.H. and Schaffer, B.W., (1951). The theory of plasticity applied to a problem of machining. *Journal of Applied Mechanics*, **73**: 405–413.
- Molinari A., Musquar C. and Sutter G., (2002). Adiabatic shear banding in high speed machining of Ti–6Al–4V: experiments and modeling. *International Journal of Plasticity* **18**: 443–459.
- M'Saoubia, R., Outeirob, J.C., Changeuxa, B., Lebruna, J.L. and Diasb, A.M., (1999) Residual stress analysis in orthogonal machining of standard and resulfurized AISI 316L steels. *Journal of Materials Processing Technology*, **96**: 225-233.
- Outeiro J.C., Umbrello D., and M'Saoubi R., (2006). Experimental and numerical modelling of the residual stresses induced in orthogonal cutting of AISI 316L steel. *International Journal of Machine Tools & Manufacture* **46**: 1786–1794.

- Smith, G.T., (2008). Cutting Tool Technology, Industrial Handbook. Springer-Verlag London Limited.
- Şeker, U. ve Kurt, A., (2006). The mathematical modelling of the compressive stresses in machining of Inconel 718. *Material Science Forum (Advances in Materials Processing Technologies)*, **526**: 229–234.
- Tekaslan Ö., Gerger N. ve Şeker U., (2008). AISI 304 östenitik paslanmaz çeliklerde kesme parametrelerine bağlı olarak yüzey pürüzlülüklerinin araştırılması. *BAÜ FBE Dergisi*, **10 (2)**: 3-12 Aralık.
- Tekiner, Z. ve Yeşilyurt, S., (2004). Investigation of the cutting parameters depending on process sound during turning of AISI 304 austenitic stainless steel. *Materials & Design*, **25**: 507-513.
- Turgut Y., Yeyen H.E. ve Korkut İ., (2009). AISI 303 Östenitik paslanmaz çeliklerin işlenmesinde kesme hızı ve ilerlemenin talaş biçimine etkisi. 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), 13-15 Mayıs, Karabük.
- Turgut Y., Çiçek A., Kıvak T., Uygur İ. ve Ekici. E., (2011). Çok Katlı Kaplamaların AISI 304 Paslanmaz Çeliğin İşlenebilirliği Üzerindeki Etkileri. 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 16-18 May, Elazığ.
- Ucun İ., Aslantaş K. ve Apaydın D., (2010). Çok Kaplamalı Kesici Takımla Tornalama İşleminin Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Modellenmesi. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, **7 (1)**: 69-82.
- Umbrello, D., M'Saoubi, R. and Outerio, J.C., (2007). The influence of Johnson–Cook material constants on finite element simulation of machining of AISI 316L steel. *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, **47**: 462–470.
- Valiorgue, F., Rech, J., Hamdi, H., Gilles, P. and Berghau, J.M., (2007). A new approach for the modelling of residual stresses induced by turning of 316L. *Journal of Materials Processing Technology*, **191**: 270-273.
- Astakhov V. P. and Davim J. P., (2007). Tools (Geometry and Material) and Tool Wear, Ders Notu.
- Yeyen H. E., (2006). AISI 303 Östenitik paslanmaz çeliklerin işlenebilirliğinin deneysel olarak araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mart 2006 Ankara.

### 9.1. İnternet Kaynakları

### Erişim Tarihi

- 1-[http://www.euro-inox.org/pdf/map/What\\_is\\_Stainless\\_Steel\\_TR.pdf](http://www.euro-inox.org/pdf/map/What_is_Stainless_Steel_TR.pdf) 25.05.2012
- 2-<http://www.saritas.com.tr/ktlg/pdf/Paslanmaz%20Celik%20Saritas%2004.pdf>  
25.05.2012
- 3-<http://www.sandvik.coromant.com/tr-tr/products/pages/productdetails.aspx?c=SNMG%2012%2004%2008-QM%20H13A> 29.05.2012
- 4-<http://www.sandvik.coromant.com/tr-tr/products/pages/productdetails.aspx?c=SNMG%2012%2004%2008-QM%20H13A#/?active=toolitem> 29.05.2012
- 5- [http://www2.coromant.sandvik.com/coromant/downloads/tech\\_guide/TUR/MTG\\_H.PDF](http://www2.coromant.sandvik.com/coromant/downloads/tech_guide/TUR/MTG_H.PDF) 01.07.2012



## **ÖZGEÇMİŞ**

Adı Soyadı : Ender OYMAN

Doğum Yeri ve Tarihi : 16.03.1983/Tarsus-Mersin

Yabancı Dili : İngilizce

İletişim (e-posta) : ender.oyman@hotmail.com

### **Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)**

Lise : Tarsus Kasım Ekenler Anadolu Ticaret Meslek Lisesi, Bilgi-İşlem Bölümü/2001

Lisans: Mersin Üniversitesi, Tarsus Teknik Eğitim Fakültesi Tasarım ve Konstrüksiyon  
Öğretmenliği/2007

### **Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl**

Derya Elektronik, Teknik Servis Elemanı (2001-2002)

Trakya Cam A.Ş. Tarsus-Mersin Fabrikası 20 iş günü staj. (Teknik Ressam) (2004)

Çimsa Çimento Sanayi A.Ş. Mersin Fabrikası, 25 iş günü staj. (Teknik Ressam) (2005)

Lider Zaman Kontrol Güvenlik Sistemleri San. Ve Tic. Ltd. Şti. (2005)

Atalay Makine, (Kalite Kontrol Ve İş Hazırlama Elemanı) (2005-2007)

Simge İnş. Ve San. Tes. İmal. Ve Mont. Taah. Ltd. Şti. (Kal. Kont. Ve İş hazırlama  
Teknikeri) (2007-2008)

Afyon Kocatepe Üniversitesi İncehisar Meslek Yüksek Okulu Öğr. Grv. 2009-

### **Yayınları (SCI ve diğer) :**

### **Uluslararası Konferans ve Sempozyumlardaki Tebliğler**

Sarıışık G, Daşcı P, Oyman E, (2011). Öğrencilerin Okuldan Beklentileri ve Mesleki Geleceklerinin Değerlendirilmesi-AKÜ İncehisar Meslek Yüksekokulu Örneği, UMYOS 2011-2. Uluslararası 6. Ulusal Meslek Yüksek, 25-27 MAYIS 2011

Sarıışık G, Oyman E, 2009. Mermer Atıklarının Değerlendirilmesinde Bilgisayar Kontrollü Doğaltaş İşleme Makinaları (CNC) Kullanımı ile Yeni Ürün Geliştirme, Mermer Atıkları Değerlendirme Sempozyumu, 2009

### **Sonuçlandırılmış Araştırma Projeleri**

Islak ve Kuru Zemin Kaplamalarında Kullanılan Doğaltaşların Pandülüm Test Yöntemiyle Kayma Emniyetinin Analizi, TUBİTAK 1002 Projesi, Proje No:108M624, Afyonkarahisar(Bursiyer)