

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SÜREKSİZ TALAŞ KALDIRMANIN TAKIM
ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN
İNCELENMESİ**

Makine Mühendisi Şeref Han ANAÇ

**FBE Makine Mühendisliği Anabilim Dalı İmal Usulleri Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEZ Danışmanı : Prof. Dr. Erhan ALTAN

TEZ Jürisi: Prof. Dr. Mesut ÖZGÜRLER

TEZ Jürisi: Prof. Dr. Ayşegül AKDOĞAN

Savunma Tarihi: 22/06/2006
İSTANBUL

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ	iv
KISALTMA LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
ÖNSÖZ	xii
ÖZET	xiii
ABSTRACT	xiv
1. GİRİŞ	1
2. SÜREKSİZ TALAŞ KALDIRMA.....	3
2.1 Süreksiz Talaş Kaldırma İşlemi İçin Kullanılan Takımlar	5
2.1.1 Kesici Takım Malzemelerinin Gelişimi.....	5
2.1.2 Kesici Takım Özellikleri	6
2.1.3 Kesici Takımlar	10
2.1.3.1 Yüksek Hız Çelikleri	10
2.1.3.2 Dökme Karbürler	10
2.1.3.3 Karbür Esaslı Takımlar (Sert Metaller)	11
2.1.3.3.1 Semente Karbürler	11
2.1.3.3.2 Sermetler	13
2.1.3.3.3 Karbür Esaslı Takımların Mekaniksel Özellikleri.....	13
2.1.3.3.3.1 İç Sürtünme	14
2.1.3.3.3.2 Deformasyon Özellikleri.....	15
2.1.3.3.3.3 Mikro Yapı	16
2.1.3.4 Kübik Bor Nitrür (CBN)	17
3. TAKIM ÖMRÜ	19
3.1 Takım Ömrünün Tanımı	19
3.1.1 Sürekli Kesmede Takım Ömrü.....	19
3.1.2 Süreksiz Kesmede Takım Ömrü.....	20
3.2 Takım Ömrünü Etkileyen Faktörler	21
3.3 Takım Ömründe Sıcaklığın Önemi.....	21
3.4 Takım Aşınmaları	23
3.4.1 Aşınma Türleri	23
3.4.2 Aşınma Sebepleri.....	24
3.4.2.1 Kazıma (Mekanik Aşınma)	25
3.4.2.2 Yapışma (Adhezyon)	25
3.4.2.3 Yayınma (Difüzyon)	25

3.4.2.4	Tufallaşma (Oksidasyon)	26
3.5	Takım Aşınmasında Soğutma Sıvılarının Önemi.....	26
3.5.1	Soğutma Sıvılarının Çeşitleri	27
3.5.1.1	Susuz Kesme Yağları.....	28
3.5.1.2	Çözünebilir Soğutma Sıvıları	29
3.5.1.3	Yarı-sentetik Soğutma Sıvıları	29
3.5.1.4	Sentetik Soğutma Sıvıları.....	29
3.5.2	Soğutma Sıvılarının Avantajları	29
3.5.3	Soğutma Sıvılarının Dezavantajları.....	30
4.	MEKANİK YORULMA VE MEKANİKSEL ÇATLAKLAR KAVRAMI.....	31
4.1	Kesici Kenarın Bozulması	33
4.1.1	Kırılmalar	33
4.1.2	Enine (Çapraz) Çatlaklar.....	33
4.1.3	Tarak Çatlakları.....	34
4.1.4	Termo-Mekaniksel Çatlaklar.....	35
5.	DENEYSEL ÇALIŞMA	37
5.1	Malzeme Seçimi	37
5.2	Test Ekipmanları	41
5.2.1	D-150 Mitutoyo Kumpas	41
5.2.2	Astar Kronometre	41
5.2.3	Bütünleşik Sertlik Ölçüm Test Cihazı Model TH130	41
5.2.4	Lazer Sıcaklık Ölçer	42
5.2.5	Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM).....	43
5.2.6	FM 700 Mikro Sertlik Cihazı	46
5.3	Kesici Takım Seçimi.....	48
5.4	Takım Tezgahı.....	49
5.5	Deneyler.....	50
5.5.1	Süreksiz Talaş Kaldırma Deneyleri	50
5.5.1.1	Kesme Hızının Süreksiz Talaş Kaldırmaya Etkisi	56
5.5.1.2	İlerlemenin Süreksiz Talaş Kaldırmaya Etkisi.....	58
5.5.1.3	İş Parçası Çapının ve Tezgah Devrinin Süreksiz Talaş Kaldırmaya Etkisi	60
5.5.1.4	Farklı Yükleme Ard Arda Süreksiz Talaş Kaldırmanın Etkisi.....	64
5.5.1.5	İş Parçası Üzerindeki Aralık Sıklıklarının Takım Bozulmasıyla İlişkisi.....	71
5.5.2	Kesici Takım Ucu Sertlik Ölçümleri	81
6.	SONUÇLAR	88
	KAYNAKLAR.....	95
	ÖZGEÇMİŞ.....	99

SİMGE LİSTESİ

A	Kesme derinliği
d	Taban köşegeni
Dn	İş parçası çapı
F	İş parçası aralık sıklığı
k	Bolzman sabiti
L	İşleme uzunluğu
n	Taylor üstü
n	Devir sayısı
N	Aralıklı talaş kaldırma süresince olan dayanma miktarı
Nf	Devirsel yükler altında hata sayısı
Rn	Yüzey pürüzlülüğü değeri
s	İlerleme oranı
T	Takım ömrü
V	Kesme hızı
Vb	Serbest yüzey aşınması
Q ⁻¹	Tersine verimlilik faktörü
Φ	Hareket enerjisi
ε	Plastik deformasyon
é	Sürünme oranı
θ	Sıcaklık
τ _{ak}	Akma gerilmesi

KISALTMA LİSTESİ

AISI	American Iron and Steel Institute
CBN	Cubic Boron Nitride
DIN	Deutsches Institut für Normung
MKE	Makina Kimya Endüstrisi
SAE	Society of Automotive Engineers
SEM	Scanning Electron Microscope
VSD	Vickers Sertlik Değeri

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Süreksiz talaş kaldırma işleminde proses parametrelerinin takım bozulmalarındaki önemi [60].....	3
Şekil 2.2 Takımın bir sonraki girişi ile iş parçası arasında yakalanan talaşın görünümü [60]... 5	5
Şekil 2.3 Yüksek hızlarda takım uçlarının sertlik değişimleri [16].	7
Şekil 2.4 Kesme hızı-takım ömrü ilişkisi [16].....	7
Şekil 2.5 WC-11wt%Co'nun karakteristik dahili sürtünme belirtileri.	15
Şekil 2.6 Deformasyon dayanımı ve sıcaklık arasındaki ilişki grafiği [60].	16
Şekil 3.1 Aşınma mekanizmaları ve sert metal takımlar için hıza göre takım ömrü graf.[47]. 20	20
Şekil 3.2 Klasik WC-Co (P20) takım ile süreksiz kesme işleminde kesme hızına karşı takım ömrü [56].	21
Şekil 3.3 Sürekli ve süreksiz talaş kaldırma işlemlerinde takım aşınma oranları	24
Şekil 3.4 Soğutma Sıvılarının Çeşitleri.....	28
Şekil 4.1 Süreksiz kesme işlemi sırasında ilerlemenin takım ömrü üzerinde ki etkileri[55]... 32	32
Şekil 4.2 Kesici takım talaş yüzeyinde oluşan enine çatlak fotoğrafı.	34
Şekil 4.3 (a),(b) Talaş yüzeyinde meydana gelen tarak çatlakları [55].	35
Şekil 4.4 Süreksiz kesme işleminde takım hataları tablosu [55].	36
Şekil 5.1 Deneylerde kullanılan dört kanallı parça imalat resmi ve fotoğrafı.....	38
Şekil 5.2 Deneylerde kullanılan iki kanallı parça imalat resmi ve fotoğrafı.....	39
Şekil 5.3 Deneylerde kullanılan kumpas	41
Şekil 5.4 Deneylerde kullanılan kronometre.	41
Şekil 5.5 Sertlik ölçüm cihazı.....	42
Şekil 5.6 Lazerli sıcaklık ölçer aleti.....	42
Şekil 5.7 Taramalı elektron mikroskobu (SEM).	43
Şekil 5.8 SEM'in şematik yapısı.	44
Şekil 5.9 Elektron demeti ve numune demeti.....	45
Şekil 5.10 Topografik görüntü örneği.	46
Şekil 5.11 FM700 Sertlik Ölçüm Cihazı.....	47
Şekil 5.12 Deneylerde kullanılan kesici takım ucu tutucusu.....	49
Şekil 5.13 Deneylerde kullanılan SPUN120308 kesici takım ucu.	49
Şekil 5.14 Torna tezgahı.....	50
Şekil 5.15 Çizelge 5.3'de 1nolu parametreler için 20sn'de çekilmiş takım ucu talaş yüzeyi fotoğrafı.	51

Şekil 5.16 Çizelge 5.3'de 1nolu parametreler için 85sn'de çekilmiş takım ucu talaş yüzeyi fotoğrafı.....	51
Şekil 5.17 Çizelge 5.3'de 1nolu parametreler için 175sn'de çekilmiş takım ucu talaş yüzeyi fotoğrafı.....	52
Şekil 5.18 Çizelge 5.3'de 1nolu parametreler için 325sn'de çekilmiş takım ucu talaş yüzeyi fotoğrafı.....	52
Şekil 5.19 Çizelge 5.3'de 1nolu parametreler için 475sn'de çekilmiş takım ucu talaş yüzeyi fotoğrafı.....	52
Şekil 5.20 Çizelge 5.3'de 1nolu parametreler için 685sn'de çekilmiş takım ucu talaş yüzeyi fotoğrafı.....	53
Şekil 5.21 Çizelge 5.3'de 1nolu parametreler için 475sn'de çekilmiş takım ucu serbest yüzeyi fotoğrafı.....	53
Şekil 5.22 Çizelge 5.3'de 1nolu parametreler için 685sn'de çekilmiş takım ucu serbest yüzeyi fotoğrafı.....	53
Şekil 5.23 Çizelge 5.3'de 2nolu parametreler için 20sn'de çekilmiş takım ucu talaş yüzeyi fotoğrafı.....	54
Şekil 5.24 Çizelge 5.3'de 2nolu parametreler için 55sn'de çekilmiş takım ucu talaş yüzeyi fotoğrafları.....	54
Şekil 5.25 Çizelge 5.3'de belirtilen 3nolu parametreler için 3sn'de çekilmiş takım ucu talaş yüzeyi fotoğrafları.....	55
Şekil 5.26 Çizelge 5.3'de belirtilen 3nolu parametreler için 5sn'de çekilmiş takım ucu talaş yüzeyi fotoğrafları.....	55
Şekil 5.27 Çizelge 5.3'de belirtilen 3nolu parametreler için 4sn'de çekilmiş takım ucu talaş yüzeyi fotoğrafları.....	56
Şekil 5.28 15sn süre sonunda 90m/dakika kesme hızı için takım ucu talaş yüzeyi fotoğrafı. .	57
Şekil 5.29 20sn süre sonunda 90m/dakika kesme hızı için takım ucu talaş yüzeyi fotoğrafı. .	57
Şekil 5.30 15sn süre sonunda 90m/dakika kesme hızı için takım serbest yüzeyi fotoğrafı.	58
Şekil 5.31 Çizelge 5.4'de 1nolu parametreler ile kullanılan takım ucu talaş yüzeyinin 6.28sn süre sonundaki fotoğrafı.....	59
Şekil 5.32 Çizelge 5.4'de 1nolu parametreler ile kullanılan takım ucu talaş yüzeyinin 9sn sonundaki fotoğrafı.	60
Şekil 5.33 Çizelge 5.4'de 1nolu parametreler ile kullanılan takım ucu talaş yüzeyinin 12sn sonundaki fotoğrafı.	60

Şekil 5.34 Çizelge 5.4'de 2nolu parametreler ile yapılan 2sn'lik talaş kaldırma işleminin SEM'de çekilmiş fotoğrafı.	61
Şekil 5.35 Çizelge 5.4'de 2nolu parametreler ile yapılan 3sn'lik talaş kaldırma işleminin SEM'de çekilmiş fotoğrafı.	61
Şekil 5.36 Çizelge 5.4'de 2nolu parametreler ile yapılan 4.5sn'lik talaş kaldırma işleminin SEM'de çekilmiş fotoğrafı.	62
Şekil 5.37 Çizelge 5.4'de 2nolu parametreler ile yapılan 5.6sn'lik talaş kaldırma işleminin SEM'de çekilmiş fotoğrafı.	62
Şekil 5.38 Çizelge 5.4'de yer alan 3nolu parametreler ile yapılan 1sn'lik talaş kaldırma işleminin SEM'de çekilmiş fotoğrafı.	63
Şekil 5.39 Çizelge 5.4'de yer alan 3nolu parametreler ile yapılan 2sn'lik talaş kaldırma işleminin SEM'de çekilmiş fotoğrafı.	63
Şekil 5.40 Çizelge 5.4'de yer alan 3nolu parametreler ile yapılan 4sn'lik talaş kaldırma işleminin SEM'de çekilmiş fotoğrafı.	63
Şekil 5.41 Takım ucu talaş yüzeyinin 2.7+8.4sn sonunda SEM'de çekilmiş fotoğrafı.	64
Şekil 5.42a Takım ucu talaş yüzeyinin 2.7+10.4sn süre sonunda SEM'de çekilmiş fotoğrafı.	65
Şekil 5.42b Takım ucu talaş yüzeyinin 2.7+10.4sn süre sonunda SEM'de çekilmiş fotoğrafı.	65
Şekil 5.43a Takım ucu talaş yüzeyinin 2.7+12.5sn süre sonunda SEM'de çekilmiş fotoğrafı.	65
Şekil 5.43b Takım ucu talaş yüzeyinin 2.7+12.5sn süre sonunda SEM'de çekilmiş fotoğrafı.	66
Şekil 5.43c Takım ucu talaş yüzeyinin 2.7+12.5sn süre sonunda SEM'de çekilmiş fotoğrafı.	66
Şekil 5.44a Takım ucu talaş yüzeyinin 2.7+15.3sn süre sonunda SEM'de çekilmiş fotoğrafı.	66
Şekil 5.44b Takım ucu talaş yüzeyinin 2.7+15.3sn süre sonunda SEM'de çekilmiş fotoğrafı.	67
Şekil 5.45 Takım ucu talaş yüzeyinin 7.3+6.4sn süre sonunda SEM'de çekilmiş fotoğrafı.	68
Şekil 5.46a Takım ucu talaş yüzeyinin 7.3+9.4sn süre sonunda SEM'de çekilmiş fotoğrafı.	68
Şekil 5.46b Takım ucu talaş yüzeyinin 7.3+9.4sn süre sonunda SEM'de çekilmiş fotoğrafı.	68
Şekil 5.47a Takım ucu talaş yüzeyinin 7.3+10.2sn süre sonunda SEM'de çekilmiş fotoğrafı.	69
Şekil 5.47b Takım ucu talaş yüzeyinin 7.3+10.2sn süre sonunda SEM'de çekilmiş fotoğrafı.	69
Şekil 5.48 Takım ucu talaş yüzeyinin 7.3+11sn süre sonunda SEM'de çekilmiş fotoğrafı.	69
Şekil 5.49 Takım ucu talaş yüzeyinin 7.3+13sn süre sonunda SEM'de çekilmiş fotoğrafı.	70
Şekil 5.50 Takım ucu talaş yüzeyinin 7.3+15.2sn süre sonunda SEM'de çekilmiş fotoğrafı.	70
Şekil 5.51 Çizelge 5.3'de yer alan 3nolu parametreler ile yapılan 1.3sn'lik talaş kaldırma işleminin SEM'de çekilmiş fotoğrafı.	71

Şekil 5.52a	Çizelge 5.3’de yer alan 3nolu parametreler ile yapılan 2sn’lik talaş kaldırma işleminin SEM’de çekilmiş fotoğrafı.	71
Şekil 5.52b	Çizelge 5.3’de yer alan 3nolu parametreler ile yapılan 2sn’lik talaş kaldırma işleminin SEM’de çekilmiş fotoğrafı.	72
Şekil 5.53a	Çizelge 5.3’de yer alan 3nolu parametreler ile yapılan 3.5sn’lik talaş kaldırma işleminin SEM’de çekilmiş fotoğrafı.	72
Şekil 5.53b	Çizelge 5.3’de yer alan 3nolu parametreler ile yapılan 3.5sn’lik talaş kaldırma işleminin SEM’de çekilmiş fotoğrafı.	73
Şekil 5.54a	Çizelge 5.4’de yer alan 1nolu parametreler ile yapılan 5.6sn’lik talaş kaldırma işleminin SEM’de çekilmiş fotoğrafı.	73
Şekil 5.54b	Çizelge 5.4’de yer alan 1nolu parametreler ile yapılan 5.6sn’lik talaş kaldırma işleminin SEM’de çekilmiş fotoğrafı.	73
Şekil 5.55a	Çizelge 5.4’de yer alan 1nolu parametreler ile yapılan 6.4sn’lik talaş kaldırma işleminin SEM’de çekilmiş fotoğrafı.	74
Şekil 5.55b	Çizelge 5.4’de yer alan 1nolu parametreler ile yapılan 6.4sn’lik talaş kaldırma işleminin SEM’de çekilmiş fotoğrafı.	74
Şekil 5.56a	Çizelge 5.4’de yer alan 1nolu parametreler ile yapılan 8sn’lik talaş kaldırma işleminin SEM’de çekilmiş fotoğrafı.	74
Şekil 5.56b	Çizelge 5.4’de yer alan 1nolu parametreler ile yapılan 8sn’lik talaş kaldırma işleminin SEM’de çekilmiş fotoğrafı.	75
Şekil 5.57a	Takım ucu talaş yüzeyinin 1sn+6.2sn sonunda SEM’de çekilmiş fotoğrafı.....	75
Şekil 5.57b	Takım ucu talaş yüzeyinin 1sn+6.2sn sonunda SEM’de çekilmiş fotoğrafı.	76
Şekil 5.58	Takım ucu talaş yüzeyinin 1sn+7sn sonunda SEM’de çekilmiş fotoğrafı.	76
Şekil 5.59	Takım ucu talaş yüzeyinin 1sn+8sn sonunda SEM’de çekilmiş fotoğrafı.	76
Şekil 5.60	Takım ucu talaş yüzeyinin 1sn+9sn sonunda SEM’de çekilmiş fotoğrafı.	77
Şekil 5.61	Takım ucu talaş yüzeyinin 1.8sn+5sn sonunda SEM’de çekilmiş fotoğrafı.	77
Şekil 5.62a	Takım ucu talaş yüzeyinin 1.8sn+6sn sonunda SEM’de çekilmiş fotoğrafı.....	78
Şekil 5.62b	Takım ucu talaş yüzeyinin 1.8sn+6sn sonunda SEM’de çekilmiş fotoğrafı.	78
Şekil 5.63	Takım ucu talaş yüzeyinin 1.8sn+7sn sonunda SEM’de çekilmiş fotoğrafı.	79
Şekil 5.64	Takım ucu talaş yüzeyinin 1.8sn+8sn sonunda SEM’de çekilmiş fotoğrafı.	79
Şekil 5.65	Takım ucu talaş yüzeyinin 4.5sn+3.27sn sonunda SEM’de çekilmiş fotoğ..	80
Şekil 5.66	Takım ucu talaş yüzeyinin 4.5sn+4.3sn sonunda SEM’de çekilmiş fotoğrafı....	80
Şekil 5.67	Takım ucu talaş yüzeyinin 4.5sn+5sn sonunda SEM’de çekilmiş fotoğrafı.	80

Şekil 5.68a	Takım ucu talaş yüzeyinin 4.5sn+6.3sn sonunda SEM’de çekilmiş fotoğrafı.	81
Şekil 5.68b	Takım ucu talaş yüzeyinin 4.5sn+6.3sn sonunda SEM’de çekilmiş fotoğrafı.	81
Şekil 5.69	İki kanallı iş parçası üzerinde çizelge 5.3’de yer alan 3nolu ile 3sn çalışmış takım ucu mikro sertlik fotoğrafı.	83
Şekil 5.70	İki kanallı iş parçası üzerinde çizelge 5.4’de yer alan 1nolu parametreler ile 9sn çalışmış takım ucu mikro sertlik fotoğrafı.....	83
Şekil 5.71	Dört kanallı iş parçası üzerinde çizelge 5.4’de yer alan 1nolu parametreler ile 6.4sn çalışmış takım ucu mikro sertlik fotoğrafı.	84
Şekil 5.72	Dört kanallı iş parçası üzerinde çizelge 5.3’de yer alan 3nolu parametreler grubu ile 2sn çalışmış takım ucu mikro sertlik fotoğrafı.....	84
Şekil 5.73-5.78	Deneylerde kullanılan takım ucunun belirli işleme parametreleri ve kesme sürelerinde gözlenen mikro sertlik fotoğrafları.	85
Şekil 5.79-5.84	Deneylerde kullanılan takım ucunun belirli işleme parametreleri ve kesme sürelerinde gözlenen mikro sertlik fotoğrafları.	86
Şekil 5.85-5.90	Deneylerde kullanılan takım ucunun belirli işleme parametreleri ve kesme sürelerinde gözlenen mikro sertlik fotoğrafları.	87
Şekil 6.1	Tek yüklemenin yapıldığı işlemlerde, kesici takım sertliğinin takım bozulmaları üzerindeki etkisi.....	93
Şekil 6.2	Takım Sertliklerinin ard arda yapılan süresiz talaş kaldırma süresince olan değişimleri.	94

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 Tipik takım malzemeleri veya Bileşenlerinin sertlikleri [56].	8
Çizelge 2.2 Takım malzemelerinin mekanik özellikleri [28].	9
Çizelge 2.3. Semente Karbürlerin Sınıflandırılması [63].	12
Çizelge 5.1 4340 kalite çeliğin uluslar arası standartlarda gösterilimi.	40
Çizelge 5.2 4340 kalite çeliğin kimyasal yapısı.	40
Çizelge 5.3 Ön deneylerde kullanılan takım ucu işleme parametreleri	50
Çizelge 5.4 Sabit kesme hızlı değişken devir ve ilerlemeli işleme parametreleri	59
Çizelge 5.5 Sertliklerin ölçüleceği kesici takım ucu talaş kaldırma süreleri	82
Çizelge 6.1 İki kanallı parça için ilk çatlak oluşum tablosu.	89
Çizelge 6.2 Dört kanallı parça için ilk çatlak oluşum tablosu.	90
Çizelge 6.3 Süreksiz talaş kaldırma işlemleri için sertlik değişim tablosu.	92

ÖNSÖZ

Çalışmalarımın yol göstericisi olup sahip olduğu engin bilgi ve düşüncelerini içtenlikle paylaşan danışman hocam Prof. Dr. Erhan ALTAN'a saygılarımı sunarım.

Yapmış olduğum tüm işlerde desteğini benden esirgemeyen ve bütün sorunlarıma rağmen güler yüzünü hiç bozmayan annem Nurhayat ANAÇ'a şükranlarımı sunarım.

Hayatım boyunca ilgisini eksik etmeyen babaannem Emine ANAÇ 'a ve bana güvenlerini hiç yitirmeyen kardeşlerim Nergizhan Kavak ve Serhan ANAÇ'a sevgilerimi sunarım.

Tezimde yaptığım deneyler için bana tüm imkan ve olanaklarını sunan Makine Atölyesi Baş mühendisi Cengiz AKKOR, Atölye mühendisleri Serdar DİLEK, Tamer ÇOBANOĞLU ve ARGE Mühendisi Ramazan TÛTÛK'e teşekkürü borç bilirim.

Çalışmalarım sırasında bana her türlü manevi desteği gösteren I. Soğuk Haddehane Müdürü Aydın KİRAZ, Mekanik Bakım Baş Mühendisi Mustafa AYRI, iş arkadaşlarım Mahmut BİTİREN, Mehmet GÜNDOĞAN, Cuma TUNÇDEMİR, İlhan BAYKARA ve Şevki KARABACAK'a çok teşekkür ederim.

Bugün aramızda olmayan babam Nihat Anaç'ın bana kazandırmış olduğu ahlak felsefesi için birkez daha teşekkür eder ve onu sevgiyle anmak isterim.

ÖZET

Çağımızın değişen istek ve ihtiyaçlarını karşılamak amacı ile imalat alanında farklı işleme yöntemlerine yönelik araştırmalar yoğunlaşmıştır. Zaman içerisinde imalatta kullanılan iş parçası, kesici takım veya tezgah üzerinde bir takım değişiklikler yapılarak işleme yöntemleri iyileştirilmeye çalışılmıştır. Artan talepler doğrultusunda iş parçalarını kısa kesme süreleri ve düşük maliyet ile iyi yüzey kalitesi elde edilecek şekilde işleyebilmek için imalatta kullanılan kesici takım uçları konusunda çeşitli araştırmalar, testler yapılmaktadır.

Bu çalışmada, sert metal P20 kalite kesici takım ucu ve malzeme kalitesi SAE 4340 olan 2 ve 4 eksenel kanallı silindirik dövülmüş iş parçaları kullanılmıştır. İş parçaları, takım talaş yüzeyinde çatlak oluşup, takım bozulana kadar işlenmiş, oluşan bu çatlaklar SEM ile görüntülenmiştir. Isıl etkileri ortadan kaldırarak sadece mekanik çatlakların oluşması için bol miktarda soğutma sıvısı kullanılmıştır.

Talaş kaldırma işlemi sürekli ve süreksiz olarak gerçekleştirilebilir. Süreksiz talaş kaldırma işleminde takım mekanik ve ısıl yorulmalar altında kalmakta ve kısa sürede, aşınma kriterlerine ulaşmadan bozulmaktadır. Bunlara ait deneysel çalışmalarda yapılmaktadır. Süreksiz talaş kaldırma işleminde kullanılan takım üzerindeki mekanik yorulmaların etkileri saptanmış, talaş kaldırma parametrelerinin, mekanik yorulmalardan kaynaklanan takım bozulmasındaki etkileri belirlenmiştir. Mekanik yorulma sonucu takımda oluşan çatlakların takım bozulmasını gerçekleştirinceye kadar olan süreleri araştırılmıştır. Bu sürelerin takım talaş yüzeyindeki sertlik artışı ile ilişkisi de çıkartılmıştır.

Anahtar kelimeler: Süreksiz kesme, kesici takım hasarları, kesici takım aşınması, sert metal takım ucu, mekaniksel çatlaklar.

ABSTRACT

Investigations of the different machining methods in manufacturing have been increased to meet variable needs and requests in a new era. In a period of time, the machining methods have been researched to improve by making variety of modifications on workpiece, cutting tools and turning machine. Because of increasing demands, there have been many studies and tests on cutting tool inserts that have been used in manufacturing, to cut the workpiece in a short period of time, and the low cost to machine them with surface quality.

At this study, hard metal, P20 quality, cutting tool inserts as well as 2 and 4 axial duct-cylindrical forged, SAE 4340 quality, materials have been used. The workpieces, which have been worked on, have been machined until failure occurred on cutting tool inserts, the cracks and damages were displayed by SEM. Also, so much cooling fluid has been used to create mechanical crack and disable the effects which were created by heat.

Chip removal operation may be performed continuously and interrupted. Before reaching the wear criteria, cutting tool may be damaged at interrupted machining process under mechanical and thermal fatigue in a short period of time. Experiments and tests have been done about this situation. At the interrupted machining process, the effects of mechanical fatigue on tools have been determined and the metal cutting parameters effects, which are caused failure on the tools by mechanical fatigue, have been determined. The period of time up to the tool damages that cracks on the tools occurred because of the mechanical fatigue has been studied. Relationship, between the increasing hardness on the tool rake face and the crack occurring time has been realised.

Key words: Interrupted cutting, cutting tool failures, cutting tool wear, hard metal tool insert, mechanical cracks.

1. GİRİŞ

Üretim maliyeti parametrelerinden biri olarak kabul edilen kesici takım bozulmaları, metal kesme işlemlerinde otomasyonun artması ile dikkat edilmesi gereken bir konu olarak büyük önem kazanmıştır.

Kesici takımların bozulması, genellikle soğutma sıvısı kullanılmaksızın sürekli boyuna tornalama yapılarak değerlendirilir. Bu tip soğutma sıvısı kullanılmadan gerçekleştirilen sürekli tornalamada 10, 20 veya 30 dakikalık takım ömrü, kesici takımın bozulması için yeterlidir. Bu sadece kapsamlı olmayan bir modern imalat alanında kullanılabilir. Modern üretim ise sık sık farklı kesme devirleri ve operasyonları gerektirecek süreksiz talaş kaldırma işlemlerine ihtiyaç duyduğu için takım bozulması farklı sürelerde gerçekleşebilir.

Ekonomik sebeplerden dolayı uygun olmayan işleme ve esnek imalat sistemleri, süreksiz talaş kaldırma yöntemini amaçlamaktadır. Üstelik takım-iş parçası ilişkisinin, kırılma ve aşınmadaki etkileri daima takım bozulması ile ilgili konular olduğu için iş parçalarının işlenmesinde özel ürün malzemeleri ve sık sık farklı kesme koşulları kullanılmak zorundadır.

Geçen son 15 yıldan bu yana, özellikle aşınmanın ve kırılmanın sebep olduğu takım bozulması üzerinde yeni çalışmalar ve hipotezler gerçekleştirilmiştir.

Günümüzde, kırılma kaynaklı takım bozulmasına neden olan kesme hızı[22], ilerleme[23], talaş yüzeyi ve serbest yüzey arasındaki yarı çap[24], termal değişimler ve giriş-çıkış açısını tespit etmek için sinterlenmiş karbür uçlar ile bazı süreksiz talaş kaldırma testlerine devam edilmektedir. Süreksiz talaş kaldırmadaki optimum kesme hızı da bu yöntemle elde edilmiştir[4].

Süreksiz talaş kaldırma işlemi sırasında takım bir çok nedenden dolayı kırılarak bozulmaktadır. Bu bozulmaların en önemli olanı, takım kesici kenarına yakın olan bölgede oluşan kesici kenara paralel mekaniksel çatlaklardır. Bu mekaniksel çatlaklar, takım üzerinde meydana gelen mekaniksel yorulmalar sonucu oluşur. Mekaniksel yorulmaların tespiti oldukça zor ve kapsamlı çalışmalar gerektirmektedir.

Takımın kırılarak bozulmasına neden olan diğer bir etken de termal yorulmaların meydana getirdiği termal çatlaklardır. Termal yorulmanın tespiti, mekanik yorulmalara göre daha basittir. Mekaniksel yorulmalar ile kıyaslandığında termal yorulmalar hakkında bugüne kadar gerçekleştirilmiş çok sayıda çalışma bulunmaktadır.

Mekaniksel yorulmaların incelenmesi sırasında; takım ile iş parçası arasında sürtünmeden doğan sıcaklığı düşürerek kontrol altında tutmak, sıcaklıktan dolayı oluşan termal çatlakları ortadan kaldırmak ve takım ömrünü arttırmak için soğutma sıvısı kullanılır. Soğutma sıvılarının çevreye ve insan sağlığına zararlarının yanı sıra, depolanması, satın alınması ve bakımı bir maliyet demektir. Fakat soğutma sıvısı kullanılmadan meydana gelen takım aşınması da bir maliyettir.

Kesici takım maliyetleri toplam imalat maliyeti içinde çok büyük bir yer tutmaktadır. Buna karşılık parça başına imalat maliyeti göz önüne alındığında soğutma sıvısının katkısı toplam imalat maliyetinin %17 sini teşkil etmektedir [34].

Süreksiz tornalama işlemlerinde gözlemlendiğimiz takım bozulması sonuçları genellikle takımın yorulması ile ilgili olduğundan, düz silindirik parçaların tornalanması ve kompleks parçaların frezelenmesi süresince olan takım aşınması çalışmalarından ayırt etmek daha doğru olur [3-52].

Bu çalışmada; sürekli tornalama için uygun takım geometrisi ve P20 sert metal kesici takım için uygun talaş kaldırma parametreleri, dövülmüş SAE 4340 kalite çelikten imal edilmiş 2 kanallı shaft ve sonra 4 kanallı shaftın tornalanması için kullanıldı. Bu şekilde takım bozulmalarının durumu araştırıldı ve hatalar mikroskopik olarak analiz edildi. Araştırmalarda elde edilen sonuçlar doğrultusunda mekaniksel yorulma kaynaklı takım bozulmalarına neden olan talaş kaldırma parametreleri belirlenerek, süreksiz talaş kaldırmanın iş parçaları üzerine ard arda uygulanması ile kesici takım bozulma sürelerinin farklılıklar gösterdiği tespit edildi.

Bu çalışmanın amacı; süreksiz talaş kaldırma işlemi sırasında takımın oluştuğu mekanik yorulma kaynaklı bozulmaların tespiti, mekanik yorulmaya bağlı takım bozulmalarının talaş kaldırma parametrelerine ve devirsel yüklere göre nasıl değiştiğini saptamak, bu değişimler çerçevesinde takım verimli kullanılabilmemiz için talaş kaldırma parametreleri işlem sırasının ne olması gerektiğini ve kesici takım üzerinde oluşan bozulmaların işleme süresince takım üzerinde değişen sertlikler ile ilişkisinin olduğu saptanmaktadır.

2. SÜREKSİZ TALAŞ KALDIRMA

Sürekli kesme işlemi önemsiz aralıkların olduğu veya varsayıldığı yerlerde uzun kesme olarak tanımlanır. Bunun yanı sıra, özellikle kesici takım ucunda aşınma istenmediği zamanlarda sert ve kırılğan takım malzemelerinin kullanılmasıyla gerçekleştirilen frezeleme, planyalama, yüksek kesme hızlarında tornalama ve aralıklı iş parçalarını tornalama gibi kesme işlemleri de süreksiz kesme işlemi olarak tanımlanabilir. Bu işlemler takımın kırılma ve talaşlanma riskini artırır. Süreksiz kesme prosesi, 3 karakteristik özellikten oluşur. Bunlar iş parçası-takım girişi, iş parçası-takım çıkışı ve takımın, eksenel kanallı iş parçalarını işlerken kesme işleminin olmadığı bölgelerde soğuması, diğer bölgelerde ise sürtünmeden dolayı ısınması sonucu oluşan termal şoklardır.

Bu özelliklerden hangisinin daha çok önemli olduğuna karar vermek mümkün değildir. Her birinin makul ve ağır bir yönü olup gerçek ağırlıklarının ölçülmesinde bir standart yoktur. Şekil 2.1’de bu parametrelerin gerçek önemi gösterilmektedir.

PROSES PARAMETRELERİ (GİRİŞ)	Kesme derinliği	xx	xx	xx	xx	o		Belirtiler			
	Kesme uzunluğu	o	o	o veya x	xx	o	Sıcaklığın takım içerisinde daha derinlere ulaşması				
	Kesme hızı	o veya -	o veya -	xx	xxx	xx	Kuwet daha düşük fakat giriş daha keskin				
	Isınma/soğuma zamanı	o	o	x	xx	o	Tahmini maksimum yakınlık $h/c=0,5$				
	İş parçası malzemesi	xx	xx	xxx	xxx	o	Erime noktası				
	Takım malzemesi	x	x	xx	xx	o	Isı iletkenliği, sürtünme				
	Takım geometrisi	x	x	x	x	o	Keskin olmayan form				
	Takım geometrisi girişi	o	x	o	o	o	Ani giriş çok şiddetli olabilir				
	Takım geometrisi çıkışı	o	xxx	o	o	o	Ortogonal çevresinde çok büyük tehlike				
						Kesme kuweti	Mekaniksel etki	Proses sıcaklığı	Termal şok	Şokların sıklığı	xxx= Kuvvetli derecede etki xx= Normal derecede etki x= Zayıf derecede etki o= Etki yok = zayıf derecede negatif etki
						TAKIM ÜZERİNDE GÖRÜLEN PROSES ÇIKTILARININ GERÇEK ŞİDDETİ					

Şekil 2.1 Süreksiz talaş kaldırma işleminde proses parametrelerinin takım bozulmalarındaki önemi [54].

Şekil 2.1 çıkış parametrelerinde meydana gelen değişimlerin, giriş parametrelerinin değiştirilmesi ile mümkün olduğunu gösterir. Örneğin giriş parametrelerinden biri olan kesme uzunluğunun artması ile takım-iş parçası arasındaki sürtünme süresi artmaktadır. Dolayısıyla takımın oluştuğu ısı takımın daha da içerisine nüfuz eder. Bunun sonucunda çıkış parametresi olarak tanımlanan termal şoklarda artış gözlenir.

Aynı iş parçası genişliğini ve aynı kesici çapını koruyarak giriş geometrisini değiştirdiğimizde çıkış geometrisinde de değişiklik olmaktadır [54].

Çıkış geometri korunarak iş parçası genişliği değiştirildiğinde kesme uzunluğu değişmektedir [54]. HOSHI [39] ve Okushima [39] bunu hesaplayan ve bu konuda ilk kez çalışma yapan araştırmacılar olarak, girişten çok çıkış tercih edildiğini iddia eden ilk kişilerdir. Bu varsayım, frezeleme ile birlikte süreksiz tornalama çalışmaları için başlangıç sebebidir.

Tornalamada giriş ve çıkış geometrisini kesme uzunluğundan bağımsız olarak değiştirmek mümkündür [54]. Fakat tezgahın özellikle takım ve ilerleme tablasının dayanımı tamamıyla farklı olabilir bu nedenle sonuçların açıklanabilmesi için önlemler almak gerekmektedir. Takım; değişen sıcaklık, soğuma ve çatlak oluşumları ile zayıflamaktadır. Aşınma çatlak kenarlarında görünmeyebilir ve takım aşağıda yazılan belirtilerden birini gösterene kadar işlemini hatasız olarak sürdürebilir.

- Çatlakların kenarları zorladığı yerlerde yani kesici kenarda kısa talaşların oluşması.
- Bazı çatlaklardan dolayı sık sık oluşan az miktar parça kopması.
- Takımdaki pahın kaybolması veya takımın bütün aktif kısımlarının gitmesi.

Çatlak nüfuziyetinden ötürü oluşan son hata , giriş veya çıkış da hatta ortada olabilir. Bu nedenle kesme işlemi süresince kesici kenar parçaları takımdan ayrılır ve talaş yüzeyine yapışan talaş tarafından hareket ettirilir fakat takım çıkışında, yüksek kesme hızlarında dışarıya atılır. Talaşın dışarıya atılamaması da mümkündür, takım kaması iş parçasından ayrıldığında takım talaş yüzeyi üzerine de yapışabilir.

Talaşın kesici takım talaş yüzeyinden uzaklaştırılması bazen bir sonraki kesme ile talaş yüzeyi arasında gözlemlenebilir (Şekil 2.2). Bunun olma ihtimali düşük olsa da talaş miktarı arttığında bu olay gerçekten tehlikeli olur. Sert metal takımlar, düzensiz hareket eden birçok talaş tarafından sık sık kötü şekilde zarar görmektedirler. Böylece takımın talaşlanması ve kırılması önlenemez hal alır.

Genellikle bu tip aksilikler tespit edilmiş yönleri ile sınırlı olsa da, bazı istatistiksel yöntemler sonuçlarda sapma ile başa çıkmak için kullanılmak zorundadır.



Şekil 2.2 Takımın bir sonraki girişi ile iş parçası arasında yakalanan talaşın görünümü [54].

2.1 Süreksiz Talaş Kaldırma İşlemi İçin Kullanılan Takımlar

2.1.1 Kesici Takım Malzemelerinin Gelişimi

Talaş kaldırma yöntemlerinin çeşitliliği, takımın kullanılmasında gerekli olan farklılıklar ve aşırı artan ihtiyaçlar nedeniyle teknolojik rekabet ortaya çıkmış, metalik ve metalik olmayan çok sayıda takım malzemesinin geliştirilmesine olanak sağlanmıştır [60].

Talaş kaldırma sırasında oluşan kuvvetler, basınç, sürtünme, aşınma, ısı oluşumu gibi olaylar ve ekonomik faktörler dikkate alınacak olursa, kesici takım malzemelerinde bulunması gereken özellikler aşağıda belirtilen şekilde sıralanabilir.

- Yüksek basma ve eğilme mukavemeti
- Isı birikiminin önlenmesi için yüksek ısı iletim yeteneği
- Yüksek sertlik
- Ekonomik olmasının yanında darbe etkisine karşı yeterli derecede tok olması

Bütün bu özelliklere sahip kesici takım malzemesi yoktur [2]. İşlenecek parçaların özellikleri, kullanılacak kesici takım malzemelerine sınırlandırmalar getirdiği gibi, takımın kullanım şartları da takım malzemesi seçimini büyük çapta etkiler [40].

Bu nedenle; doğru malzemenin seçimi için aşınma proseslerinin de bilinmesi gereklidir [48]. Kesici takımlar, talaş kaldırma işlemlerinde kullanılırken aşınmaya uğrarlar. Aşınma; takımın ağırlık veya kütle kaybı olarak ifade edilebilir. İşleme şartlarının durumuna göre değişen, farklı aşınma çeşitleri vardır.

Örneğin; konvensiyonel (klasik) talaşlı işlemede; sürtünme (abrazyon) aşınması fazlayken, yüksek hızlarda gerçekleşen talaş kaldırma işlemlerinde sıcaklığının artması sonucu, iş parçası

ve kesici kenar arasında oluşan yapışma ve difüzyon aşınma prosesleri baskındır [15].

Hangi çeşidiyle olursa olsun, aşınma mekanizmalarıyla takımın geometrisi bozulduğu için; işlemeden sonra ortaya çıkan ürünün yüzey kalitesinin bozulması, takımın değiştirilmesinden veya bilenmesi gerekliliğinden kaynaklanan zaman kaybı ve maliyet artışı gibi olumsuzluklar istenmez.

Kesici takım seçimi; kaplama, takım malzemesi, köşe yarıçapı/pah, kenar geometrisi, helis açısı, diş sayısı, uzunluğu ve çapı ile ilgili kararlara göre yapılır. Takım maliyetinin artmasını veya azalmasını, kesme parametrelerinin seçimi etkiler [58].

Süreksiz talaşlı işlemede takımların seçimi; yüksek performans elde etmek, takım maliyetini düşürmek ve kaliteli yüzey elde etmek için önemlidir [5]. Bu istekleri karşılayabilmek için yeni takım malzemeleri ve modern kaplama yöntemleri ortaya çıkmaya başlamıştır.

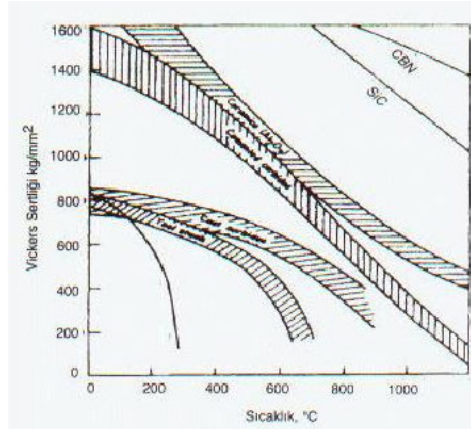
Günümüzde süreksiz talaş kaldırma işlemleri için takım malzemeleri olarak; yüksek hız çelikleri, dökme karbürler, sert metallar ve kübik bor nitrür kullanılmaktadır. Yeni işleme yöntemlerden verim alabilmek için takımlarda gün geçtikçe, hem malzeme hem de geometrileri açısından değişiklikler yapılmaktadır.

2.1.2 Kesici Takım Özellikleri

Talaşlı imalat, genellikle iş parçası ile takım malzemesi arasındaki bir rekabet olarak görülebilir. Bu bakımdan, takım malzemesi ile iş parçasının özelliklerinin birbirinin tersi olması beklenir. Bir takım malzemesinde aranan özellikler şunlardır;

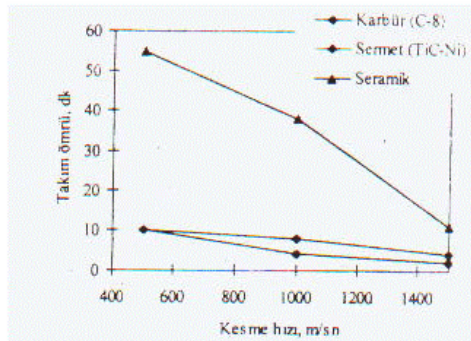
- Süreksiz kesmede mekanik şoklara (darbeli yükleme) dayanmak için tokluk,
- Süreksiz kesme işlemlerinde hızlı ısınma ve soğumalar meydana geldiği için yüksek termal şok direnci,
- Lokalize kaynak teşekkülünü önlemek için iş parçasına karşı düşük yapışkanlık (iş parçası ile reaksiyona girmemelidir),
- Takım bileşenlerinin iş parçasına difüzyonu, hızlı aşınmaya yol açar. Bu nedenle takımın iş parçasındaki çözünürlüğü düşük olmalıdır.

Takım sadece oda sıcaklığında değil, çalışma sıcaklıklarında da iş parçasının en sert bileşeninden daha sert olmalıdır (Çizelge 2.1). Takım geometrisinin bozulmasını önleyen yüksek kızıl sertlik, talaş oluşum süreci sırasındaki ağır şartlar altında muhafaza edilmeli ve hatta aşınma direncine yardımcı olmalıdır [56]. Şekil 2.3'de yüksek hızlarda takım sertliğindeki değişim görülmektedir.



Şekil 2.3 Yüksek hızlarda takım uçlarının sertlik değişimleri [56].

Düşük sertlik ve yapışma aşınması (adhezyon) arzu edilmez. Zira bunlar takım profilinin bozulmasına yol açar, takım burnu yuvarlaklaşır. Uygun olmayan tokluk ve termal şok direnci takım ağzının sıvanması ve hatta tamamen bozulmasına sebep olur. Ne var ki, malzemenin sertlik ve ısıl direnci, ancak tokluğun azalması ile sağlanabilir fakat yukarıda belirtilen niteliklerin tamamını sağlayan en iyi bir takım malzemesi yoktur [56]. Çizelge 2.2’de çeşitli takım malzemelerinin mekanik özellikleri, Şekil 2.4’de ise çeşitli malzemeler için takım ömrünün kesme hızı ile değişimi gösterilmiştir.



Şekil 2.4 Kesme hızı-takım ömrü ilişkisi [56].

Çizelge 2.1 Tipik takım malzemeleri veya Bileşenlerinin sertlikleri [56].

Takım Malzemesi veya Bileşeni	Sertlik (HV)
Martenzitik çelik	500-1000
Nitrülenmiş çelik	950
Sementit (Fe_3C)	850-1100
Sert krom kaplama	1200
Alumina	2100-2400
WC (kobalt bağlı)	1800-2200
WC	2600
W ₂ C	2200
(Fe, Cr) ₇ C ₃	1200-1600
Mo ₂ C	1500
VC	2800
TiC	3200
TiN	3000
B ₄ C	3700
SiC	2600
CBN	6500
Polikristalin elmas/WC	5500-8000
Elmas	8000-12000

Çizelge 2.2 Takım malzemelerinin mekanik özellikleri [28].

Özellik	Yüksek Hız Çeliği	Döküm Alaşımı	WC	TiC	Al ve Si Esaslı Seramik	CBN	Elmas
Sertlik (Gpa)	8.5	8.0	14-24	18-32	20-30	40-50	70-80
Basma mukavemeti (MPa)	4100-4500	1500-2300	4100-5850	3100-3850	2750-4500	6900	6900
Darbe mukavemeti (J)	1.35-8	0.34-1.25	0.34-1.35	0.79-1.24	<0.1	-	-
Elastisite Modülü (Gpa)	200	200	520-600	310-450	310-410	850	820-1050
Yoğunluk (g/cm ³)	8.6	8-8.7	10-15	5.5-5.8	4-4.5	3.48	3.5
Ergime/Bozunma Sıc. (C ⁰)	1300	-	1400	1400	2000	1300	700
Isıl iletkenlik (W/mC ⁰)	-	-	42-125	17	17-29	13	70
Isıl Genleşme Katsayısı (x10 ⁻⁶ /C ⁰)	12	-	4-6.5	7.5-9	3.2-8.5	4.8	1.2

2.1.3 Kesici Takımlar

2.1.3.1 Yüksek Hız Çelikleri

20. yüzyılın başından beri bilinen ve sürekli geliştirilen bu takım malzemesi diğer takım malzemelerine oranla düşük maliyeti ve işlenebilme kabiliyeti nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır [56-62]. Yüksek hız çelikleri, oda ve yüksek sıcaklıklarda yüksek sertliği ve yüksek şok direnci sayesinde iyi performansıyla kesici takım malzemesi olarak kullanılmaktadır. Yüksek hız çelikleri önemli miktarda W, Mo, V ve Cr gibi karbür yapıcı elementlerle alaşımlandırılmıştır [27-32].

Yüksek hız çeliklerinin matris yapısı martenzittir. Metalik alaşım elementleri ile karbon, kuvvetli bağ yapılı karbürleri oluşturur. Tungsten ve molibden, nihai mikroyapıda yüksek miktarda M₆C tipi karbürleri [Fe₃(W,Mo)₃C] oluşturur. M₆C tipi karbür ostenitleme esnasında (1190-1270 C⁰) çözünerek matrisin sertleşmesini sağlar. Çözünmemiş M₆C karbürleri (~1600 HV) ise aşınma direncinin artmasına yardımcı olurlar. Vanadyum, kuvvetli karbür oluşturucu olarak MC tipi (V₄C₃) karbür oluşturur. Çok sert (2600 HV) ve kimyasal kararlılığı yüksek olan bu karbür, ostenitlemede çok az çözünür; çözünmeyen serbest karbür partikülleri abrasif aşınma direncini artırır. Krom ise hem karbür oluşturur, hem de katı eriyik sertleşmesi sağlar [32-62].

%5-8 Co ilavesi yüksek hız çeliğinin temperleme esnasında sertleşmesini geciktirip kızıl sertliğini artırarak daha yüksek sıcaklıklarda çalışmasına imkan verir. Co ihtiva eden çelikler daha gevrek oldukları için işlenebilirlikleri, bilenmesi ve ısıl işlemleri daha zor ve maliyetleri de daha yüksektir [63].

Bu takımlar metal kesme endüstrisinde (özellikle tokluk beklenen alanlarda) özellikle matkaplar, broşlar ve diğer tüm şekil verme takımları olarak önemli kullanım alanına sahiptirler.

2.1.3.2 Dökme Karbürler

Karbür miktarı yüksek oranlara ulaştığı zaman, takım malzemesi daha fazla sıcak dövülemez; bu nedenle, dökümle şekillendirilir. Kesici takımlar için dökme Co-Cr-W alaşımları tescilli malzemedir. İstenilen özelliklere bağlı olarak, alaşımların genel bileşimi; %38-46 Co, %25-35 Cr, %4-25 W ve %1-3 C şeklindedir. Stellite olarak adlandırılan Co-Cr-W alaşımının sertliği, tungsten ve karbon oranına bağlı olarak 40-60 Rc arasında değişir. Isıl işlem uygulanmasına

gerek yoktur. Mikroskobik olarak alaşım, tungsten esaslı bileşikler ve toplam miktarı %45 mertebesinde karbürlerden ibarettir.

Bu alaşımın özelliği; yüksek sertliği, yüksek aşınma, oksidasyon ve korozyon direnci ve mükemmel kızıl sertliğidir. Bu özelliklerin kombinasyonu, bu alaşımı kesme uygulamaları için uygun kılmaktadır. Dökme alaşımlar, kesici uçta hasar olmaksızın yüksek hız çeliklerinden daha yüksek sıcaklıklarda çalışabilmektedir.

Yumuşama yavaş bir şekilde meydana geldiği için, daha yüksek kesme hızlarında çalışmak mümkündür; fakat, bu sırada süneklik azalır. Stellite kesici takım olarak uygulanabilirliği yüksek hız çeliklerinden daha sınırlıdır. Zira döküm alaşımları daha gevrek ve takım dizaynı sınırlıdır. Ayrıca maliyeti de daha yüksektir. Stellite metal kesme takımları yaygın olarak çelik, dökme demir, dökme çelik, paslanmaz çelik, pirinç ve bazı diğer işlenebilir malzemelerin işlenmesinde kullanılır.

Çoğunlukla tek noktalı torna tezgahlarında, şekillendirici takımlarda ve freze bıçağında kullanılmaktadır [29].

2.1.3.3 Karbür Esaslı Takımlar (Sert Metaller)

2.1.3.3.1 Semente Karbürler

Bu malzemeler çok yüksek sertlik ve yüksek basma mukavemetli bir kitle oluşturacak şekilde bir metal veya demir alaşım grubu ile çok ince taneli refrakter metal karbür partiküllerinden oluşurlar. Semente karbürler toz metalurjisi teknikleri ile üretilmektedir. Proses esasen tungsten, titanyum veya tantalum karbür tozlarının hazırlanmasını kapsar. Bu tozlardan biri veya birkaçı bağlayıcı ile karıştırılır. Bağlayıcı metal olarak genellikle kobalt, nadiren de nikel ve demir kullanılmaktadır.

Bu karışım istenilen şekilde kompakt kitle halinde soğuk preslenir ve akabinde sinterlenir (1370-1480C⁰) veya sıcak presleme ile şekillendirilir [11]. Kobalt yüksek sıcaklıklarda karbürlerle ötektik oluşturur ve çok iyi ıslatma özelliği gösterir. Tungsten karbür, düşük sıcaklıkta katı kobaltda yalnızca %1 oranında çözünürken, nikelde %25 ve demirde %5 oranında çözünmektedir. Nikel ve demirde, tungsten karbürün yüksek katı çözünürlüğü, gevrekliği arttırıcı bir etki yapar. Kobalt miktarının artışıyla tokluğun artmasına karşılık sertlik, basma mukavemeti, elastik modül ve abrasif direnç azalır [27–63].

Çizelge 2.3. Semente Karbürlerin Sınıflandırılması [63]

Karbür grubu	Kompozisyon (%)	Kalan WC Sade tungsten karbür	Sertlik (RA)	Yoğunluk (gr/cm ³)
1	2.5-6.5	0-3	93-91	15.2-14.7
2	6.5-15	0-2	92-85	14.8-13.9
3	15-30	0-5	88-85	13.9-12.5
İlave karbür (ağırlıklı olarak TiC)				
4	3-7	20-42	93.5-92.0	11.9-9.0
5	7-10	10-22	92.5-90.0	12.0-11.0
6	10-12	8-15	92.0-89.0	13.0-12.0
İlave karbür (ağırlıklı olarak TaC)				
7	4.5-8	16-25	93.0-91.0	12.5-12.0
8	8-10	12-20	92.0-90.0	13.0-11.5
İlave karbür (sadece TaC)				
9	5.5-16	18-30	91.5-84	14.8-13.5

Bu tür kesici takımlarda abrasif eleman olarak tungsten karbür (WC) ile beraber titanyum karbür (TiC), tantalyum karbür (TaC) ve niobyum karbür (NbC) de mikroyapıda yer alabilir. Bu tür ilave karbürlerin, difüzyona direnç gösteren bir ara tabaka meydana getirmelerinden dolayı kesici takımlarda karşılaşılan önemli hasar türlerinden biri olan kraterleşme engellenmektedir [56].

Bazı özel sert metallerde sert faz olarak krom karbür, molibden karbür ve bağlayıcı metal olarak nikel bulunabilir. Sade tungsten karbürü kaliteler dökme demir, ostenitik çelik, demir dışı ve metal dışı malzemelerin işlenmesinde kullanılırken tungsten karbür yanında titanyum ve tantalyum karbür de ihtiva eden kaliteler ise ferritik çeliklerin işlenmesinde kullanılırlar

(Çizelge 2.3).

Semente karbürlerin yüksek sıcaklık mukavemeti, karışık karbür miktarının artışı ile artmasına karşılık, kobalt miktarının artışı ile azalır (tokluk için bu ilişki terstir). Sinterlenmiş karbürlerin çok iyi takım performansı, çok yüksek kızıl sertlikle birlikte yüksek sertlik ve yüksek basma mukavemetinden ileri gelir [63].

2.1.3.3.2 Sermetler

Sermetler, metalik bir fazla bağlanmış seramikler olup esasen semente karbürler sermetlerin bir alt sınıfıdır. Çelik kesimi için, nikel ve molibdenle bağlanmış TiC tercih edilmektedir [56]. Tipik bileşimi %8-25 Ni, %15-8 Mo₂C ve %60-80 TiC şeklindedir. Ayrıca küçük miktarlarda WC, Co, TiN içerebilir.

Sermetlerin mikroyapısı geleneksel semente karbürlerden farklıdır. Çünkü sinterleme sıcaklığında karbürün, bağlayıcı nikel içindeki çözünürlüğü kobaltkinden daha fazladır. Bu nedenle sermetler, semente karbürlerden daha gevrek karakterdedir. Bu malzemeler yüksek krater ve oksidasyon direnci, düşük sürtünme katsayısı ve termal iletkenlik ile nispeten düşük yoğunluğa sahiptir. Bununla birlikte sertlik derinliği yüksek, abrasif direnci kobaltla bağlanmış tungsten karbürden daha düşüktür [63].

Karışık TiC-TiN kaliteleri daha iyi termal iletkenlik ve daha yüksek hızları ile karakterize edilmektedir [56].

Kesici takım olarak sermetler %20'den daha az bağlayıcı içermektedirler. Bu malzemeler çelik ve dökme demirler için özellikle orta ve hafif yükler altında yüksek hızda yüzey operasyonlarında kullanılmaktadır. Buna karşın, kaba ve darbeli işlemlerde, boşluklu ve pürüzlü yüzeylerde, sert dökümlerde, grafit ve sıcak iş takım çeliklerinde, demir dışı malzemelerde (Al, Cu vb.) ve yüksek oranda nikel içeren malzemelerde (malzemelerdeki nikel ile sermette ki nikel birleşme eğilimi göstermektedir) kullanılması halinde iyi sonuçlar vermemektedir [29].

2.1.3.3.3 Karbür Esaslı Takımların Mekaniksel Özellikleri

Günümüzde WC-Co'nun yüksek sıcaklıktaki mekaniksel özelliklerinin daha iyi anlaşılabilmesi Ammann, Mari ve ekip arkadaşlarının itinalı çalışmaları ile sağlanmıştır [8-49].

WC-Co'nun mekaniksel davranışı, sıcaklığa bağlı olarak 3 farklı yapıyı meydana getirir [37].

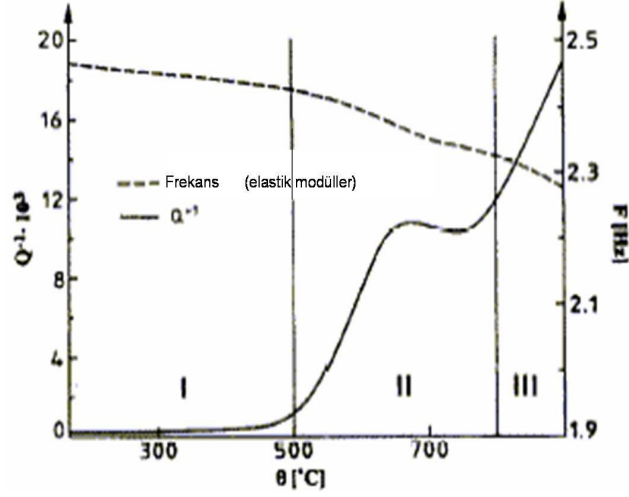
- $T < 500^{\circ}\text{C}$ kırılğan
- $500 < T < 800^{\circ}\text{C}$ sünek
- $T > 800^{\circ}\text{C}$ sürünme

2.1.3.3.3.1 İç Sürtünme

İç sürtünme, WC-Co'nun sıcaklık ile değişen mekaniksel özelliklerinin iyi karakteristiklerini verir. İç sürtünme; periyodik gerilime tabi olan bir maddedeki iyonların, gerilim uygulama sürecinin aktardığı mekanik enerjiyi ısıya dönüştürmesi olarak tanımlanır. İyonlar bunu, bağ enerjilerini kısmen kinetik enerjiye dönüştürerek azaltmak suretiyle yapmaktadır. Ancak bir yandan da, periyodik gerilim uygulama sürecinden tekrar aldıkları enerjiyle, bağ enerjilerini yeniden arttırıp eski haline getirirler.

Malzemenin yapısı kristal ise, kristal yapı düzenindeki bozuklukların (dislokasyon) tür veya sayılarındaki değişimler de enerji dönüştürme sürecinde önemli rol oynamaktadır. Hatta iç sürtünme tersine verimlilik faktörü Q^{-1} gibi bilinir. Malzemenin dayanım kapasitesini belirler. Dislokasyonlarda olduğu gibi büyük kütleler içinde bulunan enerjiyi dağıtan mikroskobik mekanizmalarla bağdaştırılır. İç sürtünme bükme sarkaç deneylerinde mekaniksel salınımların serbest bozulmasını kaydederek ölçülür [8].

WC-Co, sıcaklığın bir fonksiyonu gibi karakteristik bir belirti gösterir (Şekil 2.5). Bu belirti 600°C civarında WC-%11 Co içinde görünen tepe ile karakterize edilir. Ammann [9] dahili sürtünme belirtisinin, WC'nin seramik matrisinde sıkıştırılmış kobaltın özellikleri tarafından açıklanabileceğini ispatlamıştır.

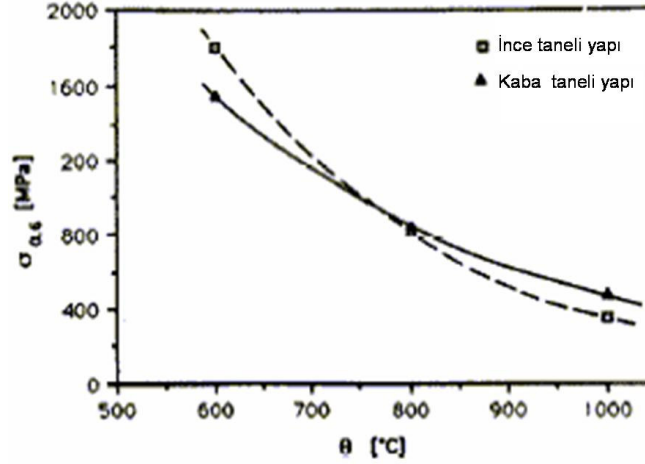


Şekil 2.5 WC-11wt%Co'nun karakteristik dahili sürtünme belirtileri [9].

500⁰C altında dahili sürtünmenin seviyesi oldukça düşük görünür. Dislokasyonlar tamamen hareketsizdir. Bu tepe eriyen tungusten atomlarını sürükleyen Co içinde ki kısmi dislokasyon hareketleri ile birleştirilebilir. Kobaltın plastik deformasyonunun elde edilmesi ile başlayan sıcaklığın 3 farklı yapısı şekil 2.5'deki gibi görünür. Sıcaklığa göre deformasyon testleri takım davranışlarının 3 hareketini de onaylar [9].

2.1.3.3.2 Deformasyon Özellikleri

3 noktalı eğilme testleri Co içerikli WC-Co'nun ağırlıksal olarak %11 den daha düşük olup 500⁰C'ın altındaki sıcaklıkta kırılma gösterir. Kırılma dayanımı bu sıcaklık alanında kararlı kalır [54]. 500⁰C den yüksek sıcaklıklarda, plastik deformasyon, kırılmadan önce elde edilir. Şekil 2.6 %0.04 plastik zorlanmada %11 Co içerikli elde edilmiş WC-Co'nun akma gerilmesini gösterir. 800⁰C civarında geçiş sıcaklığı ile iki kademe elde edilebilir.



Şekil 2.6 Deformasyon dayanımı ve sıcaklık arasındaki ilişki grafiği [54].

Şekil 2.6, 800C⁰ altında ince taneli örneklerin kaba taneli olana göre daha iyi deformasyon dayanımına sahip olduğunu gösterir. Bu yüksek sıcaklıklarda tam tersine olur. Benzer sonuçlar tane boyutunun sıcaklığa etkisiyle ilgilenen Suziki tarafından elde edildi [38].

Sürünme ölçüleri deformasyonun termal hareketinin ölçülmesinde çok yararlıdır. Sürünme oranı $\dot{\epsilon}$ 'nin sıcaklıkla ilgili olduğu Bazmann kuralı ile elde edilir.

$$\dot{\epsilon} = \dot{\epsilon}_0 \cdot e^{-\Phi/k\theta} \quad (2.1)$$

$\dot{\epsilon}_0$ burada sabittir, k Boltzmann sabiti, θ sıcaklık, Φ hareket enerjisidir. Sabit gerilmede sürünme testleri 500 ve 1000C⁰ arasında gerçekleşen 2 hareket bölgesini gösterir; birincisi, atom başına 2,5ev sürünme için hareket enerjisi tarafından karakterize edilir(500C⁰ < θ < 800C⁰). İkincisi, θ > 800C⁰ de atom başına 5ev hareket enerjisi gösterir. Birinci hareket bölgesinde sürünme süresince etkili gerilim zorlanması ile WC-11wt.%Co) kırılmadan önce deformasyon %5'e sınırlanır. İkinci hareket alanında WC tanelerinin de-kohezyon'u ile malzeme kırılır ve kırılmadan önce plastik deformasyon %2'ye varabilir.

2.1.3.3.3 Mikro Yapı

Tarama elektron mikroskobu ile WC-Co'nun kobalt fazında bulunan mikro yapının gözetlenmesi ile takımın mekaniksel özellikleri içindeki değişimler net bir şekilde açıklanır. Oda sıcaklığında kobalt kübik yüzey merkezli yapıya sahiptir. Kısmi dislokasyonlar kontrolsüz bir şekilde yığılma hatalarına doğru yönelir, öyle ki bu yöneliş yığılma hataları

yoğunluğunun artması için serbest ana yolun azalması anlamına gelir. Böylece kobalt sertleşir. Bu kısmi dislokasyonlar 450 C^0 de yığılma hataları genişliğini azaltarak hareketli hale gelir. Kademeli yığılma hataları ağı çözülür ve kısmi dislokasyonların serbest yolu artar. Kısmi dislokasyonların hareketlerine başladığı sıcaklık iç sürtünme tepelerine uyar[37].

WC-Co'nun davranışı bağların özellikleri tarafından kontrol edilir. WC yapısı tarafından çevrelenen kobaltın mikro yapısı ve özellikleri serbest kobaltinkinden farklıdır ve 3 ana sıcaklık bölgeleri bulunur.

Bölge I-Kırılganlık ($\theta < 500\text{C}^0$): WC-Co kırılgan ve elastiktir. Kobaltın mikro yapısı dislokasyon hareketini engelleyen yığılma hatalarının birbirine karıştırılmış yapıları tarafından oluşur. Akma gerilmesi bu yüzden kopma gerilmesinden daha yüksektir[37].

Bölge II-Sünek ($500\text{C}^0 < \theta < 800\text{C}^0$): Süneklilikte ki artış iç sürtünme tepesi ile ilgilidir. Bu artış, plastik deformasyonun sınırlanması ile elde edilir. Yığılma hatalarının varlığı kısa mesafeler için kısmi dislokasyonların hareketini sınırlar[37].

Bölge III-Sürünme ($\theta > 800\text{C}^0$): Sürünme, yüksek sıcaklıklarda oluşan plastik şekil değiştirme olarak ifade edilir. Takım ucu kırılmasından önce Plastik deformasyon ($\epsilon > \%1$) çok önemli olur. Kısmi dislokasyonlar tırmanabilme veya çapraz kayabilme özelliği ile mükemmel dislokasyonlar içersinde yeniden birleşirler. Öyle ki kısmi dislokasyonların hareketleri WC yapısı tarafından verilen geometriyi takip edebilir. Kobalt dilokasyonlarının artışı gerilme yoğunluğunu geliştirir (kama etkisi). WC-WC ara yüzünü kırmak için yeterlilik; WC yapısının parçalanmasıdır[37].

2.1.3.4 Kübik Bor Nitrür (CBN)

Sentetik elmas yapımı için kullanılanlara benzer yüksek sıcaklık (1500C^0), yüksek basınç (8Gpa) teknikleri ile hekzagonal-kübik kafes dönüşümü ile elde edilen kübik bor nitrür (CBN), elmastan sonra ikinci en yüksek sertlik değerine sahiptir (Çizelge 2.2). Küçük miktarlardaki seramik veya metal bağlayıcı ile %100 yoğunluktaki bor nitrür karıştırılır. Günümüzde, General Electric firmasının BZN ve De Beers firmasının Amborite ticari adı ile piyasaya sunduğu iki ürün yaygın olarak kullanılmaktadır[32].

Kübik bor nitrürün sertliği, sıcaklık artışı ile azalmaktadır. Elmasla karşılaştırıldığında kübik bor nitrürün en önemli avantajı, demir veya diğer metaller ile temasında veya havada yüksek sıcaklıkta sahip olduğu çok yüksek kararlılığıdır. Çok kristalli kübik bor nitrür endüstriyel alanda son birkaç yıldır kullanım alanı bulmaktadır. Ferro malzemeler ile reaksiyon direnci ve

mükemmel abrasif direnci ile kombine edilen kübik bor nitrür, diğer takım malzemelerden daha yüksek sıcaklıklarda ve daha yüksek hızlarda sert malzemelerin işlenmesinde kullanılmaktadır.

Özellikle, elmasın kullanımını engelleyen hızlı aşınma olmaksızın yüksek hızlarda sert dökme demir ve sertleştirilmiş çeliğin kesimi için kullanılmaktadır. Ayrıca, süper alaşımlar (nikel ve kobalt esaslı), kübik bor nitrür kompozit kesici takımlarla, sementte karbürlerden çok daha yüksek hızlarda işlenebilmektedir. [27-33].

3. TAKIM ÖMRÜ

3.1 Takım Ömrünün Tanımı

Bir kesici takımın iki bilenmesi arasında geçen net çalışma zamanına takım ömrü denir. Daha ilmi bir tarifile takım ömrü; bir takım serbest yüzey aşınması kriterine ulaşmak için gerekli olan kesme veya işleme zamanıdır[51]. Bazı hallerde, örneğin delme; planyalama, broşlama gibi işlemlerde takım ömrü işleme uzunluğu (L) yada frezelemede olduğu gibi talaş hacmine göre ifade edilebilir.

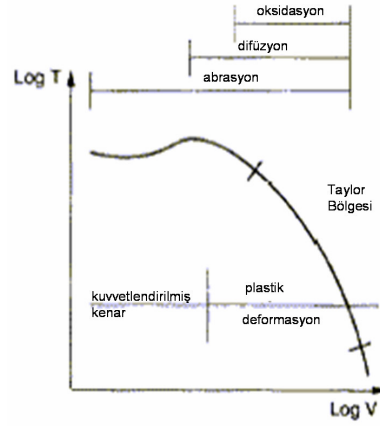
Takım ömrünün belirlenmesi için ayrıca bir kriterde dayanma miktarı 'N' dir. Bu kavram kesici takımın önceden belirlenmiş düşük yüzey kalitesine ulaşmaya kadar işleyebileceği parça sayısıdır[46].

Takım ömrü kırılma ve aşınma olayları olmak üzere temelde 2 sebepten oluşmaktadır. Kırılma ile ilgili takım ömrü üzerinde kesme hızının ve ilerlemenin güçlü etkisi iyi bilinmektedir[19-21]. Bizim bu projede incelediğimiz takım bozulması, kırılma olayından kaynaklanan takım ömrü ile ilişkilidir.

3.1.1 Sürekli Kesmede Takım Ömrü

Eğer biz kesici takım ömrü T (verilen serbest yüzey aşınması VB için- genellikle 0,3mm) kesme hızının (V) karşısına logaritmik grafikte çizilirse, farklı aşınma prosesleri için çeşitli hareket bölgeleri ile ilişkili şekil 3.1'de gösterilen eğri elde edilir[64]. Bu aşınma proseslerinden biri, belirli hız değişimlerinde diğer aşınma proseslerinden daha kuvvetli olabilir ve onları minimize edebilir.

Kesme hızı ile değişen temel fiziksel parametre sıcaklıktır. Takımın sıcaklığı kesme hızı ile arttığından, termal olarak aktif halde ki prosesler takım aşınmasını kontrol etmeye başlayabilir.



Şekil 3.1 Aşınma mekanizmaları ve sert metal takımlar için hızla göre takım ömrü grafiği [64].

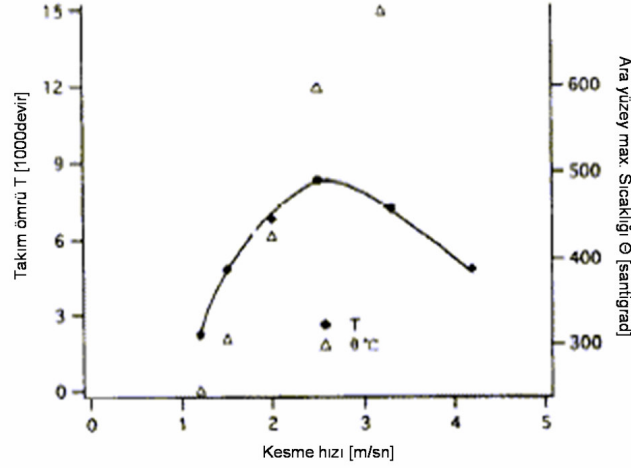
Aşınma eğrisi takım ömründe bir tepe gösterir ve akabinde Taylor'ın yüksek hız varsayımından da bilindiği gibi takım ömrü hızlıca azalır. Yüksek hızlarda logaritmik takım ömrüne karşı logaritmik hız eğrisi daima lineer bağlılıkla hesaplanır. Uygulamalarda, iyi bilinen Taylor bağıntısı [61] takım ömrünü hesaplamada kullanılır. Klasik Taylor eğrisinin denklemi;

$$V \times T^n = \text{SABİT} \quad (3.1)$$

olarak verilir. Burada; n Taylor üstü, V kesme hızı ve T takım ömrüdür. Burada n, kuvvetli ölçüde soğutucunun varlığından etkilenir. Taylor üstü (n) temel olarak sıcaklığa bağlı bir parametre olduğundan tahmini bir değer alınabilir. Colding ve Köning de [26] kesme hızları değişimlerinin kapsamlı bir şekilde dikkate alınmasıyla, Taylor grafiğinin (logT-logV grafiği) düz bir çizgi olmadığını belirtmiştir. Buda bize, bazı mekanizmaların Taylor bölgesinde bile sıcaklık değişimlerine göre aktif olabileceğini ve Taylor eğrisinin herhangi bir kısmını minimize edebileceğini kanıtlar.

3.1.2 Süreksiz Kesmede Takım Ömrü

Süreksiz kesmede takım ömrü kesme hızının bir fonksiyonu gibi sürekli kesmede elde edilen takım ömrüne benzerdir ve takım ömründe bir maksimum elde edilir (Şekil 3.2). Bu durumda, sıcaklık dönüşümlü olarak değiştiğinden takım sıcaklığı ile kesme hızının doğrudan ilişkili olduğu düşünülemez. Halen takımın max sıcaklığı hız ile (Şekil 3.2) artar ve termal olarak aktive olmuş prosesler, sürekli kesme için belirtilen benzer özelliklere yönlenebilir.



Şekil 3.2 Klasik WC-Co (P20) takım ile süreksiz kesme işleminde kesme hızına karşı takım ömrü [37].

3.2 Takım Ömrünü Etkileyen Faktörler

Kesici takım ömrü, talaş kaldırmada en önemli ekonomik hususlardan birini teşkil eder. Talaşlı imalat işlemlerinde, takım açıları, kesme hızı, ilerleme değeri ve tezgah devri ekonomik bir takım ömrü vermek için seçilir.

Takım ömrü aşınma olayına bağlı olduğundan aşınmayı etkileyen parça ve takım malzemesi, takım geometrisi, talaş geometrisi, kesme hızı, kesme sıvısı ve tezgah gibi faktörler takım ömrünü etkiler. Belirli bir talaş kaldırma işlemi için iş parçası malzemesi, takım malzemesi ve takım geometrisi seçildiğinde takım ömrünü en fazla etkileyen faktör kesme hızıdır. Başka bir deyişle, diğer şartlar sabit kaldığında kesme hızı azaldıkça takım ömrü artar. Talaş kaldırma işlemlerinin en uygun hale getirilebilmesi için takım ile kesme hızı arasındaki ilişki çok iyi bilinmelidir. Bu yönde ki ilk çalışmalar Taylor tarafından yapılmıştır.

3.3 Takım Ömründe Sıcaklığın Önemi

Talaş kaldırma işlemlerinde, harcanan enerjinin hemen hemen tamamına yakın kısmı ısıya dönüşür. Bu sebeple kesme bölgesinde oluşan ısı, talaş kaldırma işleminde önemli bir faktör olup, takım performansı ve iş parçası kalitesi açısından büyük bir önem taşımaktadır. İş parçasının işlenmesi sırasında oluşan ısı, kesici takımın performansını sınırlayan bir faktördür.

Sıcaklık tahmininin önemi takım verimliliğindeki etkilerinden ötürü literatürlerde detaylı bir şekilde irdelenmiştir. Özellikle aşınma oranının büyük ölçüde takım-talaş ara yüzey sıcaklığına bağlı olduğu sıcaklık tahmininde en iyi şekilde gözlenmiştir [43].

Sıcaklık asıl sorunlardan biridir ve hatta nikel esaslı alaşımlar ve titanyum gibi ileri malzemelerin üretiminde ve işlenebilirliğinde, ilerleme oranı ve kesme hızı gibi proses parametrelerinin seçilmesinde asıl etkindir [44]. Nikel esaslı alaşımlar ve titanyum gibi ileri malzemelerin düşük ısı iletkenliklerinden ötürü işleme sırasında ortaya çıkan ısının çoğu takım içersine akar [6]. Bu nedenle kesme takımları üzerinde mekanik gerilmelerin yanı sıra termal gerilmelerde meydana gelir. Bu termal gerilmeler takım yorulmasını harekete geçirerek sürtünme, yapışma ve talaş sıvanmasından dolayı takımı hasarlar. Üstelik, sıcaklığın takım yapısında bulunan kristal sınırlarına yayılmasıyla, kristaller arasında bulunan sınırlar yok olur ve takım hızlı bir şekilde aşınır[6].

Kesme sıcaklığının varlığı Taylor'un 1907 deki deneysel çalışmaları kadar eski tarihlere uzanmaktadır. Taylor'un deneysel araştırmaları, kesme hızındaki bir artışın takım ömründe azalmaya neden olduğunu anlamamıza yardımcı olmaktadır. Triger ve Chao [25] kesme sıcaklığının analitiksel olarak değerlendirilmesinde ilk çalışmaları yapmışlardır. Onlar metal kesme işlemi süresince oluşan ısı üretim mekanizmasını düşünerek ortalama takım-talaş ara yüzey sıcaklığını hesaplamışlardır. Sonuç olarak takım-talaş ara yüzey sıcaklığının aşağıda belirtilen 2 nedenden tarafından oluştuğunu açıklamışlardır.

- Kesme bölgesinde talaş teşekkülü ile ilgili meydana gelen plastik deformasyondan ötürü.
- Temas bölgesi boyunca talaş ve takım yüzeyi arasında oluşan sürtünmeden ötürü.

Loewewn ve Shaw [47] kesme sıcaklığı üzerinde birçok değişikliklerin etkilerinin deneysel olarak elde edilmesinin mümkün olmadığını veya bu değişikliklerin uygun olarak ölçülemeyeceğini bildirmişlerdir.

Onlar varsayımlarda bulunarak ara yüzey sıcaklıklarını hesaplamakta basit bir analitik prosedür geliştirmiştir. Böylece takım-talaş temas bölgesinde talaş yüzeyi boyunca talaş içine ısı akışının bir parçası kararlı olmaktadır ve takımın dörtte biri sonlu gövde gibi hareket etmektedir.

3.4 Takım Aşınmaları

3.4.1 Aşınma Türleri

Talaş kaldırma işlemi esnasında her yükleme türü ve süresine bağlı olarak kesici takımında kendine özgü aşınma şekilleri ortaya çıkar. Kesici takım talaş yüzeyinde krater aşınması, kesici kenar serbest yüzeyinde serbest yüzey aşınması ve yan serbest yüzeyinde oksidasyon aşınması meydana gelir. Oksidasyon aşınması ikinci derecede önem taşıyan bir aşınma olup pratikte en çok kullanılan serbest yüzey aşınması ve krater aşınmasıdır.

Krater Aşınması: Takım talaş yüzeyi boyunca akan talaşın etkisi ile meydana gelen bir kraterin teşekkülü ile karakterize edilen talaş yüzeyindeki aşınma, talaşın alt kısmının şekline uyar ve sadece talaş-takım temas bölgesinde ortaya çıkar. Ayrıca kesici ağıza yakın bir bölge daha az aşınmaya maruzdur.

Talaş kaldırmada maksimum sıcaklık, takımın talaş yüzeyinde uçtan itibaren, belirli bir mesafede meydana gelmektedir. Yüksek kesme hızlarında bu sıcaklıklara 1000⁰C civarında ulaşılabilirler. Sert metal takım malzemeleri bile bu sıcaklıklarda sertliklerini koruyabilseler de, yayınma (difüzyon) ortaya çıkar ve hızlı aşınmaya sebep olur [36].

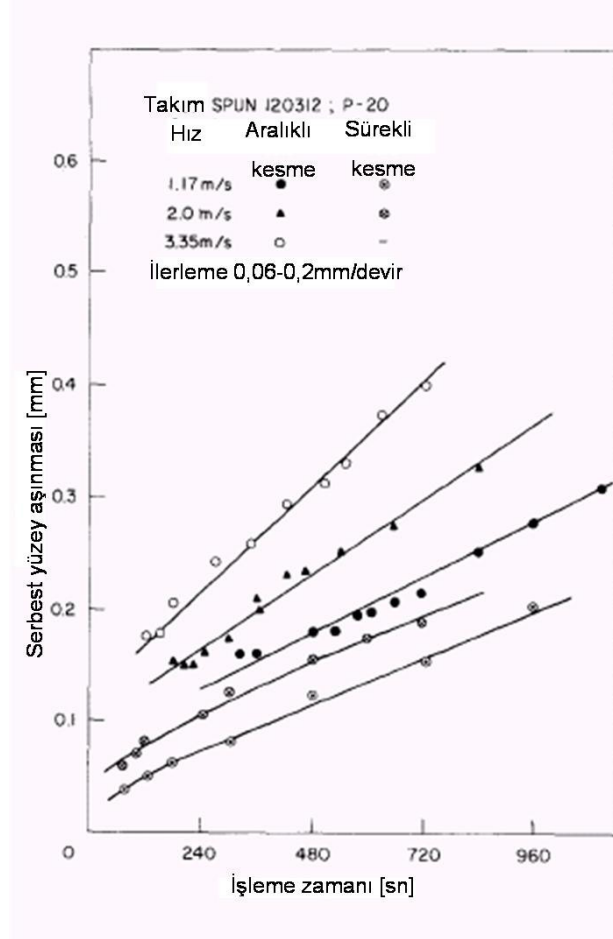
Yüksek kesme hızlarının uygulandığı çalışma şartlarında krater aşınması kesici takımın ömrünün saptanmasına yarayan bir faktör olmaktadır. Böyle durumlarda krater şekline dönüşme o kadar büyük ve önemli olabilir ki sonuçta takımın kesici kenar ağız zayıflar ve kırılır.

Serbest Yüzey Aşınması: Bir kesici takımın serbest yüzeyindeki aşınma, iş parçasının yeni işlenmiş yüzeyi ile takımın serbest yüzeyi arasındaki temas bölgesinde meydana gelen sürtünmeden oluşur. İş parçasının rijitliği nedeniyle aşınma bölgesinin genişliği genellikle aşınma miktarının ölçüsü olarak dikkate alınır ve SEM mikroskobu ile kolayca ölçülebilir.

Sert metaller için maksimum serbest yüzey aşınması 0,3mm olup, takımın bu değere ulaşmadan değişmesi gerekir. Ters durumlarda takım daha hızlı aşınır ve kırılır böylece iş parçasının yüzey hassasiyeti bozulur. Bu serbest yüzey aşınma miktarı bazı literatürlerde maksimum 0,4mm olarak kabul edilir.

Serbest yüzey aşınması süresi kesici takımın işleme parametrelerine göre ve işleme yöntemlerine göre değişir. Çalışmamızda kullanılan P20 sert metal takım ile süreksiz talaş kaldırma ve sürekli talaş kaldırma işlemleri için aynı işleme parametreleri kullanılarak serbest

yüze aşınma miktarlarının zamana göre nasıl değiştiği şekil 3.3'de görülmektedir. Şekil 3.3'ü dikkate alarak süreksiz talaş kaldırma işlemi ile sürekli talaş kaldırma işlemi kıyaslandığında süreksiz talaş kaldırma işleminde işleme verimliliğinin çok daha düşük olduğunu söylenebilir.



Şekil 3.3 Sürekli ve süreksiz talaş kaldırma işlemlerinde takım aşınma oranları [36].

3.4.2 Aşınma Sebepleri

Kesme takımı malzemesinin biçim değiştirme direnci çok düşük ancak buna karşılık yeterince yüksek süneklilik özelliği göstermediğinde kesme kenarı plastik biçim değiştirir. Bu durum tam sertleştirilmemiş takım çeliklerinde ve bağlayıcı madde miktarı fazla olan sert metallerde görülebileceği gibi takım üzerinde sıcaklığın çok yükseldiği ve buna bağlı olarak kesici takım malzemesinin yumuşadığı durumlarda da izlenebilir.

3.4.2.1 Kazıma (Mekanik Aşınma)

Talaşın altındaki çok sert partiküllerin takımın talaş yüzeyinden geçerken takım malzemesini mekanik etki sonucu kazımasından ve bir nevi aşındırmasından meydana gelir. Bu sert partiküller kararlı halini kaybetmiş yığılma ağzının gerinim ile pekleşmiş parçacıkları, yapışma aşınması sonucu koparılmış olan kesici takımın sert parçacıkları ve hatta parçanın içerisindeki bazı sert kısımlar (Fe_3C) da olabilir.

3.4.2.2 Yapışma (Adhezyon)

Talaş oluşumu sırasında talaş yüzeyi ile talaş alt kısmı arasındaki ara kesiti oluşturan malzeme tabakaları en şiddetli plastik biçim değiştirmeye uğrarlar. Yeni oluşan yüzeyler ısınmadan dolayı ve bunun yanı sıra biçim değiştirmeden dolayı çok yüksek düzeyde aktif durumda bulunurlar. İşte bu nedenle talaşlı işleme sırasında iki metal arasında pres kaynağı olduğu görülmektedir. Aşınma iki metal arasındaki kaynaklanmış bölgelerin kopmasından oluşur.

Pres kaynakları nedeni ile aşınmanın yükselmesi özellikle pürüzlü takım yüzeylerinde ve takım yüzeyi üzerinde malzeme akışının bozulduğu noktalarda meydana gelir. Pres kaynaklarından dolayı talaşta mikro kırılmalar oluşur ki, bu durum talaş akışının takım yüzeyinde daha da güçleşmesine neden olur. Aşınmadaki bu pay düşük kesme hızlarında daha da yükselir. Çünkü bu hızlarda yığılma ağız oluşumu daha etkin ve belirgindir.

Yığılma ağız, talaşlı işlenen iş parçası malzemesinin yüksek düzeyde pekleşmeye uğramış bir tabakasıdır. Bu tabaka takıma yapışarak takımın kesme görevini devralır. İlerleyen süre zarfında yığılma ağız tabakası daha da sertleşir ve takımın bu noktalardan kırılmasına neden olur.

3.4.2.3 Yayınma (Difüzyon)

Yayınma, metalik kristallerdeki atomların yüksek atomik konsantrasyonlu bir bölgeden düşük konsantrasyonlu bölgeye geçmeleri suretiyle meydana gelir. Yayınma hızı, sıcaklıkta ki artış ile üstel olarak artar. Çünkü takım çeliği ve hız çeliğinden takımlar yayınmanın görüldüğü sıcaklıklara ($>1000C^0$) erişmeden sertliklerini kaybederek yumuşarlar.

Yayınma reaksiyonlarını bastırma bilmek için sert metal içine reaksiyon eğilimi göstermeyen bileşimler (örneğin: TiC) eklenir.

3.4.2.4 Tufallaşma (Oksidasyon)

Kesme işleminden sonra kesici takım incelendiğinde temas yüzeylerinin yakınlarında renklenmelerin oluştuğu görülür. Bu renklenmeler kesici takımın tufallaşmasına bir kanıttır. Kesici takım alaşım durumuna ve kesme sıcaklığının derecesine göre tufallaşmanın farklı anlamları vardır. Sert metaller 700-800C⁰ de tufallaşmaya başlarlar.

Oksidasyonun sert metal dokusuna zararlı ve bozucu etkisi yan kesme yüzeyinde görülür. Karmaşık bir wolfram-kobalt, demir oksidi oluşturur. Bu ise sert metale göre daha moler hacim içerdiği için yüzeyden dışarıya doğru diken biçiminde taşar ve takım kenarının kırılmasına neden olur [51].

3.5 Takım Aşınmasında Soğutma Sıvılarının Önemi

Soğutma sıvılarının işleme proseslerine girişi; takım ve iş parçası arasındaki temas yüzeylerinde sürekli meydana gelen, tribolojik proseslerin özelliklerini iyileştirmek amacıyla olmuştur [31].

Metal işleme endüstrisinde yaklaşık 200 yıldan beri geniş kullanım alanı bulan soğutma sıvıları; W.H.Northcott tarafından yazılan “*Soğutma sıvılarının uygulanmasıyla verimlilikte önemli gelişmeler*” konulu, “*A Treatise on Lathes on Turning*” adlı kitabın İngiltere’de 1868 tarihinde basılmasıyla ilk kez bir bilimsel yayında kendini göstermiştir. Yaklaşık 15 yıl sonra F.W.Taylor’da iş parçası/takım ara yüzeyine bol miktarda su akıtılarak kesme hızında % 30-40 artış sağlanabileceğini kanıtlamıştır [31-35]. Bununla beraber su; iyi bir soğutucu olmasına rağmen, yağlayıcılık özelliğinin yüksek olmaması ve iş parçasının yanı sıra makine takımlarında da korozyona sebebiyet vermesi nedeniyle soğutma sıvısı olarak tercih edilmemektedir.

O zamandan beri; sürekli olarak daha etkili ve daha iyi özelliklere sahip olan soğutma sıvılarının geliştirilmesi adına yapılan çalışmalar artmış, ortaya yeni ve çeşitli ürünler çıkmaya başlamıştır.

Talaş kaldırma sırasında kullanılan soğutma sıvılarının başlıca amacı, soğutma ve yağlama’dır. Soğutma özelliği ile, kesme esnasında oluşan ısıyı çevreye ileterek ısı miktarını azaltmak; yağlama özelliği ile de takımla talaş ve takımla işlenen yüzey arasına nüfuz ederek sürtünmeyi azaltmak ve takımın aşınmasını önlemektir. Bu olaylara bağlı olarak kesme sıvılarının etkileri; takım ömrünün uzaması, yüzey kalitesinin iyileşmesi, kesme kuvvetinin ve

gücünün azalması, sıcaklıktan meydana gelen şekil-değiştirmelerin azalması ve talaşın uzaklaştırmasında kolaylıklar sağlaması şeklinde sıralanabilir [2].

Örneğin, soğutma sıvısı; delme gibi bazı işlemlerde deliklerin içindeki talaşları dışarı atmaya yardım eder ve böylece matkap ucunun kırılması önlenir [14-17]. Soğutma sıvısının kaldırılarak yapılan delme işlemi, en kritik kesme proseslerinden biridir [18-30].

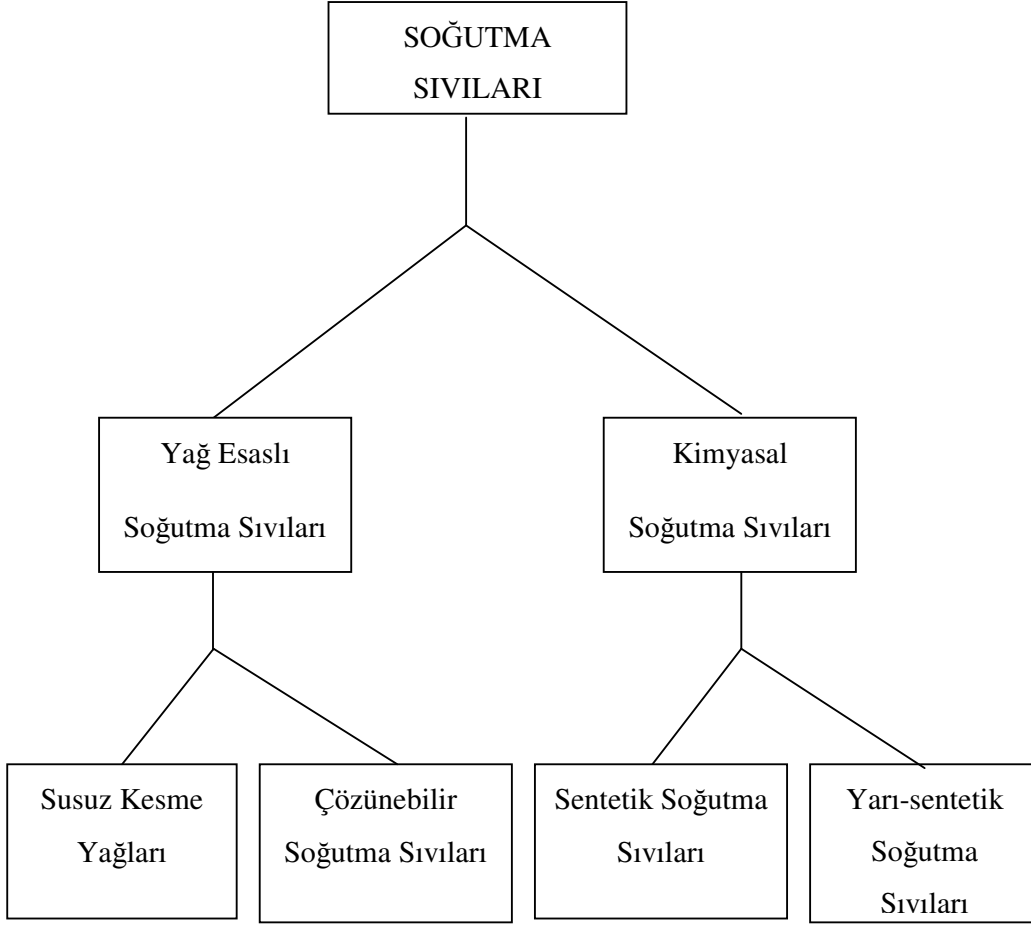
3.5.1 Soğutma Sıvılarının Çeşitleri

Talař kaldırma yöntemleri ve işlenecek parça malzemesinin özellikleri arasındaki farklılıklar yüzünden, bu yöntemlerde kullanılacak olan soğutma sıvıları da birbirinden farklılık gösterir. İşlemenin sonucunun, verimli ve ekonomik olması açısından kullanılacak soğutma sıvısının doğru sečilmesi ve uygulama şeklide ayrı bir önem taşır.

Belli bir operasyon için, en iyi soğutma sıvısının seçimi birkaç parametreye bağlıdır. Bu parametreler arasında; şlenmiş parçanın yüzey bütünlüğü, istenen toleranslar, iş parçası ve takım malzemeleri, kesme derinliği, ilerleme oranı ve kesme hızı bulunur [10-12].

Piyasada metal işleme operasyonlarında kullanılan yüzlerce farklı soğutma sıvısı çeşidi olmasına rağmen, kullanıcı veya operatör tarafından seçiminin ve tanınmasının kolaylaştırılması amacıyla soğutma sıvıları şekil 3.4'de görüldüğü üzere genel olarak 4 ana gruba ayrılmıştır.

- Su ile karıştırılmadan kullanılan susuz kesme yağları
- Çözünebilir soğutma sıvıları
- Yarı-sentetik soğutma sıvıları
- Sentetik soğutma sıvıları



Şekil 3.4 Soğutma sıvılarının çeşitleri

3.5.1.1 Susuz Kesme Yağları

Metal işleme sıvılarının bu tipi; petrol esaslı mineral yağlardan oluşur. Genellikle, susuz kesme yağları; soğutmadan çok yağlama özelliği istenilen işleme operasyonlarında tercih edilirler. Bu çeşit soğutma sıvılarının kullanıldığı uygulamalarda, yüksek miktarda sürtünme ve kesme basıncı oluşur. Soğutma ve akışkanlık (viskozite) yeterli olmadığında ise büyük miktarlarda ısı ortaya çıkar. Artan ısı, sistemde yangın tehlikesi yaratabilir ve bu nedenle gereken önlemlerin alınması yerinde olur.

3.5.1.2 Çözünebilir Soğutma Sıvıları

Diğer bir adı “suda çözülebilir yağlar” olan, çözünebilir soğutma sıvıları; çoğu petrol veya mineral yağdan, geri kalan kısmı da yağın suda dağılmasına yardım eden emülsiyonlayıcılardan ve ilave maddelerden oluşmuştur.

Sulandırılmış şekilde kullanılan çözünebilir soğutma sıvıları, genelde iyi yağlama özelliği gösterir ve susuz kesme yağlarından da, daha iyi bir soğutma özelliği sağlar. Fakat çözünebilir soğutma sıvısı, korozyon oluşumuna karşı dayanıksızdır. Bu olumsuzlukları engellemek için sıvıya, korozyon dayanımını artırıcı ek maddeler ilave edilmektedir. Aynı zamanda; bu ek maddeler, sıvının ömrünü arttırmak ve performansının geliştirmek için de katılır.

3.5.1.3 Yarı-sentetik Soğutma Sıvıları

“Yarı-kimyasal sıvılar” olarak adlandırılan yarı-sentetik soğutma sıvıları; esas olarak sentetik soğutma sıvıları ve çözünebilir soğutma sıvılarının birleşmesinden meydana gelmiştir ve de bu iki tip sıvının özelliklerini bünyesinde barındırır. Yarı-sentetik soğutma sıvıları; normalde yarı şeffaftırlar fakat saydamdan, saydam olmayana göre de çeşitlilik gösterebilirler.

Çözünebilir soğutma sıvılarından daha iyi soğutma ve yağlama özelliklerine sahiptirler. Bunlarla beraber, yarı-sentetik soğutma sıvıları; daha az duman oluşumu, uzun kullanım ömrü ve iyi korozyon kontrolü sağlar.

3.5.1.4 Sentetik Soğutma Sıvıları

Bu tip soğutma sıvılarının bileşiminde, mineral yağ veya petrol bulunmaz. “Kimyasal sıvılar” olarak ta adlandırılırlar. Genelde sulandırılmış şekilde kullanılan sentetik soğutma sıvıları; diğer 4 tip metal işleme sıvılarının arasında, en iyi soğutma özelliği sağlayan ve genelde en kolay temizlenebilir olanıdır [20].

Ayrıca, operatörün çalışma esnasında yaptığı işi görmesine izin veren saydam yapısı da sıvının başka bir avantajı olarak kabul edilebilir.

3.5.2 Soğutma Sıvılarının Avantajları

- Takım ömrünün artması ve takım maliyetinin azalması
- Üretim hızında artış sağlanır.
- Daha iyi yüzey kalitesi sağlar.
- Talaşların daha kolay akışını sağlar.
- İşçilik ve ek maliyetlerin azalmasına yardımcı olur.

- Enerji tüketim maliyetlerinin azalması sağlanır.
- Sürtünme bir kesme sıvısıyla azaltıldığı için işleme operasyonlarında daha az güç gerekir ve enerji maliyetlerinde tatmin edici bir tasarruf sağlamak mümkündür.
- Kesme işlemi esnasında iş parçasının operatör tarafından daha iyi görülebilmesini sağlar.
- Tezgah veya iş parçasını korozyon, pas ve lekelenmeye veya oksitlenmeye karşı korur.

3.5.3 Soğutma Sıvılarının Dezavantajları

Metal işleme sıvılarının işlemeyi kolaylaştıran olumlu özellikleri olduğu gibi, istenmeyen olumsuz etkileri de bulunmaktadır. Soğutma sıvılarının dezavantajları;

- İnsan sağlığına zarar vermesi,
- Çevre kirliliğine yardım etmesi ve
- Üretimde toplam maliyeti arttırması, olarak sıralanabilir.

4. MEKANİK YORULMA VE MEKANİKSEL ÇATLAKLAR KAVRAMI

Teknik kesme proseslerinde devirsel yükler daima farklı genliklerde olur [7]. Devirsel yükler, takım ömrü gibi kesici takımların prosesini sınırlayarak, geçmişte oldukça az dikkat çekmiştir.

Araştırmacılar; 1992 den beri oda sıcaklığında ki devirsel yükler altında, malzemelerin üzerinde yorulma olayının varlığını ve onların takım ömürlerini belirlemeyi, bazı etkileri sınırlayarak sağlamıştır. Bozulmuş kesici takım yüzeylerine SEM ile bakıldığında kesici takımların mikro yapıları içerisinde sünek bağlayıcı fazların olduğu görülmektedir. Kesici takımlarda meydana gelen mekanik yorulmalar bu fazlardan dolayı oluşabilmektedir.[36-57].

Bu sonuç yorulma süresince oluşan mikro yapıdaki prosesler hakkında yeni bilgilere yönlendirmektedir. Devirsel yükler, kesme prosesi süresince talaşların yapışması, talaş kalınlıklarının değişerek kayması, makinaların titreşimlerinden ve süresiz talaş kaldırmadan dolayı oluşur. Bu nedenle kesici takımın davranış bilgisi özellikle devirsel yükler altında büyük önem taşır. Bugüne kadar çok az araştırma bu konular hakkında literatürlerde yer aldı.[45-59].

Devirsel yükler altında hata sayısı 'Nf' olarak tanımlanır. Araştırılan tüm sert metaller Nf'ye kadar devirlerin artması ile maksimum gerilme genliğinin azaldığını gösterir. Çatlak oluşumları bağlayıcı fazda kuvvetli bir şekilde meydana gelir. Çatlakların bu hızlı gelişimi yüzeyde yorulmaya neden olur. Devirsel yükler altında maksimum gerilme genliğinin azalması ile sert metaller ve sermetlerde kuvvetli mekaniksel yorulmalar görülmektedir[57].

Devirsel yükler altında kesici takım bozulmasını önlemek için daha ucuz olan nikel, sert metallerin bağlayıcı fazları içerisinde kobaltın yerine koyulabilir. Co bağlayıcılı sert metallerde devirsel yükleme süresince kübikten hekzagonal yapıya faz dönüşümleri sırasında kesici takım malzemesinin yapısında meydana gelen bozulma, bağlayıcı olarak Ni kullanıldığında engellenebilir. Fakat istenen davranış tam olarak elde edilemez. Bu da sert metal mikro yapısında görülen küçük deliklerden dolayı olabilir. Bu davranışın açıklanabilmesi için daha fazla çalışma gereklidir[57].

Kesici takım malzemelerinin mikro yapıları ve bileşimleri içerisinde yapılacak uygun değişiklikler ile devirsel yükler altında meydana gelen kesici takım bozulmaları engellenebilmektedir. [57].

Düşük kesme hızlarında, mekaniksel çatlaklar takım bozulmaları için temel etkindir. Bu durumda, kesme kuvvetleri daha yüksek ve sıcaklıklar daha düşüktür. Mekaniksel çatlaklar kesici kenarın girişindeki şoklardan [1] veya takımın iş parçasından çıkışı süresince [53-55] oluşabilir. Kesici kenarın girişindeki şoklardan dolayı oluşan problemler, talaşın takım talaş yüzeyine yapışma eğiliminden ötürü daha kötüye gidebilir [41].

Yavaş hız ve kaba ilerlemede takım, termal ve tarak çatlaklarının izlerini göstermez. Bunun yerine takımlar da kenar çatlakları ile oluşan kırılmadan ötürü bozulmalar bulunur. Çatlaklar benzer sebeplerde, takım talaş yüzeyi üzerinde kesici kenara yakın olur ve ona daima paralel hareket eder.

İlerleme mm/devir	Kesici takımın bozulduğu devir sayıları			Açıklamalar
	1.17 m/s	2.0 m/s	3.34 m/s	
0.08	18,700	21,200	23,000	Takım - SPUN 120312
0.10	13,600	17,500	16,200	P-20
0.12	11,800	13,900	12,500	(Sarımsık spesifikasyonları)
0.14	8,000	10,000	8,800	İtakım ucu boyutları
0.16	6,500		6,200	12.7x12.7x3.18mm
0.18	5,900	7,000	4,900	Köşe radyusu 1.2mm
0.20	5,000	4,300	3,100	Kesme zamanı oranı 0.2

Şekil 4.1 Süreksiz kesme işlemi sırasında ilerlemenin takım ömrü üzerinde ki etkileri [13].

Belirli bir hızda, mekaniksel çatlakların oluşumu güçlü bir ölçüde ilerleme ile etkilenir bu nedenle, büyük değerlerdeki ilerleme takım performansına zararlı olarak bulunmuştur[13]. Şekil 4.1’de takımın kesme hızı ve ilerleme parametrelerine göre P20 takım ucu hata sayıları verilmiştir.

Takım performansı ve süreksiz kesmede ki ilerleme arasında güçlü bir ilişki yavaş hızlarda açıklanabilir. Büyük ilerleme parametrelerinde, kesme kuvvetlerinin bir kısmı takımda hareket ederek büyümektedir. Bu kuvvetler; işleme süresince takım kenarında yüksek değişimli mekanik gerilmelere neden olur. Bu gibi bir hal mekaniksel yorulma tarafından bozulmalara yol açar. Büyük ilerleme ve yavaş hızlarda takımın kesici kenarı mekaniksel olarak yorulur. Yorulmadan dolayı meydana gelen çatlaklar karbür takımın kırılmasına neden olur.

Kesici kenar üzerinde ki güçlü mekaniksel kuvvetlerin hareketi kesici kenara diktir. Böylece mekaniksel gerilmelerin sebep olduğu çatlaklar kesici kenara paralel olmaktadır.

2m/sn den daha düşük hızlarda sıcaklık 600⁰C dan daha düşüktür ve termal gerilme akma gerilmesinden daha düşüktür. Mekaniksel gerilmeden dolayı yorulma tarafından aşınma daha da güçlenir. Fakat sünekliğin artışı takım ömründe artışa yönelir. Elde edilen tepe, takım ömrü için de, özellikle iç sürtünme tepesi gibi aynı sıcaklıkta bulunur [37].

4.1 Kesici Kenarın Bozulması

Takımın kesici kenarı; mekanik ve termik zorlanmalar sonucu kırılmalar, enine çatlaklar, tarak çatlakları ve plastik şekil değiştirme nedeni ile kırılabilir.

4.1.1 Kırılmalar

Takımın kama açısı çok küçük ve ayrıca kesici takımın malzemesi aşırı gevrek bir malzeme olarak seçilmişse büyük kesme kuvvetleri kesme kenarının kolaylıkla kırılmasına neden olurlar. Böyle kırılmalarda kırılma yüzeyinin durumunu, kesme kuvvetlerinin yönü belirler. Özellikle tok ve sünek malzemelerin talaşlı işlenmesinde kesilme işleminden dolayı kırılmalar ortaya çıkar. Çünkü bu malzemelerin talaşları takıma yapışma eğilimi gösterir.

İş parçasında sert ve metalsel olmayan kalıntılar bulunduğu da küçük kırılmalarının ortaya çıktığı izlenir. Bilindiği gibi bu kalıntılar çeliğin deoksidasyonu sırasında oluşur. Bu tür lokal aşırı zorlanmalara karşı sinterlenmiş oksitler ve aşınmaya dayanıklı sert metal türleri önerilir.

4.1.2 Enine (Çapraz) Çatlaklar

Enine çatlaklar; kesici takımın talaş yüzeyi üzerinde, kesici kenara paralel hareket eden çatlaklar olarak ifade edilir. Frezeleme gibi süreksiz kesme işlemlerinde kesici takım şiddetli bir değişken zorlanma etkisi altında kalır. Bu şekilde ki bir dinamik yükleme, takımı sürekli kırılmaya götürebilir. Kısa aralıklarla takım üzerine etkiyen kesme kuvvetleri özellikle frezeleme ve süreksiz tornalama işlemlerinde enine çatlaklara neden olurlar. Takım malzemesi sert metal olduğunda bu durum daha da belirginleşir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Kesici takım talaş yüzeyinde oluşan enine çatlak fotoğrafı.

4.1.3 Tarak Çatlakları

Termik zorlanmalar nedeni ile kesici takımların süreksiz kesmede tarak biçimindeki çatlaklara maruz kalması kısa aralıklarla sıcaklığın değişmesine bağlıdır. Çatlakların takım ucu üzerindeki ilerleyişi takım ucu üzerinde oluşan sıcaklık dağılımının izoterm hatlarıyla örtüşür.

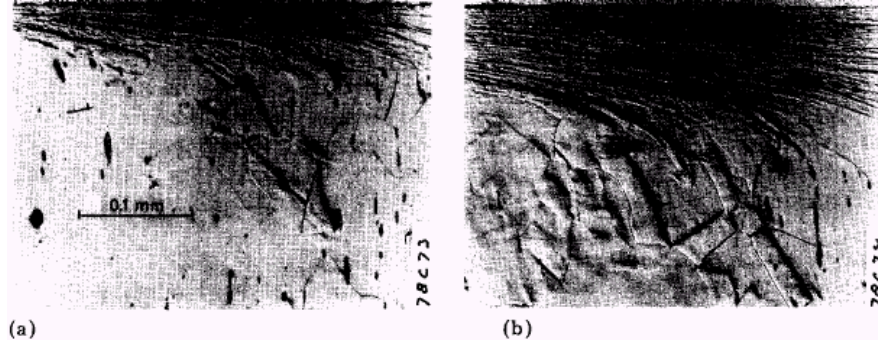
Çalışmalarımızda kullanılan sert metal kesici takım ucu WC-Co'nun mekaniksel özelliklerindeki değişiklikler süreksiz kesmede meydana gelen kesici takım aşınmasını açıklayabilir. Süreksiz kesmede en önemli aşınma kaynağı, frezeleme gibi tarak çatlak oluşumudur[13]. Tarak çatlakları genellikle kesici takımın talaş yüzeyinde görünür ve kesici kenara diktir. Tarak çatlaklarının termal yorulmalar ile oluştuğunu açıklamamıza yardımcı olan iki tartışma konusu vardır.

- Tarak çatlakları süreksiz talaş kaldırma işlemlerinde sadece ısınma ve soğuma çevrimlerinin meydana geldiği kesme ve boşta kalma süresince görünür.
- Kesici kenar üzerine etki eden güçlü mekaniksel kuvvetlerin hareketi kesici kenara diktir. Bu nedenle mekaniksel gerilmelerin sebep olduğu çatlaklar kesici kenara paralel olarak hareket ederler. Bunun yanı sıra tarak çatlakları kesici kenara dik ve kesme süresince mekaniksel gerilmelerden etkilenmezler.

Yüksek hızlarda ve düşük ilerlemede gerçekleştirilen talaşlı imalatlarda tarak çatlaklarının varlığı ve daima takım kenarına dik olarak oluşması kaçınılmaz bir olaydır [26]. Bu tip çatlakların gelişimi oldukça kısa süreli kesme işleminden sonra oluşur ve takımın bozulması ile direkt olarak ilişkili değildir [61].

Tarak çatlaklarının oluşumu, takım sıcaklık kararsızlığının genişliği, süreksiz kesme sıklığı ve

kesme zamanı oranı gibi benzer parametreler tarafından yönetilir. Şekil 4.3 (a) ve (b), süreksiz kesme işleminde meydana gelen çatlak miktarları üzerinde ki kesme zamanı oranının etkisini gösterir [13].



Şekil 4.3 (a),(b) Talaş yüzeyinde meydana gelen tarak çatlakları [13].

Şekil 4.3 (a) P20 sert metal takım ucunun 4m/sn kesme hızı ve 0,10mm/devir ilerleme ile 0,1 kesme zamanı oranında 200sn işleme sonucu SEM’de çekilmiş fotoğrafıdır.

Şekil 4.3 (b) ise aynı takım ucunun 4,24m/sn kesme hızı ve 0,10mm/devir ilerleme ile 0,2 kesme zamanı oranında 312sn işleme sonucu SEM’de çekilmiş fotoğrafıdır. İki şekilden de belli olduğu gibi kesme zamanı oranını artmasıyla takım talaş yüzeyinde oluşan çatlak miktarı da artmaktadır [13].

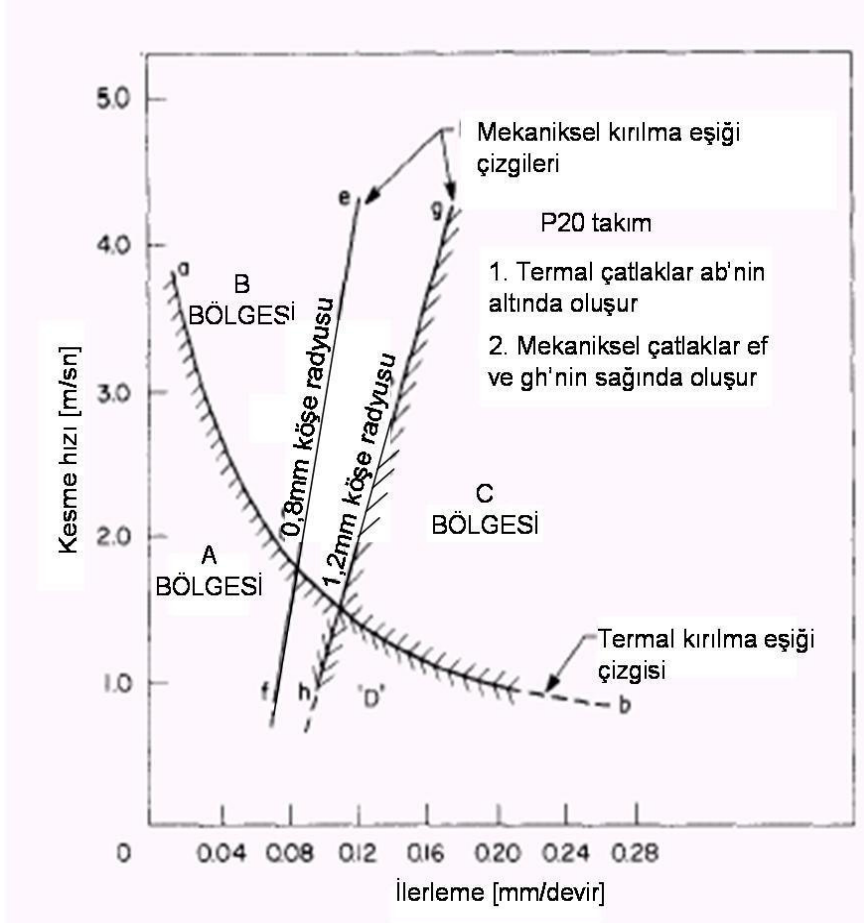
4.1.4 Termo-Mekaniksel Çatlaklar

Uygun ilerleme oranları ile birlikte yüksek kesme hız koşulları altında, takım ucunda tarak çatlakları ve P tipi çatlaklar görülmektedir. Takım hataları, termal gerilmeler ve takım yüzeyinde hareket eden mekaniksel gerilmelerin birleşmiş etkilerinden dolayı oluşur. Bu tip birleşik etkilerden dolayı takım hatalarının büyük çoğunluğu, takımın talaşlanmasından kaynaklanır.

Şekil 4.4, 5000 den fazla kapsamlı deneysel veriler ışığında hazırlanmıştır. Bu şekil takım hata modellerinin kapsamlı grafiğini verir. Termal çatlaklar eşik sınırının üzerinde oluşur. Halbuki mekaniksel çatlaklar gh ve ef 'nin sağında olur. Örneğin kesici takım ucu P20 için, giriş işleme oranı 4 parçaya bölünebilir. C bölgesinde tarak ve P tipi çatlaklar gözükürken Bölge B de sadece tarak çatlakları gözükür.

A bölgesi güvenlik operasyon belgesi olarak tercih edilebilirken D Bölgesinde, P tipi çatlaklar görülür. Hatta şekil 4.4’de görüldüğü gibi mekaniksel çatlama eşik sınırı büyük köşe yarı

çaplarına sahip takımlar için daha büyüktür. Bu davranış gerilim dağılımları noktalarından yola çıkarak ta açıklanabilir. Normalde küçük köşe yarı çaplı takımların köşe bölgesinde şiddetli gerilmelerin bir noktada toplanması beklenilir. Yavaş hızlarda takım üzerine talaşın yapışmasından dolayı oluşan takım bozulmalarının tahmin edilememesini önlemek için kesme testleri 1.0m/sn den büyük kesme hızı ile yapılmaktadır [13].



Şekil 4.4 Süreksiz kesme işleminde takım hataları tablosu [13].

5. DENEYSEL ÇALIŞMA

5.1 Malzeme Seçimi

Deneyleerde kullanılacak malzemenin seçimine karar verilirken, süreksiz kesme işlemine uygun olması ve endüstride çok sayıda uygulama alanı bulması dikkate alınmıştır. Dövülmüş çelikler ‘‘SAE 4340’’ endüstrinin bir çok alanında geniş yer bulmuştur.

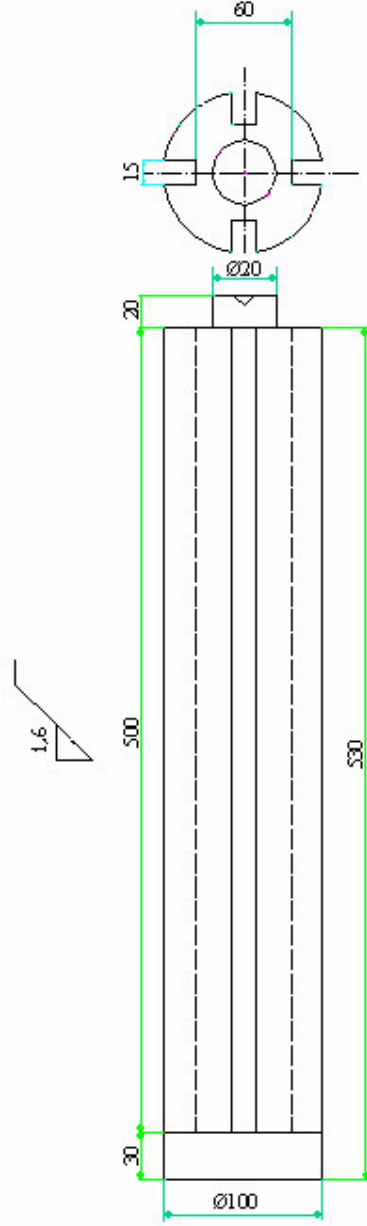
İşlenebilirlik testleri sürekli kesme işlemi ile devam ettirilir. Fakat sonuçlar bu koşullar altında elde edilirken, süreksiz kesme işlemine aktarılamaz. Ancak dövülmüş çelik parçaların işlenebilirliği süreksiz kesme işlemi sık sık kapsamaktadır.

Dövülmüş parçaların üretim maliyeti, malzemenin maliyetine ve talaşsız şekil verme için kullanılan işlem maliyetine bağlıdır. Üretim maliyeti için daha önemli olan bir şey de iş parçalarının işlenebilme maliyetidir.

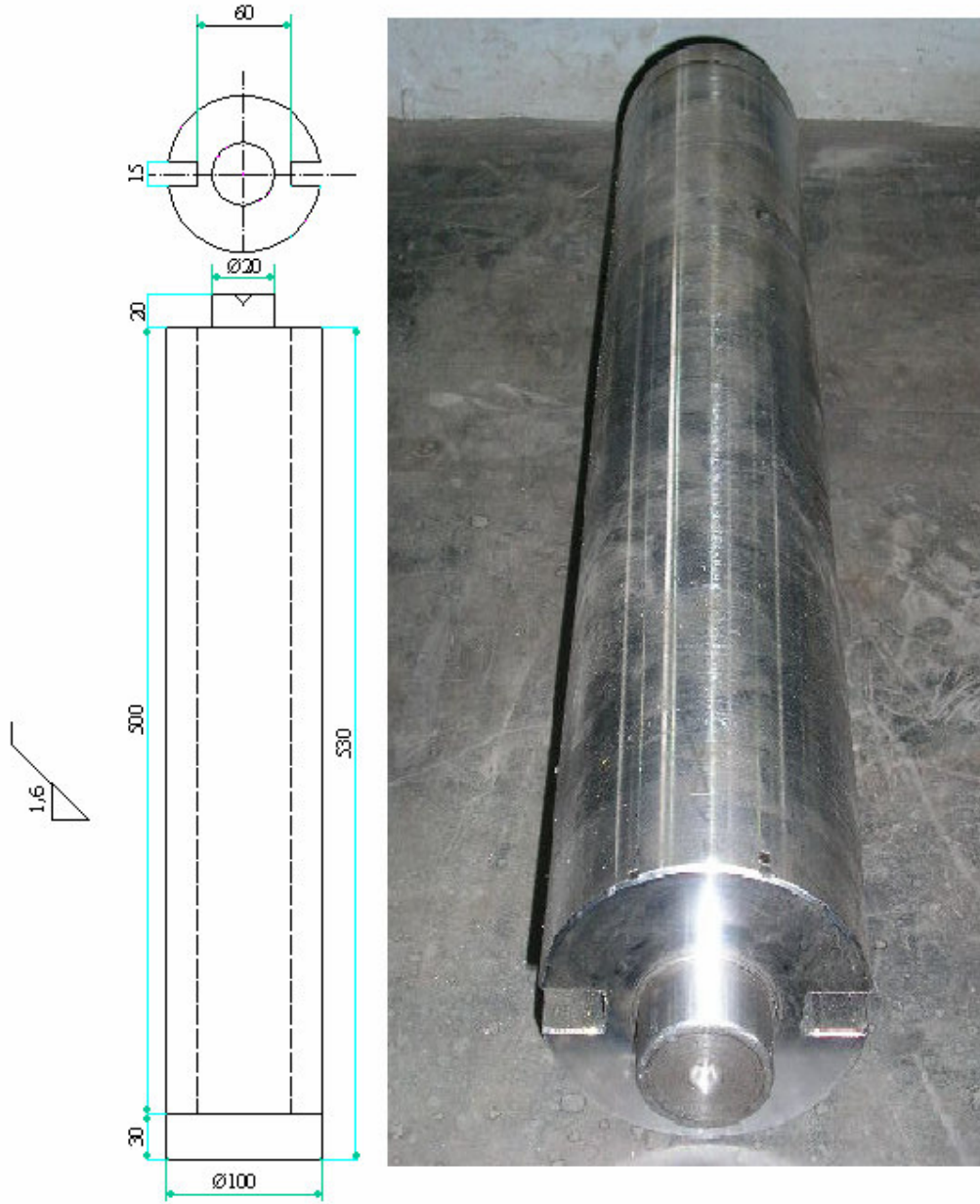
İmalat aşamasında işlenebilirliği arttırmak için doğru işleme malzemesi kullanıldığında, bu işleme maliyetleri düşürülebilmektedir. Dövme çeliklerin işlenebilirliği ergitme prosesi, kimyasal bileşimler, deformasyon prosesi ve ısı işlem tarafından çok büyük ölçüde etkilenir. Bu proseslerdeki özellikler işlenebilirlik kriterini belirlemede çok önemlidir. Bu özellikler; takım aşınması, takım tarafından toplam kuvvet sarf etme, yüzey pürüzlülüğü ve talaş formasyonu şeklindedir. Dövme çeliklerin işlenebilirliği özel deoksidasyon ortamları gibi metalurjik işlemler ile geliştirilebilmektedir. Örneğin; magnezyum ile birleşmiş sülfür, kesme işlemi sırasında takım ve talaş arasında çeşitli yağlama etkisi üreten deforme olmuş kalıntılar oluşturur [42].

Yukarıda belirtilen özellikler hakkında bilgi elde etmek için, sayısal işlenebilirlik testleri ağırlıklı olarak sürekli kesme işleminde devam ettirilmiştir. Bu araştırmaların pratik değerine karşı gelinebilmekte fakat metal kesme proseslerinde süreksiz kesme işlemleri gün geçtikçe artmaktadır. Maalesef sürekli kesme işleminde elde edilen sonuçlar süreksiz kesme işlemine sınırsızca aktarılamaz. Bu nedenle, frezeleme ve tornalamada süreksiz kesme işlemi yapılacak dövülmüş parçalar için işlenebilirlik alanında bilgi eksikliği mevcuttur.

Bu çalışmada kullanılan parçalar sırasıyla 2kanallı $\varnothing 98,6\text{mm} \times 500\text{mm}$ (Şekil5.1) ve 4kanallı $\varnothing 98,6\text{mm} \times 500\text{mm}$ (Şekil5.2) 20-25 RHc sertliğinde SAE 4340 kalite dövülmüş çelik malzemelerdir.



Şekil 5.1 Deneylerde kullanılan dört kanallı parça imalat resmi ve fotoğrafı.



Şekil 5.2 Deneylerde kullanılan iki kanallı parça imalat resmi ve fotoğrafı.

Ç 4340 malzemesi yüksek dayanım gerektiren makine parçaları ve araçları, yapı araç ve gereçleri , miller vs. yapımında kullanılır.

Çizelge 5.1 4340 kalite çeliğin uluslar arası standartlarda gösterilimi.

MKE NORMU	DIN NORMU	MALZEME NO	SAE/AISI NORMU
Ç 4340	34CrNiMo6	1,6582	4340

Çizelge 5.2 4340 kalite çeliğin kimyasal yapısı.

%C	%Si	%Mn	%Pmax	%Smax	%Cr	%Mo	%Ni
0.32-0.40	0.40	0.50 -0.80	0.035	0.035	0.90-1.20	0.15-0.30	0.90-1.20

- Isıl İşlem Durumu
 - Yumuşak Tavlama : 680 –720⁰c
 - Sıcak Şekil Verme :1050 -850⁰c
 - Normalize : 850 –880⁰c
 - Sertleştirme : 820 – 850⁰c
 - Menevişleme : 530 – 670⁰c
 - Sertleştirme Oranı : Suda – Yağda
- Fiziksel Nitelikleri
 - Sertleştirilmiş Durumda
 - Akma Sınırı : 55 – 90 Kg/Mm²
 - Kopma Dayanımı : 80 –130 Kg/Mm²
 - Kopma Uzaması : % 10 – 14
- Sertliği

Yumuşak Tavlama Sonunda :En Çok 217 Hb 30 sertliğe sahiptir.

5.2 Test Ekipmanları

5.2.1 D-150 Mitutoyo Kumpas

İnç ve metrik olarak ölçüm yapabilmektedir. Ölçülen değer dijital olarak okunabilmektedir. Şekil 5.3’de deneylerde kullanılan kumpas görülmektedir.



Şekil 5.3 Deneylerde kullanılan kumpas.

5.2.2 Astar Kronometre

Sekiz hafıza kaydı bulunmaktadır. Değerler dijital olarak okunmaktadır. Şekil 5.4’de deneylerde kullanılan kronometre görülmektedir



Şekil 5.4 Deneylerde kullanılan kronometre.

5.2.3 Bütünleşik Sertlik Ölçüm Test Cihazı Model TH130

Rockwell, Leeb, Vickers ve Shore sertlik değerleri ölçümlerini gösterebilme yeteneğine sahiptir. Boyutları 150 x 55 x 24 mm’dir. Şekil 5.5’de deneylerde iş parçası sertliği ölçümü için kullanılan sertlik ölçüm cihazı görülmektedir.



Şekil 5.5 Sertlik ölçüm cihazı.

5.2.4 Lazer Sıcaklık Ölçer

Tabanca gibi şekli olan ve yöneltildiği noktanın sıcaklığını ölçen cihazlardır. Cihazın teknik adı "Infrared Termometer - Kızılötesi Termometre" dir. Cihazın tam olarak nereye yöneltildiğini anlamak için cihazın namlusuna lazer ışını gönderen bir düzeneğe konmuştur. Klasik termometrelerle ölçüm yapmak her zaman kolay değildir. Sıcaklığını ölçmek istediğimiz bölgeden gelen ısı dalgasından - kızılötesi dalgadan sıcaklık ölçümü yapılmaktadır. Sıcaklığı bir kaç metre uzaktan algılayabilmektedirler. Şekil 5.6'da deneylerde kullanılan lazer ısı ölçer aleti gösterilmektedir. Bu ölçüm aleti kullanılarak deneylerimiz sırasında soğutma sıvısı ile takım ucu sıcaklığının kontrol altında tutulduğu gözlenmiştir. İşlem sırasında takım ucu sıcaklığı 45 C^0 yi geçmemiştir.



Şekil 5.6 Lazerli sıcaklık ölçer aleti.

5.2.5 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

Taramalı Elektron Mikroskobunda (SEM) görüntü, yüksek voltaj ile hızlandırılmış elektronların numune üzerine odaklanması, elektron ve numune atomları arasında oluşan etkilerin uygun algılayıcılarda toplanması ve sinyal güçlendiricilerinden geçirildikten sonra bir katot ışın tütünün ekranına aktarılmasıyla elde edilir.

Modern sistemlerde bu algılayıcılardan gelen sinyaller dijital sinyallere çevrilip bilgisayar monitörüne verilmektedir

Bu çalışmada kullanılan SEM JSM 5600 olup özellikleri aşağıda verilmiştir. Şekil 5.7'de deneylerde kullanılan SEM görülmektedir.



Şekil 5.7 Taramalı elektron mikroskobu (SEM).

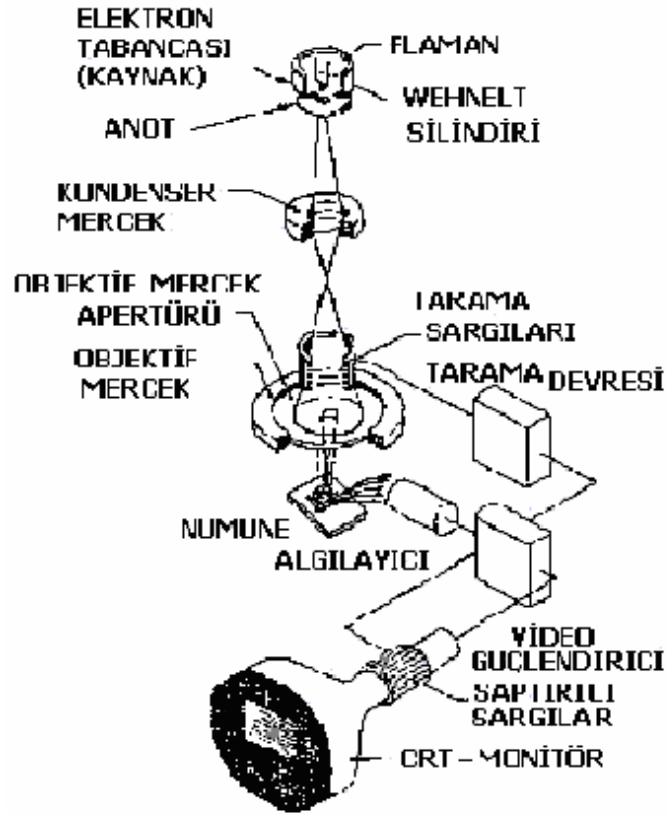
Büyütme: x18' den x300.000' e kadar (136 kademe)

Yüksek voltaj: 0.5 ile 30 kV arası (53 kademe)

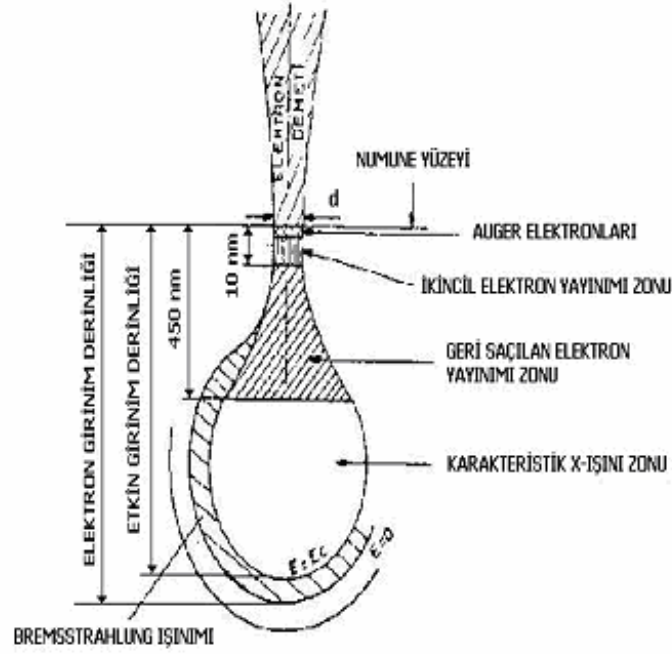
Görüntü türleri:

- İkincil elektron görüntüsü.
- Geri saçılmış elektron görüntüleri:
 - Kompozisyon görüntüsü
 - Topografik görüntü
 - Gölge görüntüsü

Taramalı Elektron Mikroskobu Optik Kolon, Numune Hücresi ve Görüntüleme Sistemi olmak üzere üç temel kısımdan oluşmaktadır (Şekil 5.8).



Şekil 5.8 SEM'in şematik yapısı.



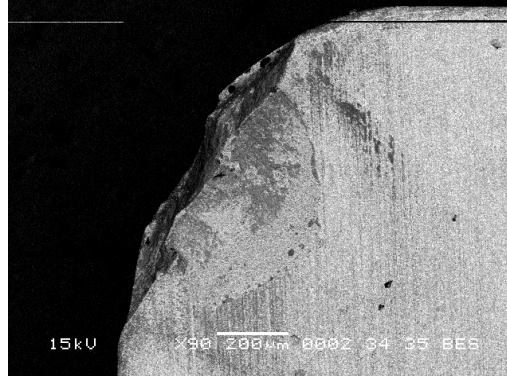
Şekil 5.9 Elektron demeti ve numune demeti.

Optik kolon kısmında; elektron demetinin kaynağı olan elektron tabancası, elektronları numuneye doğru hızlandırmak için yüksek gerilimin uygulandığı anot plakası, ince elektron demeti elde etmek için kondenser mercekleri, demeti numune üzerinde odaklamak için objektif merceği, bu merceğe bağlı çeşitli çapta apertürler ve elektron demetinin numune yüzeyini taraması için tarama bobinleri yer almaktadır. Mercek sistemleri elektromanyetik alan ile elektron demetini inceltmekte veya numune üzerine odaklamaktadır.

Yüksek voltaj altında ivmelendirilen elektron demeti ile numune arasındaki etkileşim sonuçları Şekil 5.9'da şematik olarak gösterilmektedir. Bu girişim hacmi su damlası görünümü olarak tanımlanır. Yüksek enerjili demet elektronları numune atomlarının dış yörünge elektronları ile elastik olmayan girişimi sonucunda düşük enerjili Auger elektronları oluşur. Bu elektronlar numune yüzeyi hakkında bilgi taşır ve Auger Spektroskopisinin çalışma prensibini oluşturur. Yine yörünge elektronları ile olan girişimler sonucunda yörüngelerinden atılan veya enerjisi azalan demet elektronları numune yüzeyine doğru hareket ederek yüzeyde toplanırlar. Bu elektronlar ikincil elektron olarak tanımlanır. İkincil elektronlar numune odasında bulunan sintilatörde toplanarak ikincil elektron görüntüsü sinyaline çevrilir. İkincil elektronlar numune yüzeyinin 10 μm veya daha düşük

derinliklerinden geldiği için numunenin yüksek çözünürlüğe sahip topografik görüntüsün elde edilir.

Şekil 5.10'da sert metal P20 kesici takım ucunun topografik görüntüsü görülmektedir. Ayrıca numune atomları ile elektron demeti arasında elastik olmayan girişimler sonucu numunede karakteristik X-ışınları ve sürekli ışımlar da meydana gelmektedir. Karakteristik ışımlar, dalga boyu veya enerji dağılımlı X-ışını analitik sistemlerde değerlendirildiğinde, numunenin kimyasal bileşimi hakkında bilgi vermektedir.



Şekil 5.10 Topografik görüntü örneği.

5.2.6 FM 700 Mikro Sertlik Cihazı

Sertlik izafi bir ölçü olup sürtünme, çizme, kesme ve plastik deformasyona karşı bir direnç olarak tarif edilir. Laboratuarlarda özel cihazlarla yapılan sertlik ölçümlerindeki değer, malzemenin plastik deformasyona karşı gösterdiği dirençtir.

Sertlik ölçme genellikle, konik veya küresel standart bir ucun malzemeye batırılmasına karşı malzemenin gösterdiği direnci ölçmekten ibarettir. Uygun olarak seçilen sert uç, tatbik edilen bir yük altında malzemeye batırıldığında malzeme üzerinde bir iz bırakacaktır. Genel deyimle malzemenin sertliği, bu izin büyüklüğü ile ters orantılıdır. Bugün laboratuarlarda uygulanan sertlik ölçme yöntemleri aşağıdaki gibi sınıflandırılır.

- Brinell sertlik ölçme yöntemi,
- Rockwell sertlik ölçme yöntemi,
- Vickers sertlik ölçme yöntemi,

Vickers sertlik ölçme yöntemi, sertliği ölçülecek malzeme parçasının yüzeyine, tabanı kare olan piramit şeklindeki bir ucun belirli bir yük altında daldırılması ve yük kaldırıldıktan sonra meydana gelen izin köşegenlerinin ölçülmesinden ibarettir.

Vickers sertlik değeri, piramit şeklindeki dalıcı ucun belirli bir yük altında ve belirli bir süre uygulanması ile malzeme yüzeyinde meydana getirdiği izin büyüklüğü ile ilgili bir değerdir.

Meydana gelen iz, taban köşegeni 'd' olan kare bir piramittir ve tepe açısı dalıcı ucun tepe açısının aynıdır (136°). Vickers sertlik değeri, kg olarak ifade edilen deney yükünün 'mm²' olarak ifade edilen iz alanına bölümüdür.

Vickers sertlik değeri işareti ile beraber bazen uygulanan yük ve yükün uygulama zamanını belirten sayısal işaretlerde ilave edilir. Örneğin; VSD /30 /20, 30 kg.'lık yükün 20 saniye süre ile uygulanması sonucu elde edilen Vickers sertlik değerini gösterir.

Deneyden sonra Vickers sertlik değerini bulmak için kare şeklindeki izin köşegenlerini hassas bir şekilde ölçmek gerekir. Bu ölçme, deneylerimizde kullandığımız şekil 5.11'de gösterilen FM700 mikro sertlik cihazına ilâve edilmiş metalürji mikroskobu sayesinde yapılmaktadır; numune üzerinde meydana getirilen izin görüntüsü mikroskop yardımıyla ölçme ekranına aktarılır. Ölçme ekranındaki hareketli iki cetvel yardımıyla köşegenlerin uzunlukları hassas bir şekilde ayrı ayrı ölçülüp ortalaması alınır.



Şekil 5.11 FM700 Sertlik Ölçüm Cihazı.

5.3 Kesici Takım Seçimi

Süreksiz talaş kaldırma işlemlerinde en çok kullanılan takım uçları sert metallerdir. Sert metallere kendi aralarında P, M, K olmak üzere üç sınıfa ayrılmaktadır.

Süreksiz talaş kaldırma işlemlerinde takım ömrü ve takım üzerindeki bozulmalar sürekli talaş kaldırma işlemlerinde uygulanan kriterler kullanılarak tespit edildiği ve SAE 4340 kalite dövme çeliğin süreksiz tornalanabilmesi için endüstride en çok kullanılan orta kademedeki aşınma mukavemetine ve tokluğa sahip BÖHLER SPUN 120308 P20 takım ucu olduğu için bu çalışmada bu takımın kullanılmasına karar verilmiştir. Şekil 5.12'de kesici takım tutucusu ve şekil 5.13'de çalışmamızda kullanılan kesici takım ucu gösterilmektedir.

Kesici takım ucu WC-Co malzemesinden imal edilmiş olup belirtilen semboller aşağıdaki gibi açıklanmaktadır.

S: kare

P: serbest açısı 11°

U: imalat toleransı

N: düz deliksiz bağlantı

12: kesici kenar boyu 12mm

03: kalınlık 3-4mm

08: kesici kenar yarı çapı 0.8mm

Tungsten karbür-kobalt (WC-Co) Schröter tarafından 1925 tarihinde keşfedilmiş olup, sert metallerin karakteristik mekaniksel davranışları ve onların işleme operasyonlarındaki aşınma dayanımı hakkında bir çok araştırmanın konusu olmuştur. Bir çok teori kesme takımlarının aşınma miktarını açıklamaya çalışmış [22-52], fakat hiçbir tatmin edici bilgi ve takım ömrü tahmini için etkin model sağlayamamıştır. Etkin bir model sağlanamamasının 2 temel sebebi;

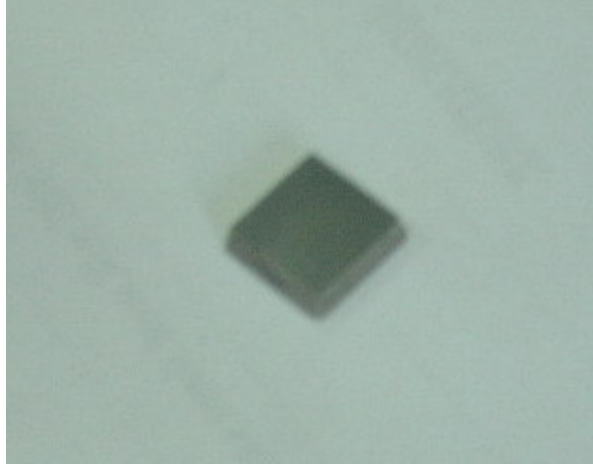
Çoklu aşınma proseslerinin herhangi bir işleme yönteminde gerçekleştirilmesi ve takım ömrü tahmini yapılırken takım malzemelerinin büyük mekaniksel özelliklerinin sınırlı kullanımınıdır.

Kesici takım kenarındaki iş parçası malzemesi aşınması, difüzyon, kimyasal reaksiyon, sürtünme aşınması ve oksidasyon olarak gruplanabilir. Hatta takım aşınması işleme tipine de bağlıdır. İşleme operasyonlarının 2 ana sınıfı düşünülebilir. Esas olarak tornalamada

gerçekleşen sürekli kesme ve frezelemede gerçekleşen süreksiz kesmedir. Bu çalışmada kullanılan işleme tipi iki sınıfa da dahil olmayan, tornalamada gerçekleştirilen süreksiz işleme yöntemidir.



Şekil 5.12 Deneylerde kullanılan kesici takım ucu tutucusu.



Şekil 5.13 Deneylerde kullanılan SPUN120308 kesici takım ucu.

5.4 Takım Tezgahı

Deney çalışmalarında Tezsan firmasına ait ayna çapı maksimum 600mm çapında, $n= 0-1000$ dev/dak olan torna tezgahı kullanılmıştır. Şekil 5.14’de deneyler sırasında kullanılan takım tezgahı görülmektedir.



Şekil 5.14 Torna tezgahı.

5.5 Deneyler

5.5.1 Süreksiz Talaş Kaldırma Deneyleri

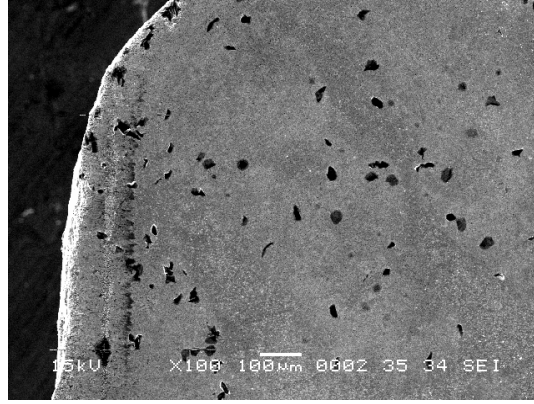
Deneylerimiz için hazırlanmış olan 2 kanallı iş parçası sırasıyla çizelge 5.3’de verilen talaş kaldırma parametreleri ile işlendi. İşleme sırasında takım ucu üzerine soğutma sıvısı bol miktarda uygulanarak sıcaklık kontrol altında tutuldu. İşleme süresince açığa çıkan sıcaklık $45C^0$ ’yi geçmedi.

Kesme derinliği takım ömrünü belirlemede 3. sırada karşımıza çıkmaktadır. Kesme derinliği kesme hızına ve ilerlemeye bağlı olmadan bir iş parçası üzerinde denendiğinde takım ucu üzerinde bırakmış olduğu etkileri rahat bir şekilde görmek mümkündür. Kesme derinliği bu çalışmada bir parametre olarak göz önüne alınmamıştır.

Çizelge 5.3 Ön deneylerde kullanılan takım ucu işleme parametreleri

No	Vc (m/dak)	s (mm/dev)	a (mm)	n (dev/dak)
1	80	0.5	1.2	250
2	130	0.1	0.2	500
3	110	0.3	0.8	355

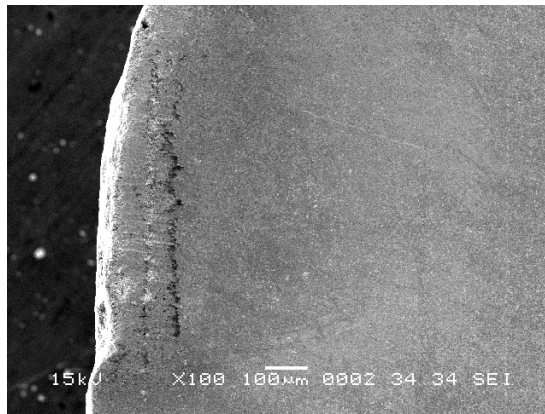
İlk olarak 2 kanallı parça, çizelge 5.3'de öngörülen 1nolu parametrelerin ayarlandığı torna tezgahında 20sn işlendi ve SEM'de kesici takım talaş yüzeyi fotoğrafına bakıldı (Şekil 5.15). Takım ucunda mekaniksel etkilerden dolayı oluşan bir çatlak tespit edilemedi.



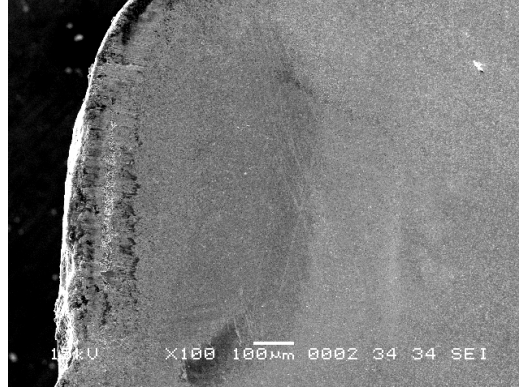
Şekil 5.15 Çizelge 5.3'de 1nolu parametreler için 20sn'de çekilmiş takım ucu talaş yüzeyi fotoğrafı.

Takım ucu üzerinde çatlak tespit edilemediği için belirli aralıklarla takım ucu talaş yüzeyinin SEM'de fotoğraflarına bakılmaya devam edildi.

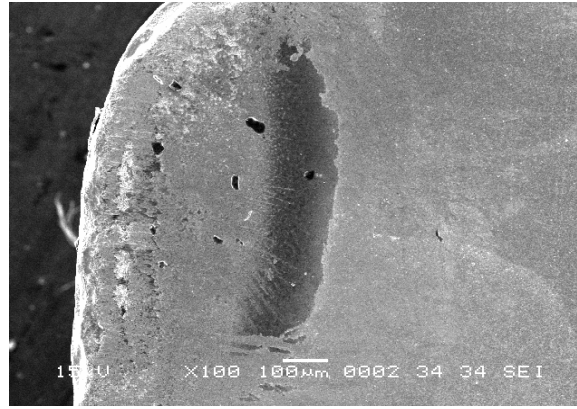
SEM kullanılarak takım ucu talaş yüzeyine 85 sn (şekil 5.16), 175sn (şekil 5.17), 325 sn (şekil 5.18) sonunda bakıldığında herhangi bir çatlak oluşumuna rastlanamadı. SEM kullanılarak takım ucu talaş yüzeyine son olarak 475 sn (şekil 5.19) ve 685 sn (şekil 5.20) sonunda tekrar bakıldığında mekanik çatlak görülemedi. 475 sn (şekil 5.21) ve 685 sn için (şekil 5.22) SEM'de kesici takım ucu serbest yüzey aşınmasına bakıldığında kesici takımın, sert metaller için literatürlerde belirtilen $VB=0,3\text{mm}$ 'lik serbest yüzey aşınmasını geçtiği görüldü.



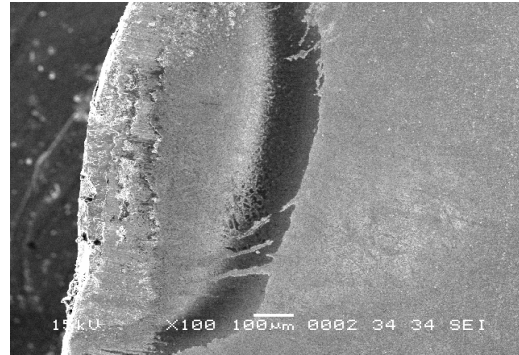
Şekil 5.16 Çizelge 5.3'de 1nolu parametreler için 85sn'de çekilmiş takım ucu talaş yüzeyi fotoğrafı.



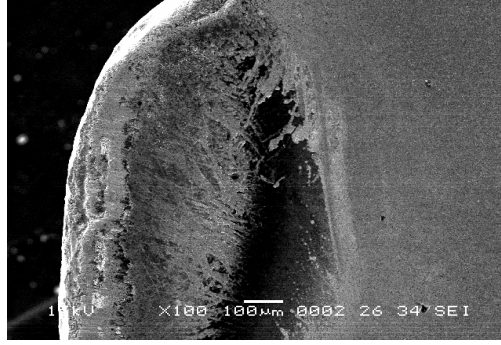
Şekil 5.17 Çizelge 5.3'de 1nolu parametreler için 175sn'de çekilmiş takım ucu talaş yüzeyi fotoğrafı.



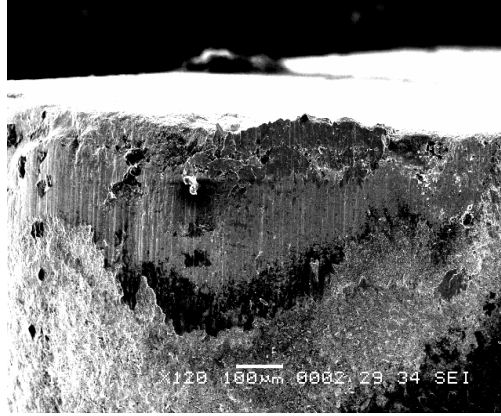
Şekil 5.18 Çizelge 5.3'de 1nolu parametreler için 325sn'de çekilmiş takım ucu talaş yüzeyi fotoğrafı.



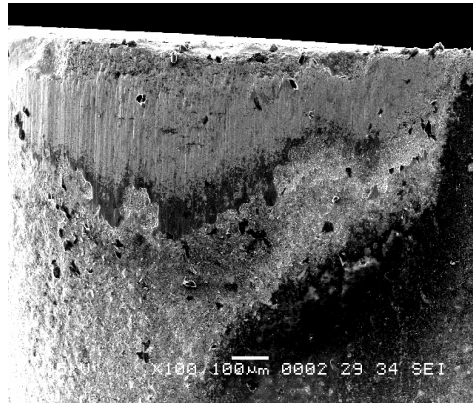
Şekil 5.19 Çizelge 5.3'de 1nolu parametreler için 475sn'de çekilmiş takım ucu talaş yüzeyi fotoğrafı.



Şekil 5.20 Çizelge 5.3’de 1nolu parametreler için 685sn’de çekilmiş takım ucu talaş yüzeyi fotoğrafı.



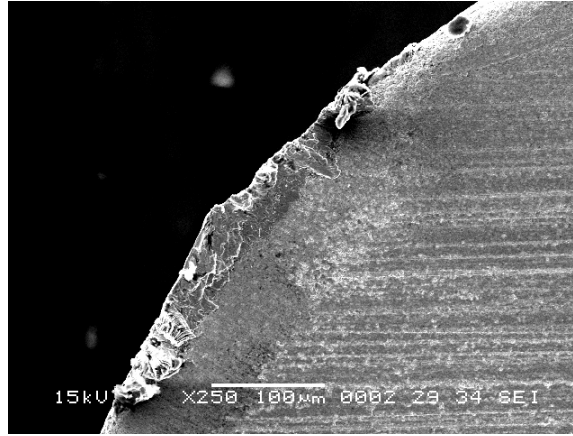
Şekil 5.21 Çizelge 5.3’de 1nolu parametreler için 475sn’de çekilmiş takım ucu serbest yüzeyi fotoğrafı.



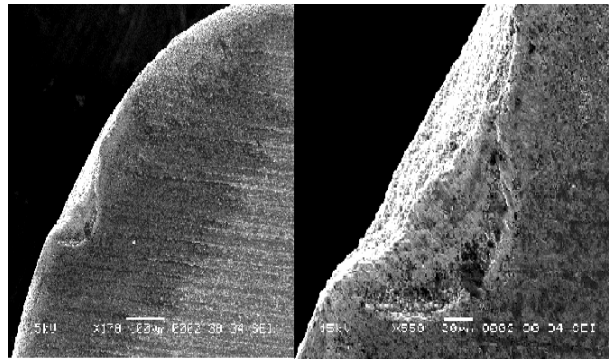
Şekil 5.22 Çizelge 5.3’de 1nolu parametreler için 685sn’de çekilmiş takım ucu serbest yüzeyi fotoğrafı.

1nolu parametrelerin kullanıldığı aralıklı talaş kaldırma işlemi süresince kesici takım ucu serbest yüzey aşınması ile takım ömrünü tamamladığı için bu parametreler ile mekanik çatlak oluşumunun zaman alacağı ve kesici takım bozulmasına neden olan, mekaniksel yorulmanın değil, takımın aşınması olduğu görüldüğünden 2 nolu parametrelerin uygulanmasına geçildi.

1nolu parametrelerde olduğu gibi 2nolu parametreler ile 2 kanallı parça torna tezgahında işlenirken, işlem belirli aralıklarla durdurularak çatlak oluşumları SEM’de araştırıldı. 20 saniyelik bir işleme süresi sonunda talaşın kesici takım ucu talaş yüzeyine yapıştığı gözlemlendi (Şekil 5.23). 55 saniyelik işleme süresi sonunda takım ucunda meydana gelen kırılmanın da takım ucu talaş yüzeyine yapışan talaştan kaynaklandığı anlaşıldı (Şekil 5.24).



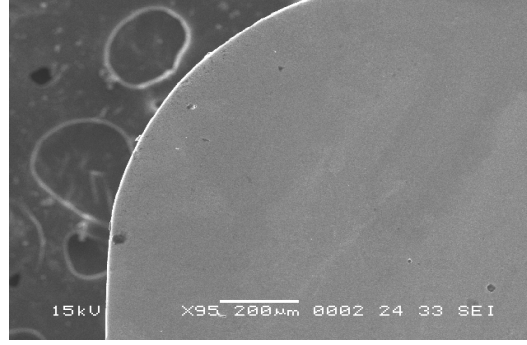
Şekil 5.23 Çizelge 5.3’de 2nolu parametreler için 20sn’de çekilmiş takım ucu talaş yüzeyi fotoğrafı.



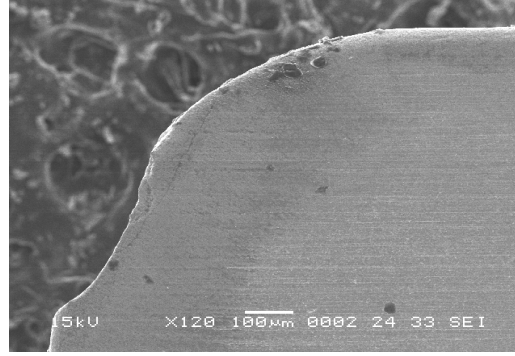
Şekil 5.24 Çizelge 5.3’de 2nolu parametreler için 55sn’de çekilmiş takım ucu talaş yüzeyi fotoğrafları.

Bir ve iki nolu işleme parametreleri göz önüne alınarak, iş parçasının çizelge 5.3’de belirtilen 3nolu parametreler grubu ile işlenmesi uygun görüldü.

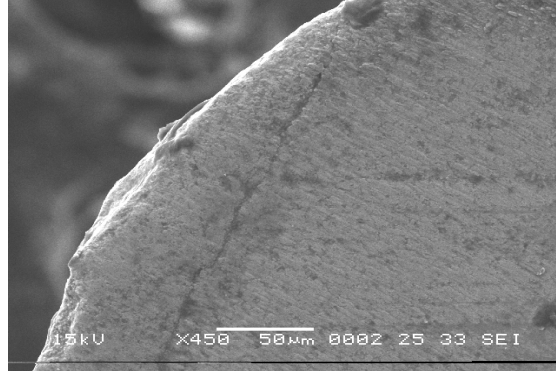
İş parçası, çizelge 5.3'de belirtilen 3nolu parametreler ile işlenmeye başlandıktan 3sn sonra işleme durdurularak takım ucu talaş yüzeyi SEM'de incelendiğinde, talaş yüzeyinde hiçbir çatlak belirtisi görülemedi (Şekil 5.25). Aynı takım ucu tekrar takım kalemine bağlanarak kesme işlemine devam edildi ve 2 sn sonra tekrar kesme işlemi durdurularak takım ucunun talaş yüzeyi SEM'de incelendiğinde takım ucunda hem çatlak hem de kırılma olduğu tespit edildi (Şekil 5.26). Bu nedenle, deney yeni takım ucu ile 4 saniyelik süre için tekrarlandığında takım ucu talaş yüzeyi üzerinde ilk çatlak oluşumu gözlemlendi (Şekil 5.27).



Şekil 5.25 Çizelge 5.3'de belirtilen 3nolu parametreler için 3sn'de çekilmiş takım ucu talaş yüzeyi fotoğrafları.



Şekil 5.26 Çizelge 5.3'de belirtilen 3nolu parametreler için 5sn'de çekilmiş takım ucu talaş yüzeyi fotoğrafları.



Şekil 5.27 Çizelge 5.3’de belirtilen 3nolu parametreler için 4sn’de çekilmiş takım ucu talaş yüzeyi fotoğrafları.

5.5.1.1 Kesme Hızının Süreksiz Talaş Kaldırmaya Etkisi

Kesme hızı talaş kaldırma işlemlerinde takım ömrünü belirleyen en önemli kriterdir. Kesme hızının ardından ilerleme ve kesme derinliği gelmektedir [36]. Çalışmalarımızda kullanılan SPUN 120308 (P20) sert metal takım ucu için literatürlerde belirtilen ideal kesme hızları 80-130m/dakika arasında olduğundan bu değerler arasında 3 parametre seçilerek iki kanallı iş parçasını kesmek için kullanacağımız amaca uygun kesme hızı belirlendi.

Bu üç parametre sırasıyla 80,110 ve 130 m/dakika idi. 80 m/dakika kesme hızında, ilerleme ve kesme derinliği tüm kesme hızları için minimum tutularak iş parçası işlendiğinde takım ucunda çatlama görülemedi (Şekil 5.21). Bu hızda serbest yüzey aşınmasından dolayı takım ömrü son bulduğundan takım ucu üzerinde mekaniksel çatlakları görmek mümkün olmamıştır.

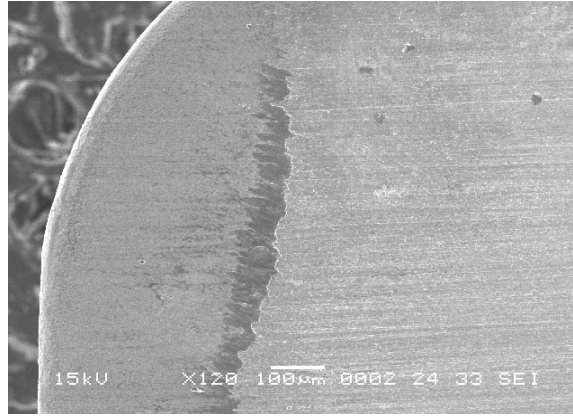
130 m/dakika kesme hızında ise kesici takım ucundaki kırılma çok kısa bir süre içinde gerçekleştiği için bu parametre de uygun görülmemektedir (Şekil 5.24).

Bu nedenle deneysel çalışmalarda 110m/dakika kesme hızı kullanıldı. Bu kesme hızı hem mekaniksel çatlakları görmemizde çok kullanışlı hem de takım ömrü için en ideal kesme hızı olmuştur.

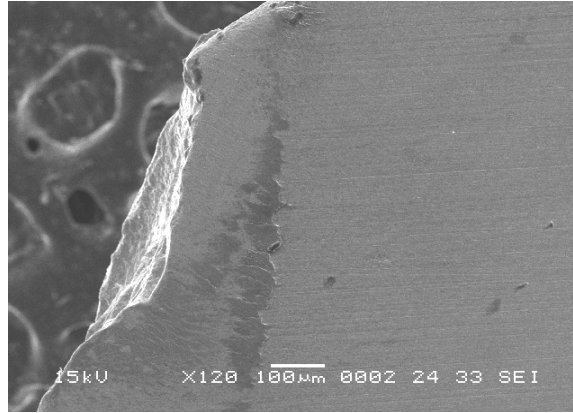
80 ve 130 m/dakika kesme hızları 110 m/dakika kesme hızı ile aynı ilerleme ve kesme derinliğine sahip olmadığından kesme hızının süreksiz talaş kaldırmadaki etkisi netlik kazanmamıştır. Dolayısıyla, kesme hızı 90 m/dakika, ilerleme ve kesme derinliği de çizelge

5.3'de belirtilen 3nolu parametrelerle aynı seçilerek süreksiz talaş kaldırma işlemi tekrarlandı.

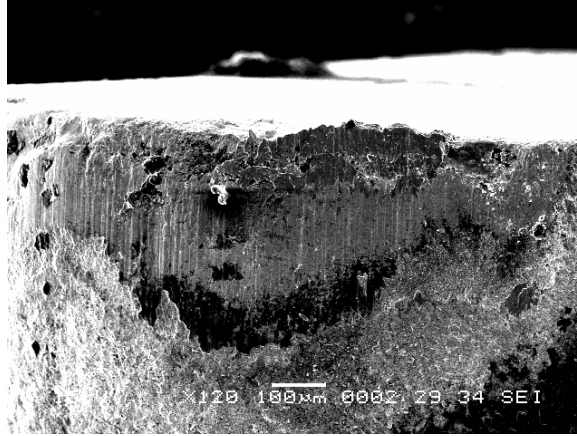
90 m/dakika kesme hızı ile iş parçası işlenirken 15sn süre sonunda işlem durdurulup takım ucu talaş yüzeyine SEM'de bakıldığında çatlak oluşumu görülemedi (Şekil 5.28). Takım tekrar tezgaha bağlanıp iş parçası 5sn süre daha işlendiğinde takım ucunda kırılma görüldü (Şekil 5.29). Deney 15sn için yeni takım ucu ile tekrarlanıp, SEM ile takım ucunun serbest yüzeyine bakıldığında, takımın serbest yüzey aşınması nedeni ile ömrünü tamamladığı görüldü (Şekil 5.30).



Şekil 5.28 15sn süre sonunda 90m/dakika kesme hızı için takım ucu talaş yüzeyi fotoğrafı.



Şekil 5.29 20sn süre sonunda 90m/dakika kesme hızı için takım ucu talaş yüzeyi fotoğrafı.



Şekil 5.30 15sn süre sonunda 90m/dakika kesme hızı için takım serbest yüzeyi fotoğrafı.

Kesme hızı tespiti için yapılan tüm deneyler sonucunda talaş kaldırma parametrelerinden sadece kesme hızının artırılmasıyla takım bozulmadan kaldırılan talaş süresinin azaldığı anlaşılmaktadır. Dolayısıyla kesme hızı arttıkça kesici takım bozulmaları daha erken olmaktadır. Ayrıca 110 m/dakika kesme hızında, takımda meydana gelen bozulma mekaniksel yorulmadan dolayı oluşan çatlaklardan kaynaklanmaktadır.

5.5.1.2 İlerlemenin Süreksiz Talaş Kaldırmaya Etkisi

İlerleme (mm/devir) torna tezgahının devriyle doğrudan ilişkilidir. Torna tezgahının devri de kesme hızına bağlıdır. Bu nedenle ilerleme ile kesme hızı arasında bir ilişkinin olduğunu söylemek mümkündür.

Kesme hızı sabit kalmak kaydıyla takım ucunun ilerlemesini arttırsak takım parça üzerinde daha hızlı hareket edecek ve böylece takım daha kısa sürede aşınacaktır [50]. Ayrıca ilerlemenin artırılmasıyla iş parçasının işleme yüzeyi kalitesi de önemli ölçüde bozulmaktadır. Bu nedenle takım ömrünü artırıcı yönde yapılan deneysel çalışmalarda ilerleme her zaman düşük tutulmaktadır [16].

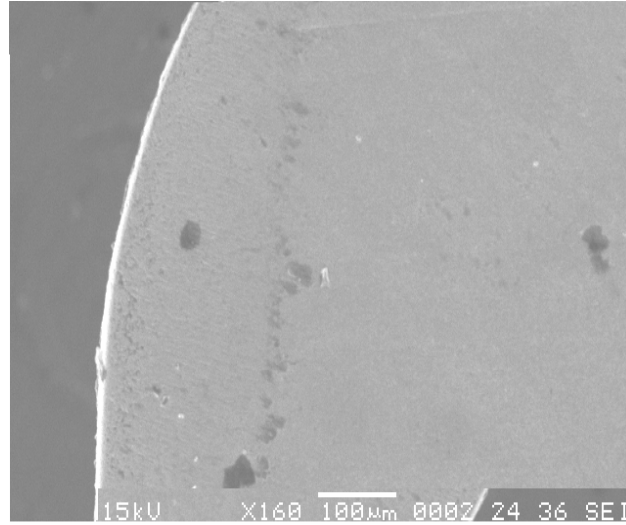
Çizelge 5.3'de yer alan 3nolu parametreler içerisinde ilerleme değeri 0,3 mm/dev olarak alınmıştır fakat mekanik yorulma kaynaklı çatlak oluşumuyla son bulan takım ömrünü açıklayabilmemiz için yalnızca bir işleme parametresi farklı, diğer parametreleri aynı olan 2 farklı parametre grublarına ihtiyaç duyulmuştur. Zaten takım ömrünü belirlemede kesme derinliği kritik faktör olmadığından sadece ilerleme kriterini 0,1 olarak seçilerek, çatlak

oluşumları testi iki kanallı iş parçası üzerinde çizelge 5.4'de belirtilen 1nolu parametreler için tekrarlandı.

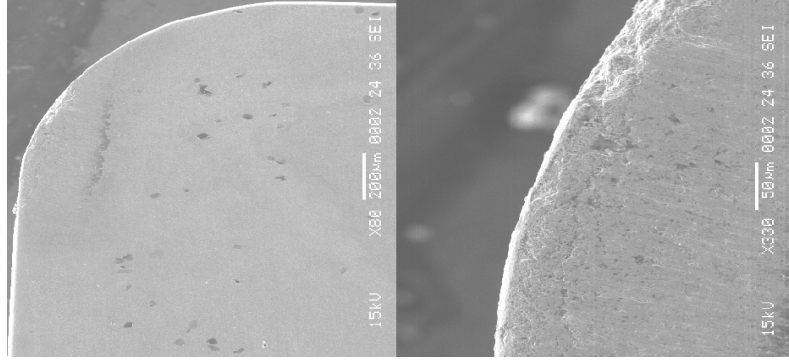
Çizelge 5.4 Sabit kesme hızlı değişken devir ve ilerlemeli işleme parametreleri

No	Vc (m/dak)	s (mm/dev)	a (mm)	n (dev/dak)
1	110	0.1	0.8	355
2	110	0.1	0.8	500
3	110	0.3	0.8	500

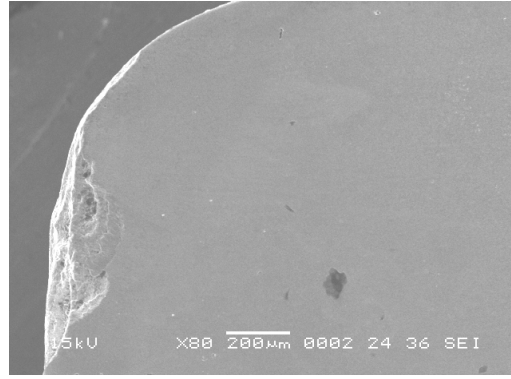
Çizelge 5.4'de 1nolu parametreler ile iş parçası torna tezgahında işlenmeye başlandıktan 6.3 sn sonra işleme durdurularak takım ucu talaş yüzeyine SEM'de bakıldığında (Şekil 5.31) herhangi bir çatlak oluşumuna rastlanmadığı için takım ucu tekrar takıma bağlanarak işlemeye 2.7 sn kadar devam edilip SEM'de takım ucu incelendiğinde çatlak net bir şekilde gözlemlendi (Şekil 5.32). Üzerinde çatlak olan bu takım ucu tekrar takıma bağlanıp işlemeye 3 sn kadar devam edildiğinde kesici takım ucunun kırıldığı tespit edildi (Şekil 5.33).



Şekil 5.31 Çizelge 5.4'de 1nolu parametreler ile kullanılan takım ucu talaş yüzeyinin 6.28sn süre sonundaki fotoğrafı.



Şekil 5.32 Çizelge 5.4'de 1nolu parametreler ile kullanılan takım ucu talaş yüzeyinin 9sn sonundaki fotoğrafı.



Şekil 5.33 Çizelge 5.4'de 1nolu parametreler ile kullanılan takım ucu talaş yüzeyinin 12sn sonundaki fotoğrafı.

Böylelikle çizelge 5.3'de 3nolu parametreler ve çizelge 5.4'de 1nolu parametreler ile takım ucu üzerinde mekaniksel yorulma kaynaklı çatlak oluşumu tespiti başarıyla sonuçlandırıldı.

5.5.1.3 İş Parçası Çapının ve Tezgah Devrinin Süreksiz Talaş Kaldırmaya Etkisi

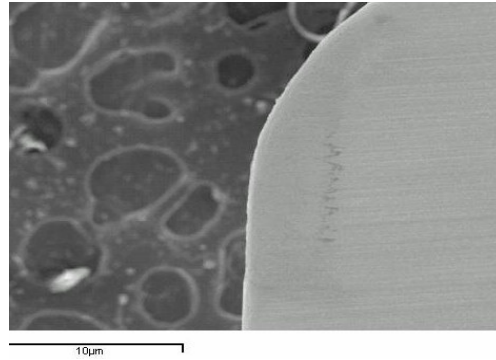
Tezgah devri ve iş parçası çapı, takım bozulmalarını belirlemede en önemli kriterler olan kesme hızı ve ilerleme ile doğrudan ilgilidir. Kesme deneylerinde kullanılan devir formülünden de belli olduğu gibi iş parçası çapının büyümesi veya kesme hızının artırılması, tezgah devrini de arttırmakta, böylelikle takım daha erken sürelerde bozulmaktadır (Denklem 5.1).

$$n = Vc.1000/\pi.D \text{ (devir/dakika)} \quad (5.1)$$

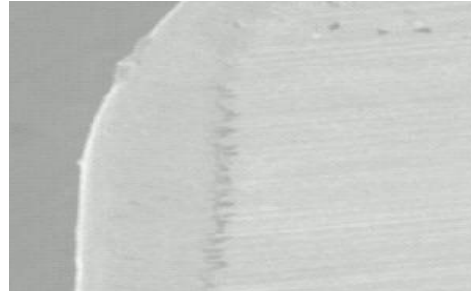
Vc; kesme hızı, D; iş parçası çapı (mm) ve n; tezgah devridir (devir/dakika). Takım bozulmalarının yüksek devirlerde arttığını görebilmek için, 2 kanallı iş parçası üzerinde çizelge 5.4’de yer alan 2 ve 3nolu parametreler belirlenmiştir.

Çizelge 5.4’de yer alan kesme hızları çizelge 5.3’de bulunan 3nolu parametrelere ait kesme hızı ile aynı seçildiğinden, bu parametreler grupları arasında devir farkını yaratan iş parçası çapı olmuştur.

Öncelikle 2 kanallı iş parçası çizelge 5.4’de yer alan 2nolu parametreler ile işlemeye başlandı ve 2sn (Şekil 5.34), 3sn (Şekil 5.35), 4.5sn, 5.6sn süreleri içerisinde durdurularak SEM’de talaş yüzeyleri kontrol edildi. Takım ucu talaş yüzeyi üzerinde 4.5 sn süre sonunda çatlak oluşumu başlamış (Şekil 5.36) ve takım ucu tezgaha bağlanıp iş parçası tekrar 1.1 sn kadar işlendikten sonra SEM’de analiz edildiğinde çatlak daha net bir şekilde görülmüştür (Şekil 5.37).

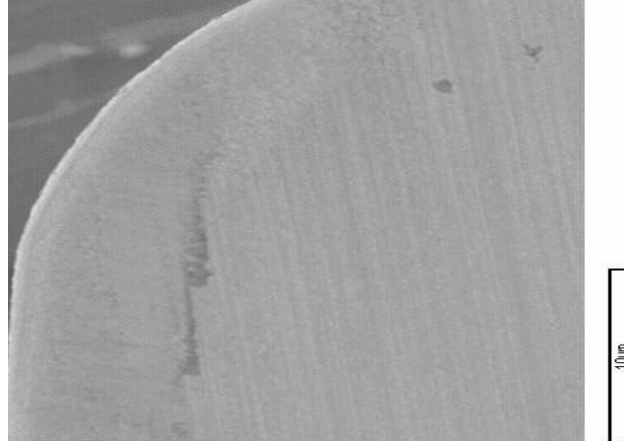


Şekil 5.34 Çizelge 5.4’de 2nolu parametreler ile yapılan 2sn’lik talaş kaldırma işleminin SEM’de çekilmiş fotoğrafı.

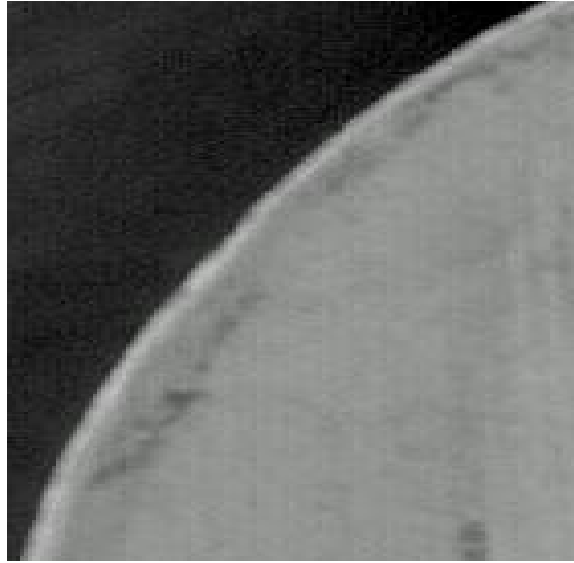


10mm

Şekil 5.35 Çizelge 5.4’de 2nolu parametreler ile yapılan 3sn’lik talaş kaldırma işleminin SEM’de çekilmiş fotoğrafı.



Şekil 5.36 Çizelge 5.4’de 2nolu parametreler ile yapılan 4.5sn’lik talaş kaldırma işleminin SEM’de çekilmiş fotoğrafı.

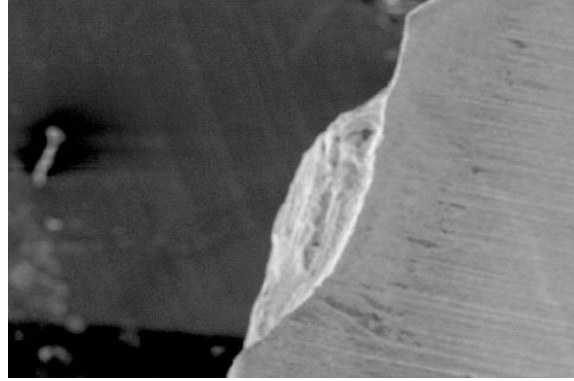


Şekil 5.37 Çizelge 5.4’de 2nolu parametreler ile yapılan 5.6sn’lik talaş kaldırma işleminin SEM’de çekilmiş fotoğrafı.

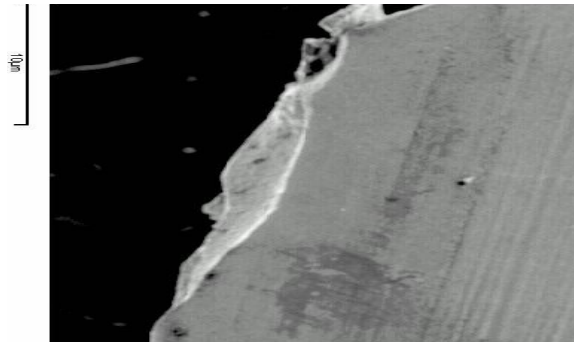
Aynı işlem çizelge 5.4’de yer alan 3nolu parametreler ile 1sn (Şekil 5.38), 2sn (Şekil 5.39) ve 4sn süre zarfında gerçekleştirildi (Şekil 5.40). Bu işlemler sırasında ilerlemenin, çizelge 5.4’de yer alan 2nolu parametrelere göre yüksek olmasından dolayı takımın kırılması tespit edilemeden kırılmalar meydana geldi.



Şekil 5.38 Çizelge 5.4'de yer alan 3nolu parametreler ile yapılan 1sn'lik talaş kaldırma işleminin SEM'de çekilmiş fotoğrafı.



Şekil 5.39 Çizelge 5.4'de yer alan 3nolu parametreler ile yapılan 2sn'lik talaş kaldırma işleminin SEM'de çekilmiş fotoğrafı.



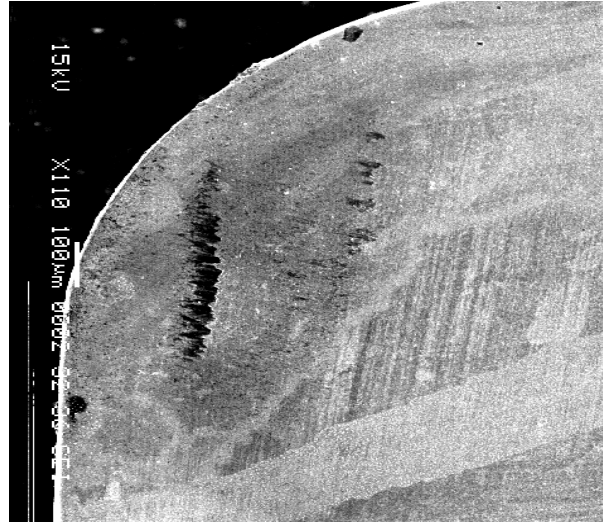
Şekil 5.40 Çizelge 5.4'de yer alan 3nolu parametreler ile yapılan 4sn'lik talaş kaldırma işleminin SEM'de çekilmiş fotoğrafı.

Çizelge 5.3'de yer alan 3nolu parametreleri ve çizelge 5.4'de yer alan 2 ve 3nolu parametreleri kıyasladığımızda, devirin artmasıyla takım bozulmasının arttığı tam olarak kesinleşmiştir.

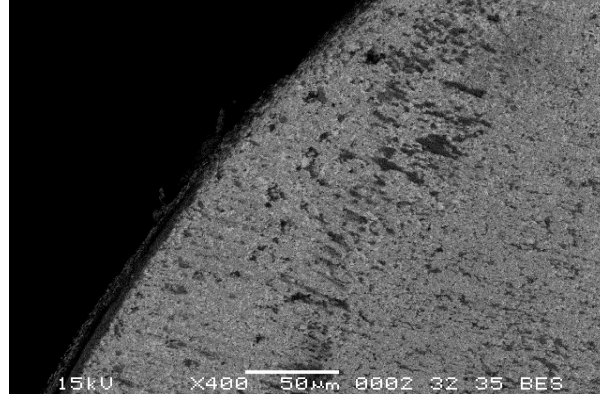
5.5.1.4 Farklı Yüklemelerde Ard Arda Süreksiz Talaş Kaldırmanın Etkisi

Çizelge 5.3'de yer alan 3nolu parametreler ve çizelge 5.4'de yer alan 1nolu parametreler takım ucu üzerinde sırasıyla uygulandığında çatlak oluşum sürelerinin beklenen sürelerinden daha farklı olacağı düşünülmektedir.

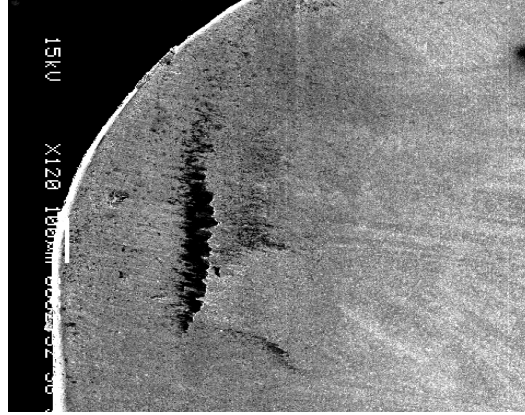
Bu değişimi görmek için 2 kanallı iş parçası, çizelge 5.3'de yer alan 3nolu parametreler ile 2.7 sn işlendi. Daha sonra takım ucu SEM de kontrol edilerek 2.7 sn süre sonunda takım ucu talaş yüzeyi üzerinde herhangi bir çatlak oluşmadığına karar verilerek takım ucu tekrar takım kalemine bağlandı. Bu sefer kesme parametreleri çizelge 5.4'de yer alan 1nolu parametreler ile değiştirilerek iş parçası tekrar işlenmeye başlandı. Tornalama işlemi 2.7+8.4sn (Şekil 5.41), 2.7+10.4sn (Şekil 5.42a/b), 2.7+12.5sn (Şekil 5.43a/b/c), 2.7+15.3sn (Şekil 5.44a/b) süre sonunda durdurularak SEM'de takım ucunun talaş yüzeyinde çatlak oluşumu olup olmadığı kontrol edildi.



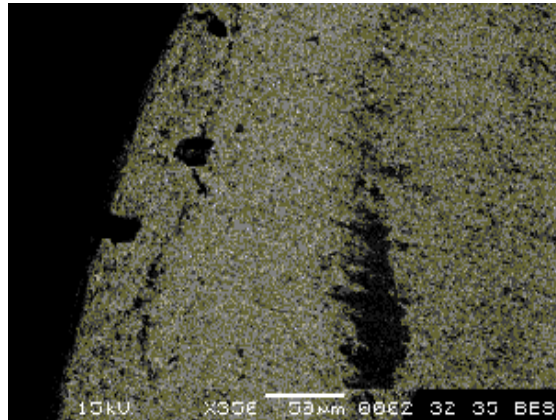
Şekil 5.41 Takım ucu talaş yüzeyinin 2.7+8.4sn sonunda SEM'de çekilmiş fotoğrafı.



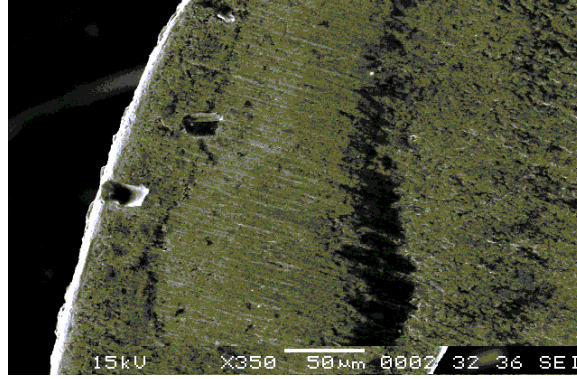
Şekil 5.42a Takım ucu talaş yüzeyinin 2.7+10.4sn süre sonunda SEM’de çekilmiş fotoğrafı.



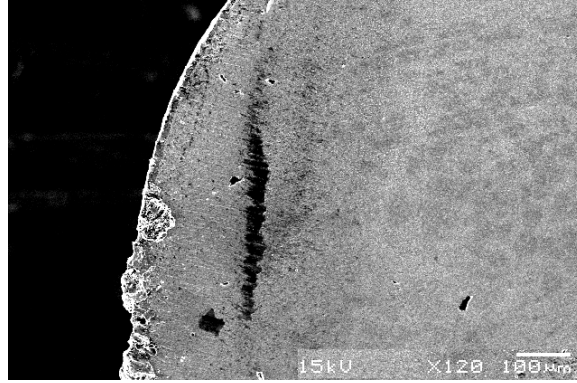
Şekil 5.42b Takım ucu talaş yüzeyinin 2.7+10.4sn süre sonunda SEM’de çekilmiş fotoğrafı.



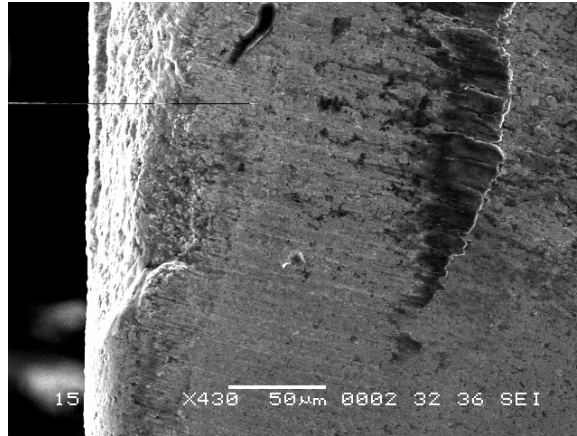
Şekil 5.43a Takım ucu talaş yüzeyinin 2.7+12.5sn süre sonunda SEM’de çekilmiş fotoğrafı.



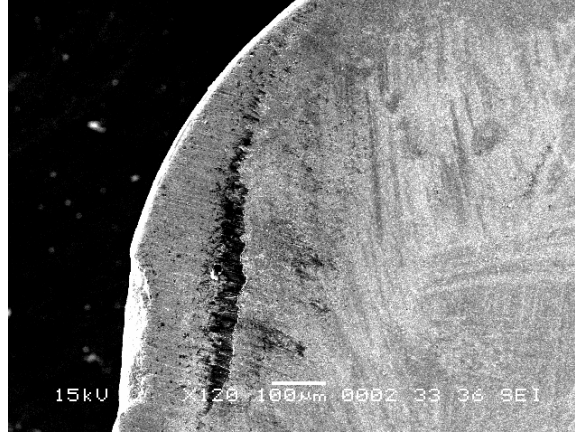
Şekil 5.43b Takım ucu talaş yüzeyinin 2.7+12.5sn süre sonunda SEM’de çekilmiş fotoğrafı.



Şekil 5.43c Takım ucu talaş yüzeyinin 2.7+12.5sn süre sonunda SEM’de çekilmiş fotoğrafı.



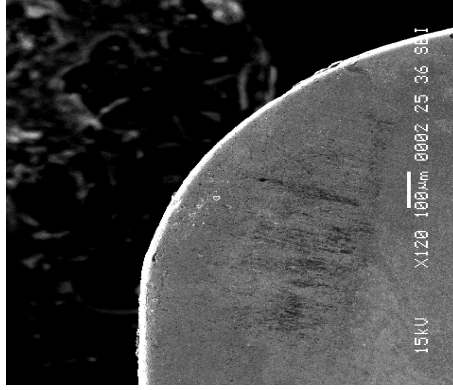
Şekil 5.44a Takım ucu talaş yüzeyinin 2.7+15.3sn süre sonunda SEM’de çekilmiş fotoğrafı.



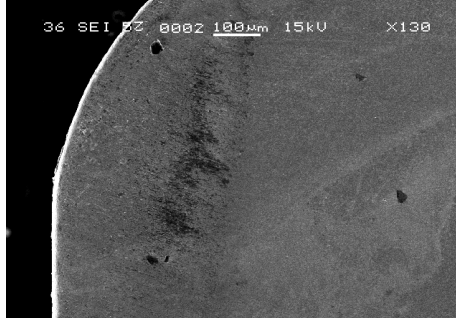
Şekil 5.44b Takım ucu talaş yüzeyinin 2.7+15.3sn süre sonunda SEM’de çekilmiş fotoğrafı.

Şekil 5.43’de görüldüğü gibi 2.7+12.5sn süre sonunda takım üzerinde ilk çatlak oluşumu tespit edilmiştir. İş parçasını işlerken direk olarak çizelge 5.4’de yer alan 1nolu parametreler yerine ilk olarak çizelge 5.3’de yer alan 3nolu parametreler kullanılarak takımın yorulması ile çatlak oluşumu süresi 9sn’den (Şekil 5.32) toplam 15.2sn süreye çıkmıştır (Şekil 5.43). Dolayısıyla, ilk yüklemenin farklı ikinci yüklemenin aynı olduğu ard arda yapılan talaş kaldırma işlemi ile takım bozulması geciktirilmiştir.

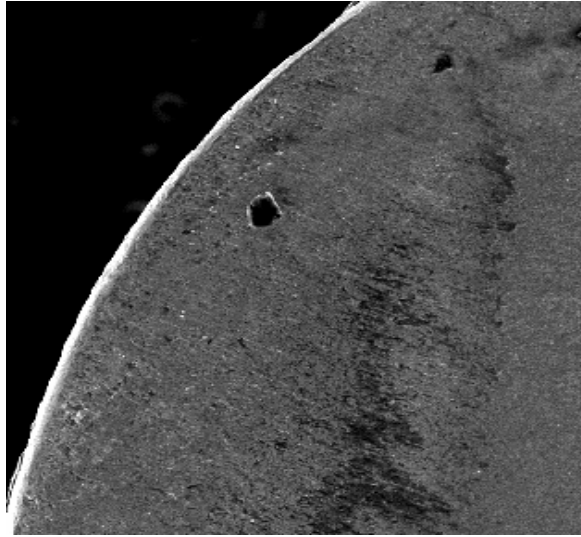
Takım ucu üzerine uygulanan bu iki kesme parametreleri sırasının değişmesiyle takım bozulmasının nasıl değişeceğini göre bilmek için bu sefer iki kanallı iş parçası, çizelge 5.4’de yer alan 1nolu parametreler ile 7.3sn işlendi. Daha sonra takım ucunda 7.3 sn sonunda herhangi bir çatlak olup olmadığını görmek için SEM’de inceleme yapıldığında çatlak tespit edilemedi. Takım ucu tekrar takım kalemine bağlanarak işleme parametreleri çizelge 5.3’de yer alan 3nolu parametreler ile değiştirildi. İş parçası işlenmeye başladıktan 7.3+6.4sn (Şekil 5.45), 7.3+9.4sn (Şekil 5.46a/b), 7.3+10.2sn (Şekil 5.47a/b), 7.3+11sn (Şekil 5.48), 7.3+13sn (Şekil 5.49) ve 7.3+15.2sn sonunda (Şekil 5.50) işleme durdurularak SEM’de takım ucunda ilk çatlak oluşumu süresi tespit edilmeye çalışıldı.



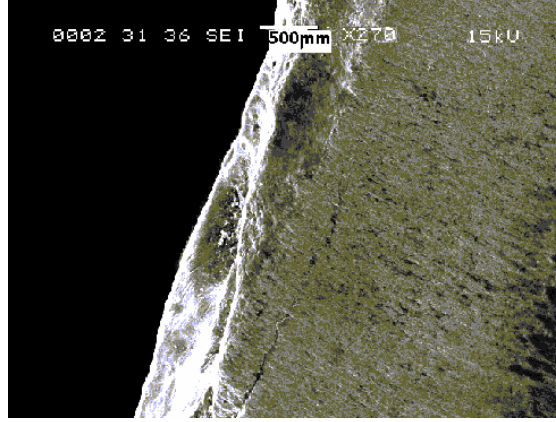
Şekil 5.45 Takım ucu talaş yüzeyinin 7.3+6.4sn süre sonunda SEM’de çekilmiş fotoğrafı.



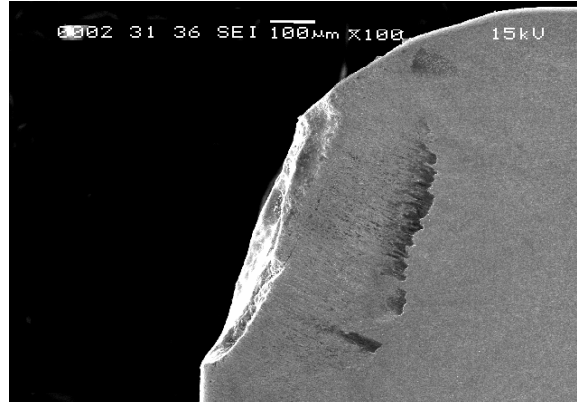
Şekil 5.46a Takım ucu talaş yüzeyinin 7.3+9.4sn süre sonunda SEM’de çekilmiş fotoğrafı.



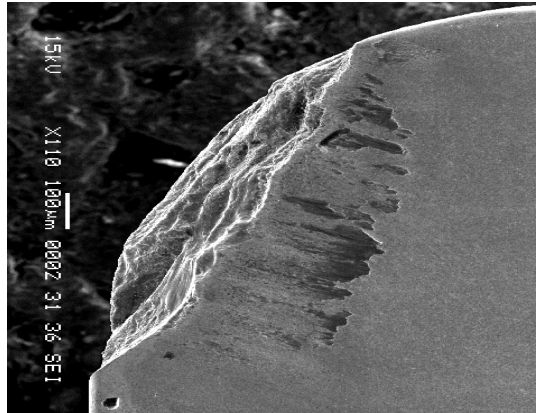
Şekil 5.46b Takım ucu talaş yüzeyinin 7.3+9.4sn süre sonunda SEM’de çekilmiş fotoğrafı.



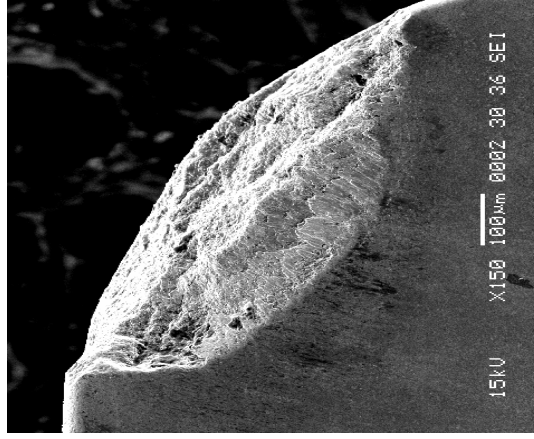
Şekil 5.47a Takım ucu talaş yüzeyinin 7.3+10.2sn süre sonunda SEM’de çekilmiş fotoğrafı.



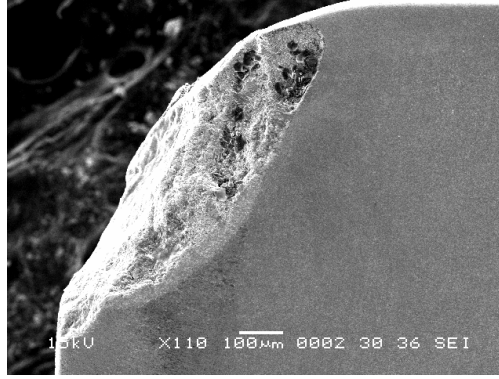
Şekil 5.47b Takım ucu talaş yüzeyinin 7.3+10.2sn süre sonunda SEM’de çekilmiş fotoğrafı.



Şekil 5.48 Takım ucu talaş yüzeyinin 7.3+11sn süre sonunda SEM’de çekilmiş fotoğrafı.



Şekil 5.49 Takım ucu talaş yüzeyinin 7.3+13sn süre sonunda SEM’de çekilmiş fotoğrafı.



Şekil 5.50 Takım ucu talaş yüzeyinin 7.3+15.2sn süre sonunda SEM’de çekilmiş fotoğrafı.

Şekil 5.46’da görüldüğü gibi çatlak oluşumu 7.3+9.4sn süre sonunda başlamıştır ve bu çatlak takım ucunun 7.3+10.2sn süre sonunda kırılmasına neden olmuştur (Şekil 5.47). Kırılmanın akabinde takım ucu üzerinde ikinci bir çatlak meydana geldiği, yapılan gözlemler sırasında fark edilmiştir.

Gerçekleştirilen bu işlem sırasında da takım ucunun ilk olarak çizelge 5.4’de yer alan 1nolu parametreler kullanılarak yorulup daha sonra çizelge 5.3’de yer alan 3nolu parametreler ile işlemenin devam ettirilmesi çatlak oluşum süresini 4sn’den toplam 16.7sn’ye çıkarmıştır.

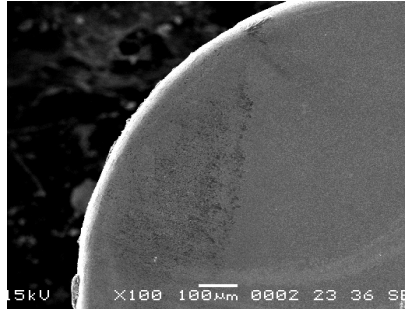
Dört kanallı iş parçası için farklı yüklemelerde gerçekleştirilen ard arda talaş kaldırma deneyleri detaylı olarak bölüm 5.5.6’da verilmektedir.

5.5.1.5 İş Parçası Üzerindeki Aralık Sıklıklarının Takım Bozulmasıyla İlişkisi

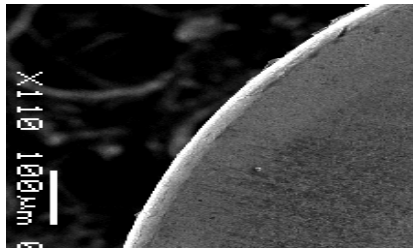
Buraya kadar olan kısımlarda iki kanallı iş parçasının kullanıldığı kesici takım bozulmaları incelenmiştir. Fakat takım bozulmasını sadece kesme parametreleri değil birim zamandaki kesme sıklığı da etkilemektedir. Bu parametrenin takım bozulmasına olan etkisini belirlemek için 4 kanallı iş parçası seçilerek çizelge 5.3’de yer alan 3nolu parametreler ve çizelge 5.4’de yer alan 1nolu parametreler iş parçası üzerine uygulanmıştır.

Çizelge 5.3’de yer alan 3nolu parametreler kullanılarak 4 kanallı iş parçası işlenirken 1.3sn (Şekil 5.51), 2sn (Şekil 5.52a/b) ve 3.5sn süre sonunda (Şekil 5.53a/b) işleme durdurularak takım ucu SEM’de kontrol edildiğinde, 2sn sonunda takım ucunda ilk çatlak görülmüş ve hemen akabinde 3.5sn’nin sonunda takım ucu kırılmıştır.

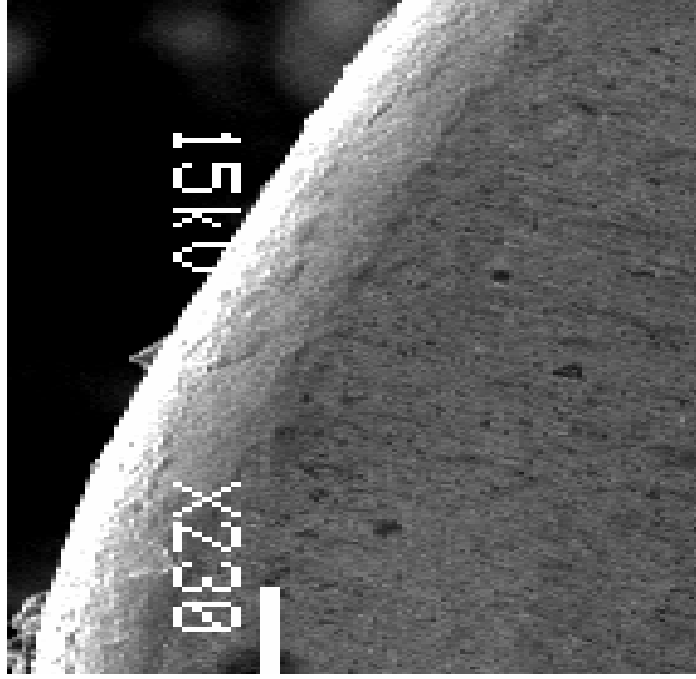
Aynı deney çizelge 5.4’de yer alan 1nolu parametreler ile yapıldığında 5.6sn (Şekil 5.54a/b), 6.4sn (Şekil 5.55a/b) ve 8sn sonunda (Şekil 5.56a/b) takım ucu SEM de incelendiğinde takım ucunun ilk olarak 6.4sn sonunda çatladığı görülmektedir.



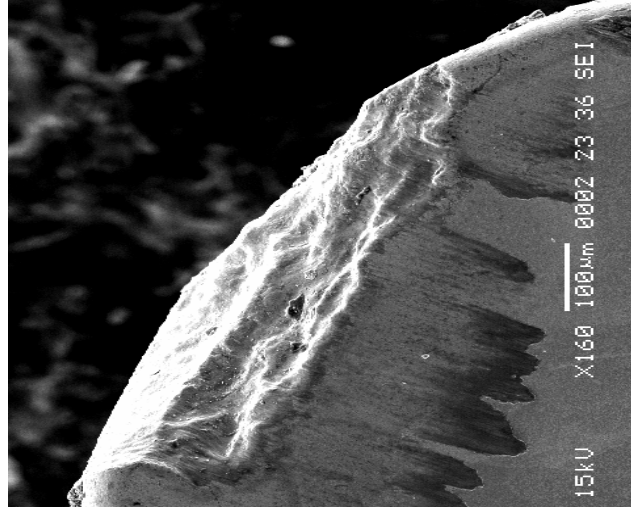
Şekil 5.51 Çizelge 5.3’de yer alan 3nolu parametreler ile yapılan 1.3sn’lik talaş kaldırma işleminin SEM’de çekilmiş fotoğrafı.



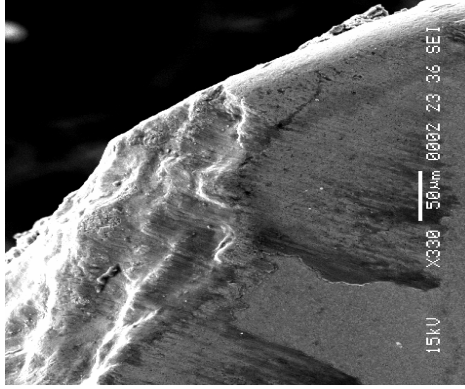
Şekil 5.52a Çizelge 5.3’de yer alan 3nolu parametreler ile yapılan 2sn’lik talaş kaldırma işleminin SEM’de çekilmiş fotoğrafı.



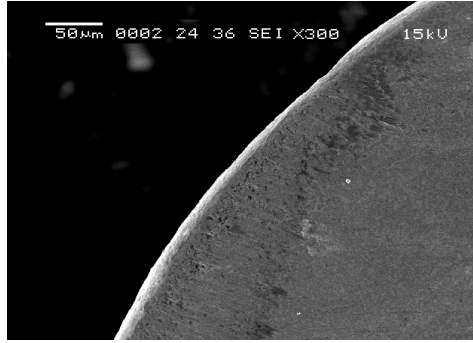
Şekil 5.52b Çizelge 5.3’de yer alan 3nolu parametreler ile yapılan 2sn’lik talaş kaldırma işleminin SEM’de çekilmiş fotoğrafı.



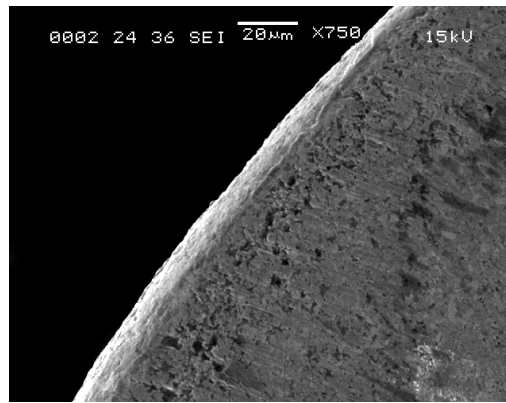
Şekil 5.53a Çizelge 5.3’de yer alan 3nolu parametreler ile yapılan 3.5sn’lik talaş kaldırma işleminin SEM’de çekilmiş fotoğrafı.



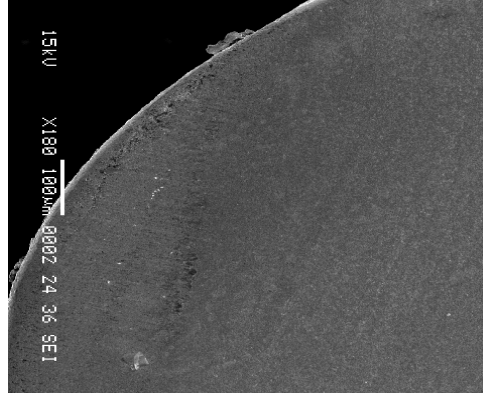
Şekil 5.53b Çizelge 5.3’de yer alan 3nolu parametreler ile yapılan 3.5sn’lik talaş kaldırma işleminin SEM’de çekilmiş fotoğrafı.



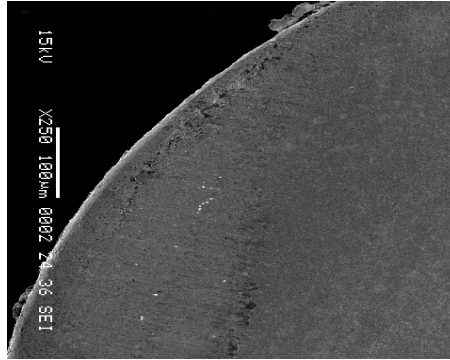
Şekil 5.54a Çizelge 5.4’de yer alan 1nolu parametreler ile yapılan 5.6sn’lik talaş kaldırma işleminin SEM’de çekilmiş fotoğrafı.



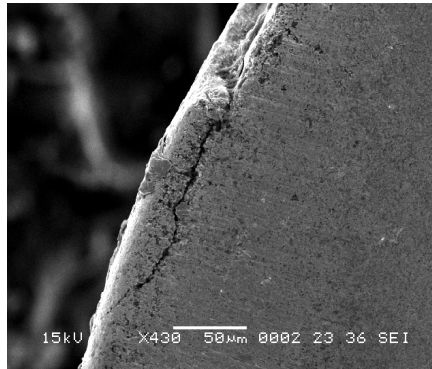
Şekil 5.54b Çizelge 5.4’de yer alan 1nolu parametreler ile yapılan 5.6sn’lik talaş kaldırma işleminin SEM’de çekilmiş fotoğrafı.



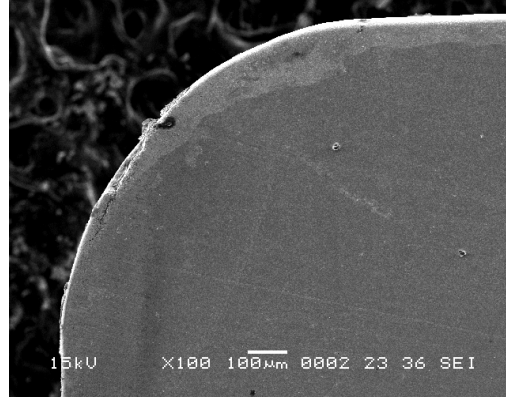
Şekil 5.55a Çizelge 5.4’de yer alan 1nolu parametreler ile yapılan 6.4sn’lik talaş kaldırma işleminin SEM’de çekilmiş fotoğrafı.



Şekil 5.55b Çizelge 5.4’de yer alan 1nolu parametreler ile yapılan 6.4sn’lik talaş kaldırma işleminin SEM’de çekilmiş fotoğrafı.

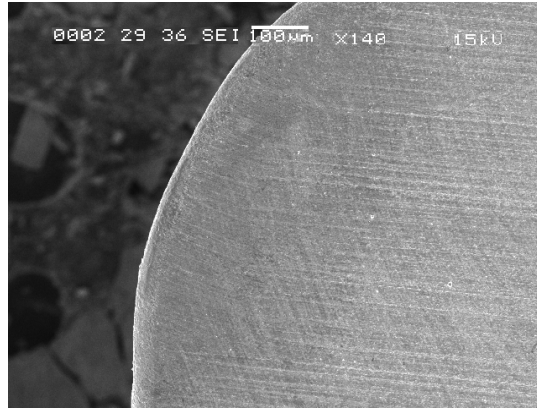


Şekil 5.56a Çizelge 5.4’de yer alan 1nolu parametreler ile yapılan 8sn’lik talaş kaldırma işleminin SEM’de çekilmiş fotoğrafı.

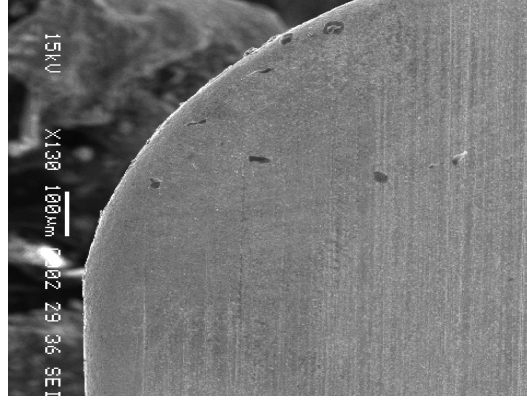


Şekil 5.56b Çizelge 5.4’de yer alan 1nolu parametreler ile yapılan 8sn’lik talaş kaldırma işleminin SEM’de çekilmiş fotoğrafı.

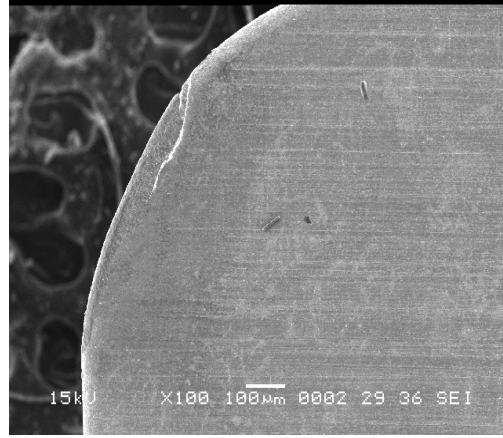
Ard arda farklı yüklemelerin 4 kanallı parça için uygulanmasında, çizelge 5.3’de yer alan 3nolu parametreler ile iş parçası 1sn işlenip takım ucu SEM’de analiz edildiğinde herhangi bir çatlak oluşumu bulunamadığı için takım ucu tekrar takıma bağlanarak kesme parametreleri de çizelge 5.4’de yer alan 1nolu parametreler ile değiştirilip işlemeye devam edildi. Süreksiz işleme 1sn+6.2sn (Şekil 5.57a/b), 1sn+7sn (Şekil 5.58), 1sn+8sn (Şekil 5.59) ve 1sn+9sn sonunda (Şekil 5.60) durdurularak takım ucu SEM’de kontrol edildiğinde 1sn+7sn sonunda ilk çatlak oluşumu tespit edilmiştir.



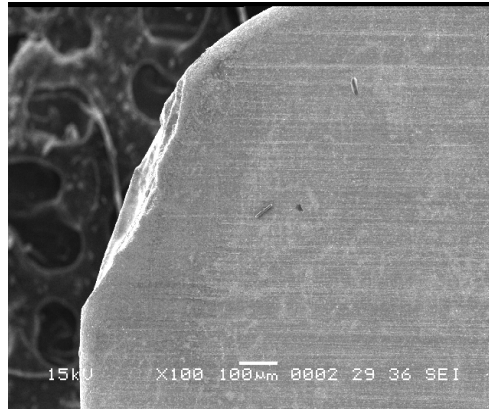
Şekil 5.57a Takım ucu talaş yüzeyinin 1sn+6.2sn sonunda SEM’de çekilmiş fotoğrafı.



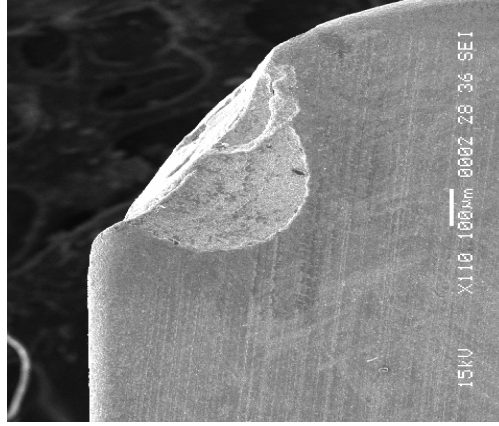
Şekil 5.57b Takım ucu talaş yüzeyinin 1sn+6.2sn sonunda SEM’de çekilmiş fotoğrafı.



Şekil 5.58 Takım ucu talaş yüzeyinin 1sn+7sn sonunda SEM’de çekilmiş fotoğrafı.

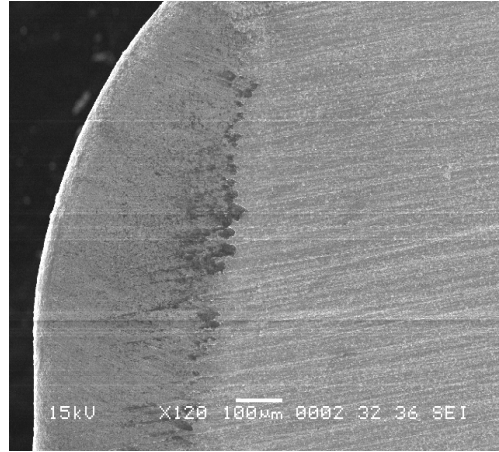


Şekil 5.59 Takım ucu talaş yüzeyinin 1sn+8sn sonunda SEM’de çekilmiş fotoğrafı.

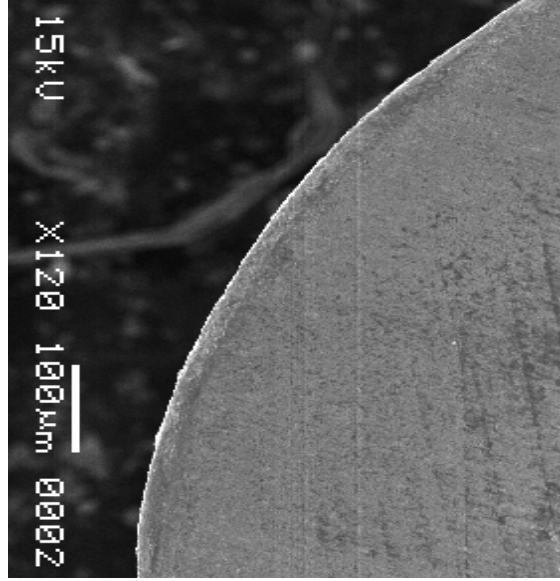


Şekil 5.60 Takım ucu talaş yüzeyinin 1sn+9sn sonunda SEM’de çekilmiş fotoğrafı.

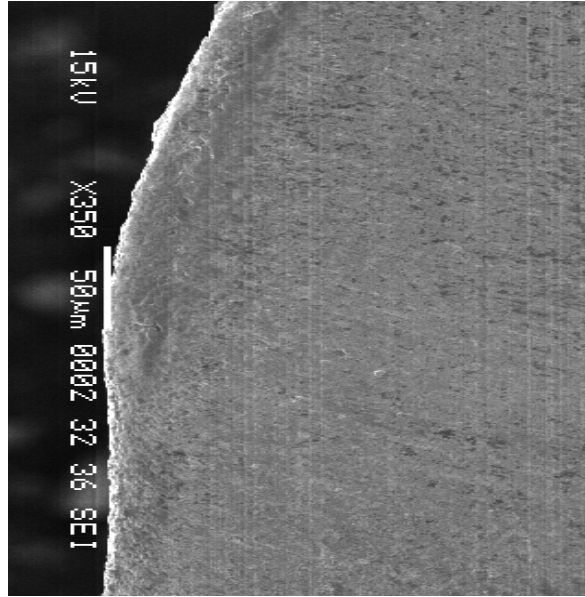
Deneyde ilk yüklemenin gerçekleştirildiği süreye 1sn’lik kesme süresinin ilavesinin ne gibi değişiklik yapacağını tespit edilebilmesi için 1sn’lik bu süre 1.8sn’ye çıkartılıp deney tekrarlandığında aralıklı işleme 1.8sn+5sn (Şekil 5.61), 1.8sn+6sn (Şekil 5.62a/b), 1.8sn+7sn (Şekil 5.63) ve 1.8sn+8sn sonunda (Şekil 6.64) durdurularak takım ucu SEM’de kontrol edildiğinde 1.8sn+6sn sonunda ilk çatlak tespit edilmiştir (Şekil 5.62a/b).



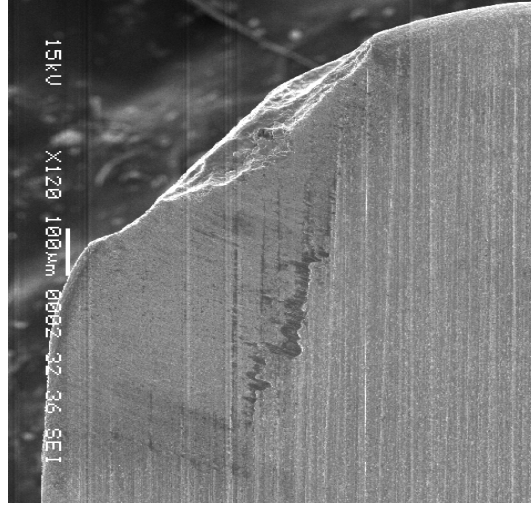
Şekil 5.61 Takım ucu talaş yüzeyinin 1.8sn+5sn sonunda SEM’de çekilmiş fotoğrafı.



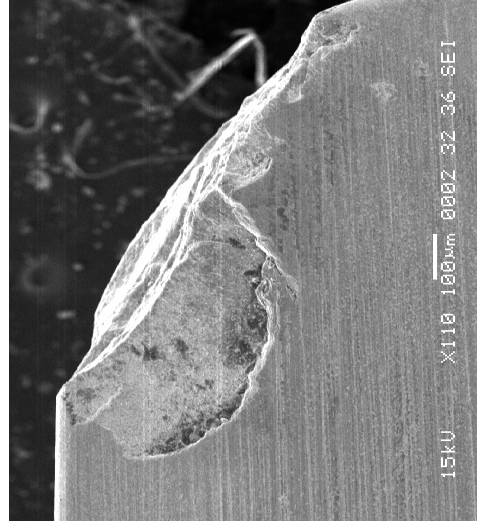
Şekil 5.62a Takım ucu talaş yüzeyinin 1.8sn+6sn sonunda SEM’de çekilmiş fotoğrafı.



Şekil 5.62b Takım ucu talaş yüzeyinin 1.8sn+6sn sonunda SEM’de çekilmiş fotoğrafı.

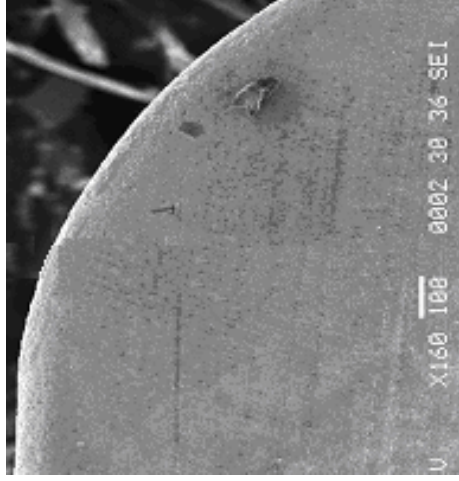


Şekil 5.63 Takım ucu talaş yüzeyinin 1.8sn+7sn sonunda SEM’de çekilmiş fotoğrafı.

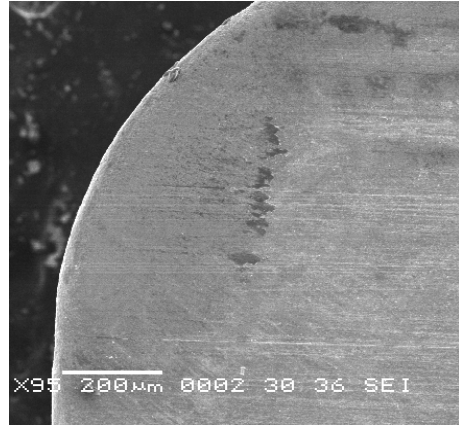


Şekil 5.64 Takım ucu talaş yüzeyinin 1.8sn+8sn sonunda SEM’de çekilmiş fotoğrafı.

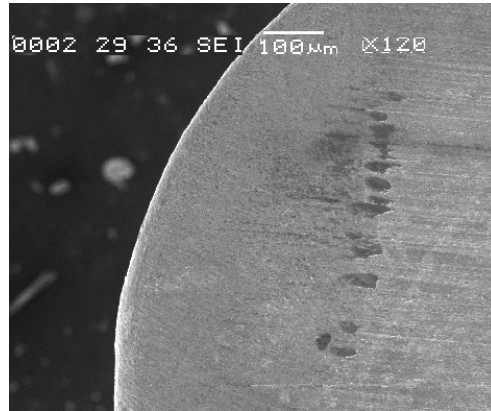
Çizelge 5.4’de yer alan 1nolu parametreler ile 4kanallı iş parçası 4.5sn işlenip daha sonra çizelge 5.3’de yer alan 3nolu parametreler ile değiştirilip işlemeye devam edildi ve aralıklı işleme 4.5sn+3.27sn (Şekil 5.65), 4.5sn+4.3sn (Şekil 5.66), 4.5sn+5sn (Şekil 5.67)ve 4.5sn+6.3sn sonunda (Şekil 6.68a/b) durdurularak takım ucu SEM’de kontrol edildiğinde 4.5sn+6.3sn sonunda ilk çatlak tespit edilmiştir (Şekil 6.68a/b).



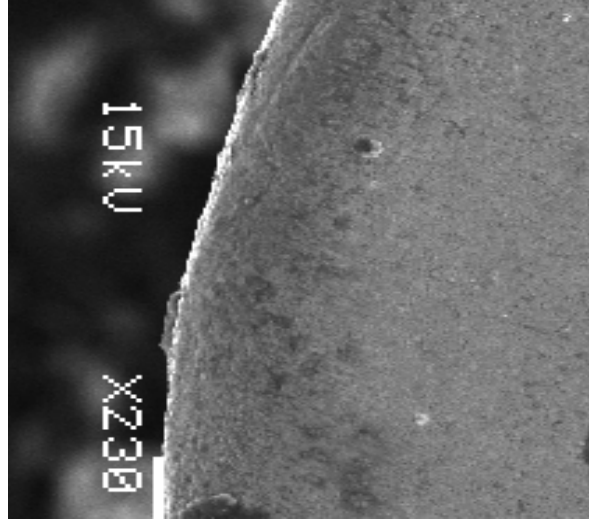
Şekil 5.65 Takım ucu talaş yüzeyinin 4.5sn+3.27sn sonunda SEM’de çekilmiş fotoğrafı.



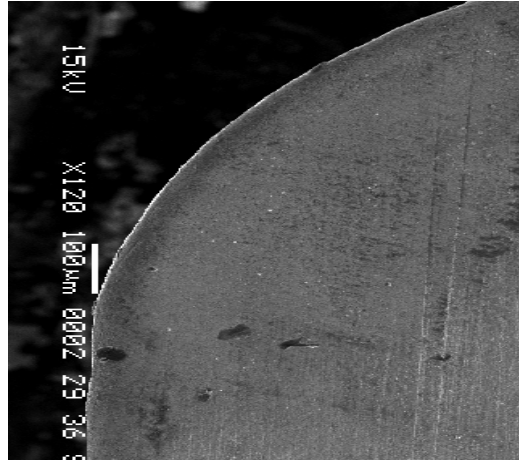
Şekil 5.66 Takım ucu talaş yüzeyinin 4.5sn+4.3sn sonunda SEM’de çekilmiş fotoğrafı.



Şekil 5.67 Takım ucu talaş yüzeyinin 4.5sn+5sn sonunda SEM’de çekilmiş fotoğrafı.



Şekil 5.68a Takım ucu talaş yüzeyinin 4.5sn+6.3sn sonunda SEM’de çekilmiş fotoğrafı.



Şekil 5.68b Takım ucu talaş yüzeyinin 4.5sn+6.3sn sonunda SEM’de çekilmiş fotoğrafı.

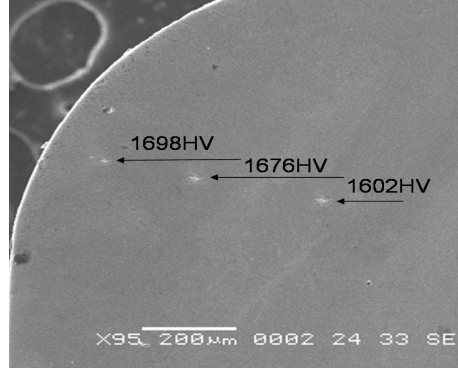
5.5.2 Kesici Takım Ucu Sertlik Ölçümleri

Kesici takım değiştirilmeksizin iş parçası üzerine ard arda yapılan farklı yüklemeler takım bozulmalarını geciktirici etkiler göstermektedir. Bu iyi yöndeki etkinin takım mikro yapısında meydana gelecek değişim ile sağlanacağı düşünülerek deney süresince kullanılan tüm kesici takım uçlarının sertlikleri mikro sertlik cihazı yardımıyla ölçülmüştür. Sertlik değerlerinin ölçüldüğü süreler çizelge 5.5de verilmektedir.

Çizelge 5.5 Sertliklerin ölçüleceği kesici takım ucu talaş kaldırma süreleri

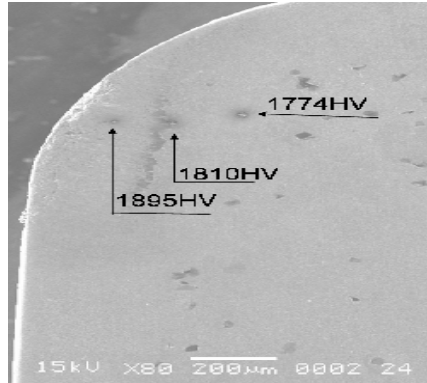
A) İki kanallı iş parçası					
Şekil No	Vc (m/dak)	s (mm/dev)	a (mm)	n (dev/dak)	İşleme Süresi (sn)
Şekil 5.69	110	0,3	0,8	355	3
Şekil 5.73					5
Şekil 5.70	110	0,1	0,8	355	9
Şekil 5.74					12
Şekil 5.75	İlk olarak 0.3 ilerleme ile takımın 2.7sn çalıştırılıp daha sonra 0.1 ilerleme ile kullanılmasına devam ettirilen işleme.				2.7+8.4
Şekil 5.76					2.7+10.4
Şekil 5.77					2.7+12.5
Şekil 5.78					2.7+15.3
Şekil 5.79	İlk olarak 0.1 ilerleme ile takımın 7.3sn çalıştırılıp daha sonra 0.3 ilerleme ile kullanılmasına devam ettirilen işleme.				7.3+6.4
Şekil 5.80					7.3+9.4
Şekil 5.81					7.3+10.2
B) Dört kanallı iş parçası					
Şekil No	Vc (m/dak)	s (mm/dev)	a (mm)	n (dev/dak)	İşleme Süresi (sn)
Şekil 5.82	110	0,3	0,8	355	1.3
Şekil 5.72					2
Şekil 5.83	110	0,1	0,8	355	5.6
Şekil 5.71					6.4
Şekil 5.84					8
Şekil 5.85	İlk olarak 0.3 ilerleme ile takımın 1sn çalıştırılıp daha sonra 0.1 ilerleme ile kullanılmasına devam ettirilen işleme.				1+6.2
Şekil 5.86					1+7
Şekil 5.87					1+8
Şekil 5.88	İlk olarak 0.1 ilerleme ile takımın 4.5sn çalıştırılıp daha sonra 0.3 ilerleme ile kullanılmasına devam ettirilen işleme.				4.5+4.3
Şekil 5.89					4.5+5
Şekil 5.90					4.5+6.3

Çizelge 5.3'de bulunan 3nolu parametreler ile takımın 2.7sn çalıştırılıp çizelge 5.4'de bulunan 1nolu parametreler ile 2 kanallı iş parçasının işlendiği deneyde takım 15.2sn sonunda çatladı. Takımın yorulma süresi sonunda mikro sertliği ölçüldüğünde 1698HV_{1kg} olarak tespit edildi (Şekil 5.69).



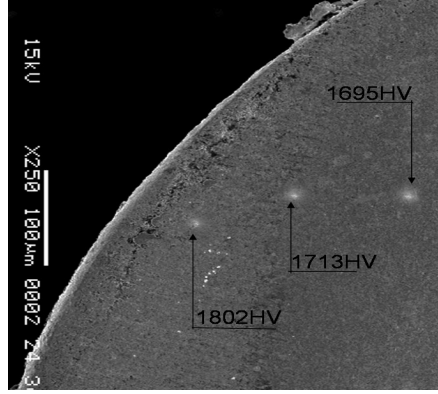
Şekil 5.69 İki kanallı iş parçası üzerinde çizelge 5.3’de yer alan 3nolu ile 3sn çalışmış takım ucu mikro sertlik fotoğrafı.

Çizelge 5.4’de bulunan 1nolu parametreler ile takımın 7.3sn çalıştırılıp çizelge 5.3’de bulunan 3nolu parametreler grubu ile 2 kanallı iş parçasının işlendiği deneyde takım 16.7sn sonunda çatladı. Takımın yorulma süresi sonunda mikro sertliği ölçüldüğünde 1895HV_{1kg} olarak tespit edildi (Şekil 5.70).



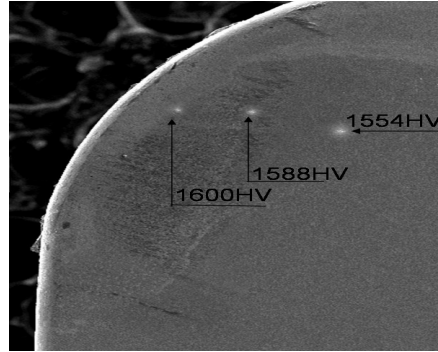
Şekil 5.70 İki kanallı iş parçası üzerinde çizelge 5.4’de yer alan 1nolu parametreler ile 9sn çalışmış takım ucu mikro sertlik fotoğrafı

Çizelge 5.4’de bulunan 1nolu parametreler grubu ile takımın 4.5sn çalıştırılıp çizelge 5.3’de bulunan 3nolu parametreler grubu ile 4 kanallı iş parçasının işlendiği deneyde takım 10.8sn sonunda çatladı. Takımın yorulma süresi sonunda mikro sertliği ölçüldüğünde 1802HV_{1kg} olarak tespit edildi (Şekil 5.71).

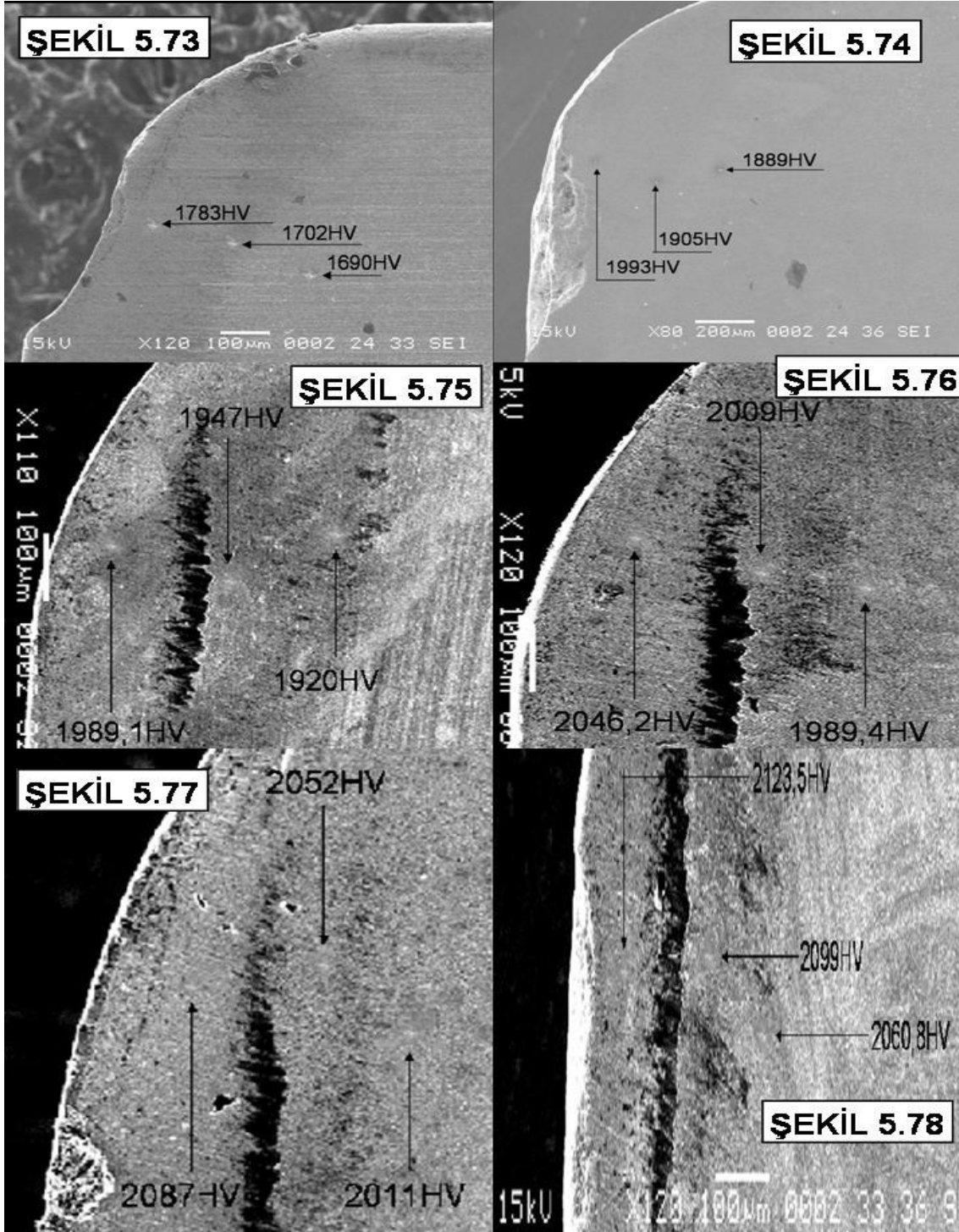


Şekil 5.71 Dört kanallı iş parçası üzerinde çizelge 5.4’de yer alan 1nolu parametreler ile 6.4sn çalışmış takım ucu mikro sertlik fotoğrafı.

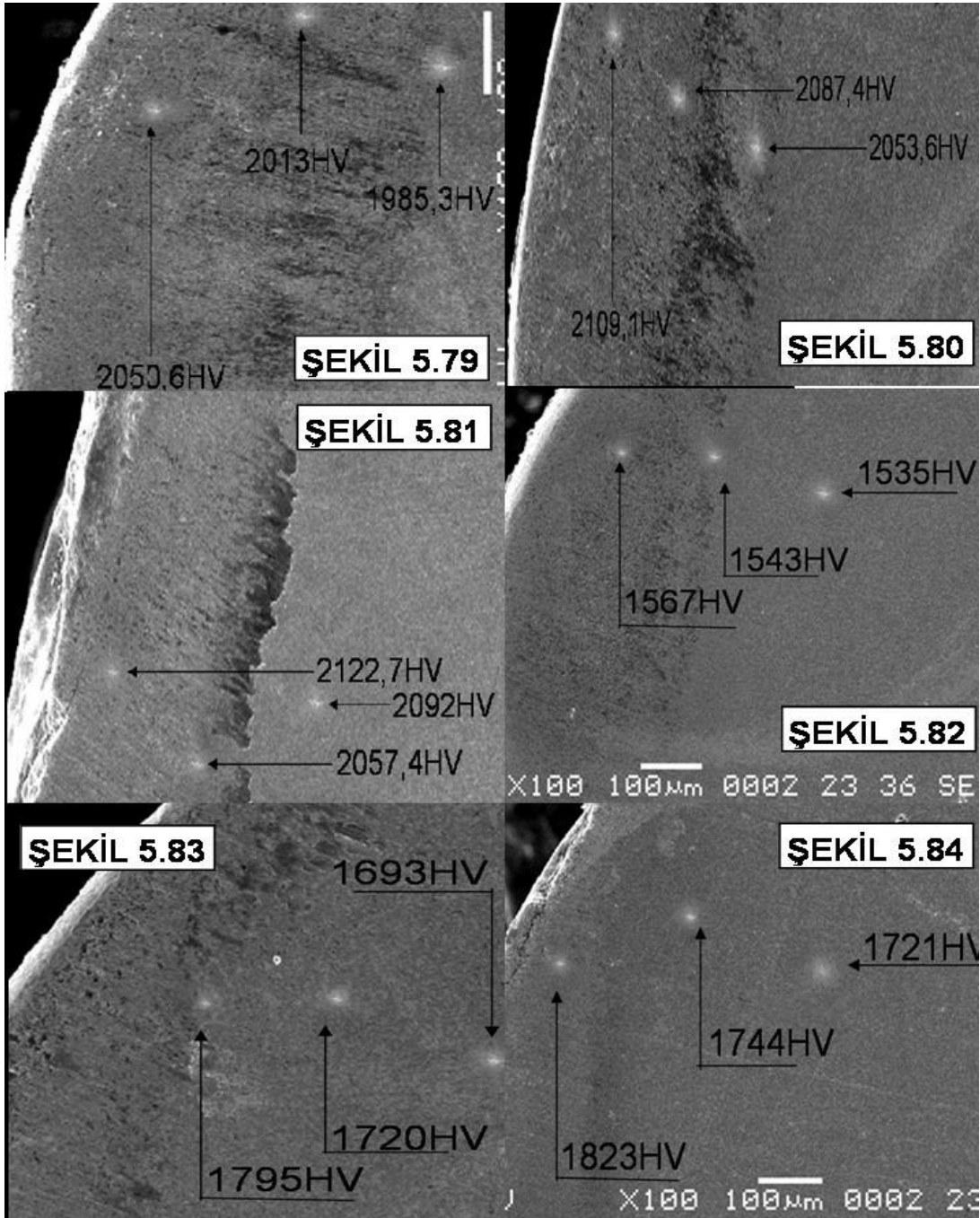
Çizelge 5.3’de bulunan 3nolu parametreler ile takımın 1sn çalıştırılıp çizelge 5.4’de bulunan 1nolu parametreler ile 4 kanallı iş parçasının işlendiği deneyde takım 8sn sonunda çatladı. Takımın yorulma süresi sonunda mikro sertliği ölçüldüğünde $1600\text{HV}_{1\text{kg}}$ olarak tespit edildi (Şekil 5.72).



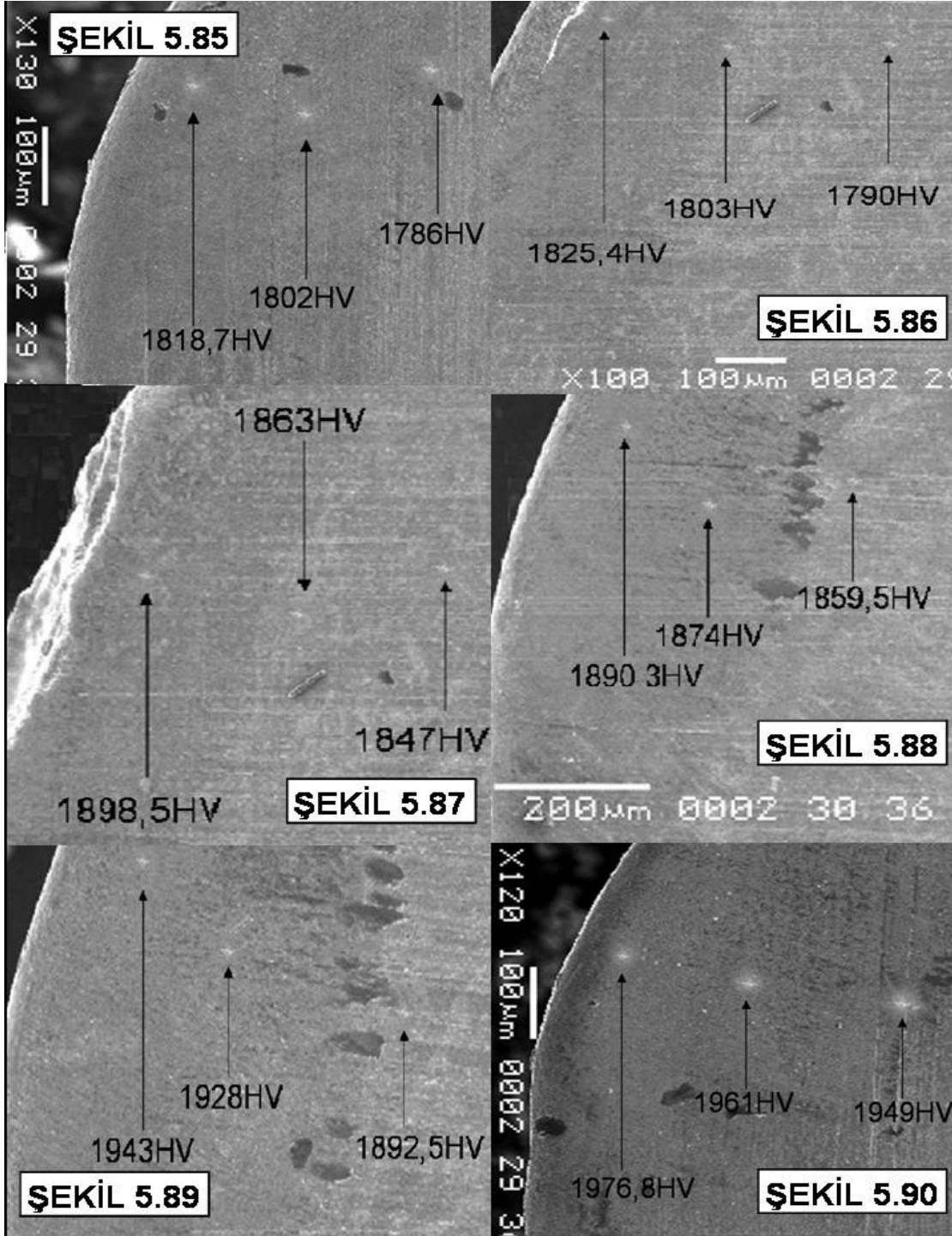
Şekil 5.72 Dört kanallı iş parçası üzerinde çizelge 5.3’de yer alan 3nolu parametreler grubu ile 2sn çalışmış takım ucu mikro sertlik fotoğrafı.



Şekil 5.73-5.78 Deneylede kullanılan takım ucunun belirli işleme parametreleri ve kesme sürelerinde gözlenen mikro sertlik fotoğrafları.



Şekil 5.79-5.84 Deneylede kullanılan takım ucunun belirli işleme parametreleri ve kesme sürelerinde gözlenen mikro sertlik fotoğrafları.



Şekil 5.85-5.90 Deneylerde kullanılan takım ucunun belirli işleme parametreleri ve kesme sürelerinde gözlenen mikro sertlik fotoğrafları.

6. SONUÇLAR

Süreksiz talaş kaldırma işleminde, takım üzerindeki mekanik yorulmanın etkilerini saptamak ve mekanik yorulma sonunda çatlak oluştuğu kesici takım bozulmasını araştırmak amacıyla gerçekleştirilen deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen bilgiler aşağıda belirtilmektedir.

A) Talaş kaldırma parametrelerinin takım bozulmasına olan etkilerinin belirlenmesi için yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar;

Yapılan deneylerden elde edilen ilk çatlak oluşum süreleri için aşağıdaki çizelgeleri oluşturduğumuzda, talaş kaldırma parametrelerine bağlı olarak çatlak oluşumunun nasıl değiştiği net bir şekilde görülmektedir (Çizelge 6.1 – Çizelge 6.2). deneyler sırasında kesme derinliği uygun bir değer seçilerek bir parametre olarak göz önüne alınmamıştır.

Çizelge 6.1 İki kanallı parça için ilk çatlak oluşum tablosu.

İki Kanallı İş Parçası Kullanılarak Yapılan Deneyler					
No	Vc (m/dak)	s (mm/dev)	a (mm)	n (dev/dak)	İlk Çatlak Oluşum Süresi (sn)
1	80	0.5	1.2	250	Tespit edilemedi.
2	130	0.1	0.2	500	Tespit edilemedi.
3	110	0.3	0.8	355	4sn
4	90	0.3	0.8	355	Tespit edilemedi.
5	110	0.1	0.8	355	9sn
6	3nolu parametreler grubu ile takımın 2.7sn çalıştırılıp 5nolu parametreler ile kullanılmasına devam edildiği işleme.				15.2sn
7	5nolu parametreler grubu ile takımın 7.3sn çalıştırılıp 3nolu parametreler ile kullanılmasına devam edildiği işleme				16.7sn
8	110	0.1	0.8	500	4.5sn
9	110	0.3	0.8	500	Tespit edilemedi.

Çizelge 6.2 Dört kanallı parça için ilk çatlak oluşum tablosu.

Dört Kanallı İş Parçası Kullanılarak Yapılan Deneyler					
No	Vc (m/dak)	s (mm/dev)	a (mm)	n (dev/dak)	İlk Çatlak Oluşum Süresi (sn)
1	110	0.3	0.8	355	2sn
2	110	0.1	0.8	355	6.4sn
3	2nolu parametreler grubu ile takımın 4.5sn çalıştırılıp 1nolu parametreler ile kullanılmasına devam edildiği işleme				10.8sn
4	1nolu parametreler grubu ile takımın 1sn çalıştırılıp 2nolu parametreler ile kullanılmasına devam edildiği işleme				8sn
5	1nolu parametreler grubu ile takımın 1.8sn çalıştırılıp 2nolu parametreler ile kullanılmasına devam edildiği işleme				8sn

- Kesme hızının artırılmasıyla talaş kaldırma süresi kısaldığı için kesici takım daha erken bozulmaktadır.
- İlerlemenin artırılmasıyla takım iş parçası üzerinde daha hızlı yol aldığı için kesici takım daha erken bozulmaktadır.
- Kesme devrinin artırılmasıyla kesme hızı arttığı için kesici takım daha erken bozulmaktadır.

B) İş parçası çapının ve aralık sıklığının takım bozulmasına olan etkilerinin belirlenmesi için yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar:

- İş parçası çapının artmasıyla tezgah devri azaldığı için kesici takım daha geç bozulmaktadır.
- İş parçası üzerindeki aksenal kanal sıklığının artmasıyla takım daha fazla darbeli çalışmaktadır. Ayrıca, boşta çalışma süresi arttığı için kesici takım üzerinde oluşan termal şoklar nedeniyle kesici takım daha erken bozulmaktadır.

C) Farklı yüklemelerde ard arda süreksiz talaş kaldırmanın takım bozulmasına olan etkilerinin belirlenmesi için yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar;

- İş parçası üzerine uygulanan farklı yüklemeler; talaş kaldırma sırasında talaş kesitlerinin değişmesine neden olur. Talaş kesiti ilerleme ile doğru orantılıdır. İlerleme arttırıldığında talaş kesiti de artacağı için takım bozulması daha erken gerçekleşir. Elde edilen bu sonuç ard arda farklı yüklemeler uygulandığında tam tersi bir sonuç göstermektedir.
- Farklı yüklemelerde ard arda yapılan süreksiz talaş kaldırma işleminde, kesici takımın mekanik olarak yorulduğu süreye kadar olan yüklemenin küçük seçilmesi ile takım daha geç bozulmaktadır.

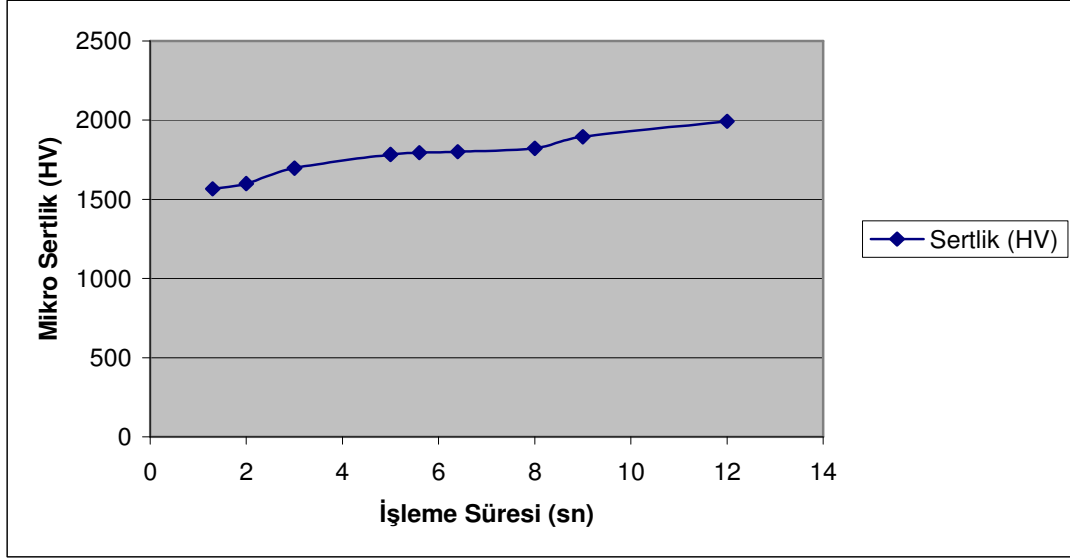
D) Mekanik yorulma sonucunda takım ucunda ölçülen sertlik değerlerine ait sonuçlar;

Sertlik değişimlerinin takım bozulmaları ile ilişkisinin daha iyi değerlendirilebilmesi için kullanılan tüm parametre değerlerini içeren sertlik değişim tablosu SEM ve mikro sertlik cihazı yardımı ile çıkarılmıştır (Çizelge 6.3).

Çizelge 6.3 Süreksiz talaş kaldırma işlemleri için sertlik değişim tablosu.

A) İki kanallı iş parçası					
Sıra No	Vc (m/dak)	s (mm/dev)	a (mm)	n (dev/dak)	Sertlik (HV)
1	110	0,3	0,8	355	1698
2					1783
3	110	0,1	0,8	355	1895
4					1993
5	İlk olarak 0.3 ilerleme ile takımın 2.7sn çalıştırılıp daha sonra 0.1 ilerleme ile kullanılmasına devam ettirilen işleme.				1989.1
6					2046.2
7					2087
8					2123.5
9	İlk olarak 0.1 ilerleme ile takımın7.3sn çalıştırılıp daha sonra 0.3 ilerleme ile kullanılmasına devam ettirilen işleme.				2050.6
10					2109.1
11					2122.7
B) Dört kanallı iş parçası					
Sıra No	Vc (m/dak)	s (mm/dev)	a (mm)	n (dev/dak)	Sertlik (HV)
12	110	0,3	0,8	355	1567
13					1600
14	110	0,1	0,8	355	1795
15					1802
16					1823
17	İlk olarak 0.3 ilerleme ile takımın 1sn çalıştırılıp daha sonra 0.1 ilerleme ile kullanılmasına devam ettirilen işleme.				1818.7
18					1825.4
19					1898.5
20	İlk olarak 0.1 ilerleme ile takımın4.5sn çalıştırılıp daha sonra 0.3 ilerleme ile kullanılmasına devam ettirilen işleme.				1890.3
21					1943
22					1976

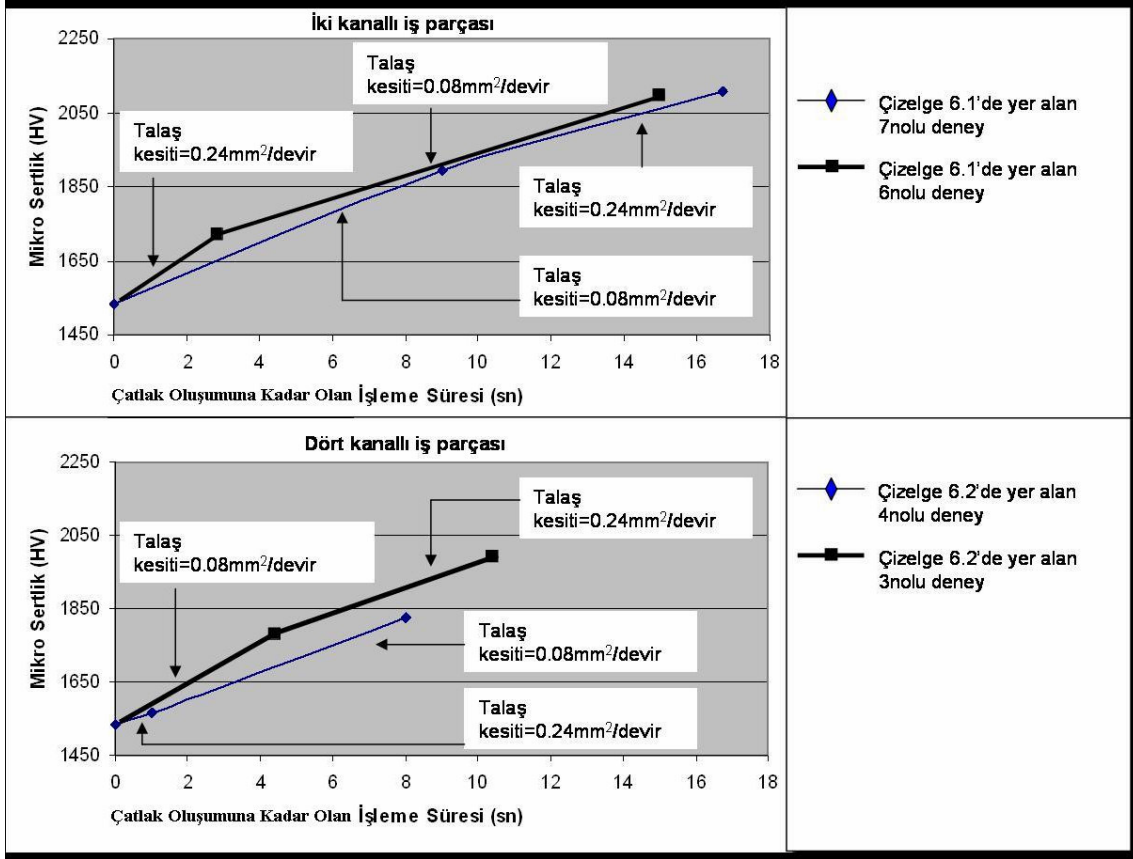
Çizelge 6.3'den referans olarak sertliğin takım bozulması üzerindeki etkisini açıklamak için bir grafik oluşturulduğunda, kesici takım bozulmasındaki azalış açık bir şekilde gözlenir(Şekil 6.1).



Şekil 6.1 Tek yüklemenin yapıldığı işlemlerde, kesici takım sertliğinin takım bozulmaları üzerindeki etkisi.

- İşleme süresince takım ucunda meydana gelen sertleşme toz metalurjisi ile üretilen sert metaller içerisinde bağlayıcı fazda bulunan Co'nun pekleşmesini sağlayarak takım bozulmalarını geciktirir. Pekleşen sert metal takım uçları başka bir işleme başlangıcında eski dayanım özelliklerine göre daha baskın bir hal alır.

Sertliğin bu etkisinin, farklı talaş kaldırma parametrelerinin iş parçası üzerinde ard arda uygulanması ile değiştiğini gözleye bilmek için çizelge 6.1'de yer alan 6 ve 7nolu, çizelge 6.2'de yer alan 3 ve 4nolu deneyleri çizelge 6.3'de yer alan sertlik değerleri ile birlikte grafiklediğimizde kesici takımda meydana gelen sertleşmenin, takım bozulmasını azaltmakta olduğu görülmektedir(Şekil 6.2).



Şekil 6.2 Takım Sertliklerinin ard arda yapılan süresiz talaş kaldırma süresince olan değişimleri.

- Kesici takım ucu değiştirilmeden farklı parametre gruplarının kullanıldığı işleme şekli, gelişen modern imalat yöntemlerinde sürekli karşımıza çıkmaktadır. Tek bir parametre grupları ile yapılan işlemlerde talaş kesiti, takım bozulmasını ters orantılı olarak etkilerken aynı takım ucu üzerinde talaş kesitinin küçükten büyüğe doru değiştirilmesi takım bozulmasını daha fazla geciktirmektedir. Talaş kesitinin bu etkisi kesici takım ucuna kazandırmış olduğu sertlikten kaynaklanmaktadır.
- Talaş kesiti ne kadar yüksek olursa işleme süresi de o kadar kısaldır. Dolayısıyla kısa olan işleme sürelerinde takımın çok fazla sertleşmesi beklenemez. Talaş kesitini belirlemede kullanılan formül aşağıda belirtilmiştir.

$$\text{Talaş Kesiti} = s \cdot a \quad (\text{mm}^2) \quad (6.1)$$

s; kesici takımın ilerleme miktarı (mm/devir), a; kesme derinliği (mm) olarak tanımlanır.

KAYNAKLAR

- [1] Agostinho, O. L., Rodrigues, A. C. S. and Lirani, J., (1977), "Tolerâncias, Ajustes, Desvios e Análise de Dimensões", Ed. Edgard Blücher Ltda, São Paulo, Brazil, 215 p. (in Portuguese).
- [2] Akkurt, M., (1998), "Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları", 4.Baskı, İstanbul, Birsen Yayınevi, Syf. 8-80
- [3] Akol, K., and Negishi, H., (1981), Study on tool failure of carbide tools in interrupted turning, *Ann. CIRP* 30/1 43.
- [4] Alberti, N.S. Noto La Diega, Passannanti, A. and Carro, C.-Cao, (1981), The effects of the fracture, chipping and wear of cemented carbide tools on the determination of the optimum metal-cutting conditions, *Ann. CIRP*, 30(1) 67-69
- [5] Altan, E., Çakır, O., Kıyak, M., (2002), "Yüksek Hızlı Talaşlı Şekillendirme", Balıkesir Üniversitesi IV.Mühendislik Mimarlık Sempozyumu, Balıkesir, 151-163
- [6] Altintas, Y., Lazoglu, İ., Prediction of tool and chip temperature in continuous and interrupted machining, Manufacturing Automation Laboratory, Department of Mechanical Engineering, University of British-Columbia, Vancouver, B.C. V6T1Z4, Canada.
- [7] Ammann, J.J., Mari, D., Schaller, R. & Bonjour, C. (1988), In *Mechanical and Physical Behaviour of Metallic and Ceramic Composites*, eds S. I. Anderson, H. Lilholt & O. B. Pedersen, Risö National Lab., p. 257
- [8] Ammann, J.J. and Schaller, R., Bonjour, C., (1988), *Mater. Sci. Eng.*, A105/106 313-321.
- [9] Ammann, J.J., (1990), Ph.D. Thesis, Cole Polytechnique Federale de Lausanne, Switzerland.
- [10] Avila, R.F., Abrao, A.M., (2001), "The Effect of Cutting Fluids on The Machining of Hardened AISI 4340 steel", *Journal of Materials Processing Technology*, 119, 21-26
- [11] Avner, S. H., (1974), *Introduction to Physical Metallurgy*, Book Comp., New York, 472-477.
- [12] Axinte, D.A., Belluco, W., Chiffre, L., (2001), "Reliable tool life measurements in turning-an application to cutting fluid efficiency evaluation", *International Journal of Machine Tool & Manufacture Design Research and Application*, 41, 1003-1014.
- [13] Bathia, S. M., Pandey, P.C. and Shan, H.S., (1979), "Failure of cemented carbide tools in intermittent cutting", *CIRP Ann.*, 28 (1) 13-17.
- [14] Batzer, S.A., Haan, D.M., Rao, P.D., Olson, W.W., Sutherland, J.W., (1998), "Chip morphology and hole surface texture in the drilling of cast Aluminum alloys", *Journal of Materials Processing Technology*, Volume 79, Issues 1-3, 1 July, 72-78.
- [15] Ber,A., Goldblatt, M., (1989), "The influence of temperature gradient on cutting tool's life", *Annals of the CIRP*, Vol. 38/1, 69-73.
- [16] Bonjour, C., (1980), *Wear*, 83-121.
- [17] Braga, D.U., Diniz, A.E., Miranda, G.W.A., Coppini, N.L., (2002), Using a minimum quantity of lubricant (MQL) and a diamond coated tool in the drilling of aluminum-silicon alloys, *Journal of Materials Processing Technology*, Volume 122, Issue 1, 5 March 127-138.

- [18] Brändle, H., Derflinger, V., Zimmermann, H., (1999), "New hard/lubricant coating for dry machining", *Surface and Coatings Technology*, Volume 113, Issue 3, 31 March, 286-292
- [19] Bruins, D.H., Dräger, H., "Talaşlı Metal İşlemede Takımlar ve Takım Tezgahları", Çev. Dinçmen, M., (1984), Carl Hanser Verlag München- Wien, 1975, Syf. 26-99
- [20] Cao, H.J., Tan, X.C., Liu, F., Zhang H., (2002), "A decision-making framework model of cutting fluid selection for green manufacturing and a case study", *Journal of Materials Processing Technology*, Volume 129, Issues 1-3, 467-470
- [21] Casto, S. Lo., Lombardo, A., Passannanti, G., (1981), "Relation Between Tool Life In Milling And Interrupted Turning", *Meccanica Italiana*, IS. 15-27.
- [22] Casto, S. Lo, Passannanti A. and Ruisi, V., (1981), "Influence of the cutting parameters, on sintered carbides", *Meccanica Italiana*, IS. 23-35.
- [23] Casto, S. Lo, Ruisi, V., (1980), "Influenza dell'avanzamento sui parametri della distribuzione di probabilità di frattura di placchette di carburi sinterizzati", *Meccanica Italiana*, 136, 51-59.
- [24] Casto, S. Lo, Passannanti, G., (1985), "On the influence of the radius between face and flank on the tool life of sintered carbides", *Ann. CIRP*, 34(1) 83-85.
- [25] Chao, B.T., Trigger, K.J., (1951), "An Analytical Evaluation of Metal Cutting Temperatures", *Transactions of ASME* 73, 57-68.
- [26] Colding, B. and König, W., (1971), *CIRP Ann*, 19, 793-812.
- [27] Culp, N.J., Huffman, D.D. ve Henry, R.J., (1997), *Tools Materials, Metals Handbook*, Desk Edition, ASM, Ohio 18-1-18.14.
- [28] Çakır, M.C., Uğuz, M., (1997), "Seramiklerin Kesici Takım Malzemesi Olarak Kullanılması", 7. Denizli Malzeme Sempozyumu, 170-175.
- [29]. Dawis, J. R., (Ed.), (1995), *Tool Materials, ASM Specialty Handbook*, Ohio, 32-76, 85-99.
- [30] Dörr, J., Schulz, H., Rass, I.J., Schulze, M., Leyendecker, T., Erkens, G., (2001), "Performance of oxide PVD-coatings in dry cutting operations", *Surface and Coatings Technology*, 146-147, 480-485
- [21] Drozda, T.J., Wick, C., (1983), *Society of Manufacturing Engineers; 4. edition, "Tool and manufacturing engineers handbook" Vol 1: Machining.*, 3-4, ISBN: 0872630854
- [32] Edwards, L., Endean, M., (1990), *Manufacturing with Materials, Material in Action Series*, England, 250-261.
- [33] Edwards, R., (1993), *Cutting Materials, Cutting Tools*, The Institute of Materials, 3-26.
- [34] Ezugwu, E.O, Okeke, C.I., Machado, A.R., (1999), "High Speed Threading Of Inclusion-Modified Steels Using Coated Carbide Inserts", *J. Mater Process, Technol.* 86, 216-225.

- [35] Eisenblatter, G., Klocke, F., (1997), "Dry Cutting", Annals of the CIRP Vol. 46/2/, 519-526
- [36] Ferraresi, D., (1972), "Metal Cutting", Brazilian Metal Society, São Paulo, Brazil, 71 p. (in Portuguese).
- [37] GONSETH, A D., MARI, D.R., New Look At Carbide Tool Life, Vnstitut de Gtinie Atomigue, EPFL, 1515 Lawanne UFEC SA, 1297 Founex.
- [38] Hayashi, K., Suzuki, H., Taniguchi, J. and Matsubara, H., (1982), Trans. Jpn. Inst. Metals, 23 (2), 77-84.
- [39] Hoshi T., Okushima K., (1965), "Optimum diameter and position of a flycutter for milling steel at light cuts", J. Eng. Ind., 97 , 442-446.
- [40] İpek, M., Özdemir, Ö., Zeytin S., (2000), "Kesici Takım Malzemeleri", *Mühendis ve Makina*, Cilt: 48, Sayı: 487, Syf. 40-46
- [41] Kabaldin, Y. G., (1980), "Temperature and Adhesion in Continuous and Interrupted Machining", *Machines and Tooling*, 51, 33-36.
- [42] Kaestner, W., Schnadt, R., Tonshoff, H.K., (1989) "Machinability of forged steels in interrupted cutting".
- [43] Kitagawa, T., Usui, E., Shirakashi, T., (1978), "Analytical prediction of three dimensional cutting process", Part 3: Cutting temperature and crater wear of carbide tool, Transactions of ASME, Journal of Engineering for Industry 100 236-243.
- [44] Klocke, F., König, W., Gerschwiler, (1996), "Advanced Machining of Titanium and Nickel-Based Alloys", *Advanced Manufacturing Systems and Technology*, Springer Verlag, New York, USA.
- [45] Knee, N., Plumbridge, W. J., (1984), Proc. 6th Int. Conf. On Fracture (ICF6), eds S. R. Valluri, D. M. R. Tapling, P.Ramarao, J. F. Knott, R. Dubey, New Delhi, India, Dec. 4-10, Vol. 4, p.2685.
- [46] König, W. *Fertigungsverfahren Band1, Drehen, Frasen, Bohren*, (1981), WDII-Verlag GmbH, Dusseldorf.
- [47] Loewen, E.G., Shaw, M.C., (1954), On the Analysis of Cutting-Tool Temperatures, Transactions of ASME, Journal of Engineering for Industry 76, 217-231.
- [48] Loladze, T.N., (1978), "The scientific background of cutting tool materials selection", Annals of the CIRP Vol., 535-539
- [49] Mari, D., (1991), Ph.D. Thesis, Ecole Polytechnique Fedeale de Lausanne, Switzerland.
- [50] Nakayama, K., (1940), *A Theory on Machining*, Corona Publ. Co., p.4
- [51] Özgürler, M. (2002), "TALAŞLI Şekillendirmede Gelişmeler", Yıldız Teknik Üniversitesi Ders Kitabı.
- [52] Pekelharing, A. J. and Orelio, J. M. B., (1979), When does the cutting tool crack? Tech, Pap. SME MR79-384, SME, Dearhorn, Michigan.
- [53] Pekelharing, A. J., (1978), "The Exit Failure in Interrupted Cutting", Annals of the CIRP, vol. 27, 5-10.

- [54] Pekelharing, A. J., (1979), "Cutting Tool Damage in Interrupted Cutting", Technische Hogeschool, Delft (The Netherland).
- [55] Pekelharing, A. J., (1984), "The Exit Failure of Cemented Carbide Face-Milling Cutters. Part I - Fundamentals and Phenomena", Annals of the CIRP, vol. 33, 47-50.
- [56] Schey, J.A., (1987), Introduction to Manufacturing Processes, Second Edition, McGraw-Hill Book Comp., New York, 472-477.
- [57] Schleinkofer, U., Sockel H. G., (1997), Fatigue Of Hard Metals and Cermets-New Results and A Better Understanding, Int.J. of Refractory Metals&Hard Metarials, 103-112
- [58] Sorby, K., Tonnessen, K., Torjusen, J., (2000), "Improving high speed flank milling operations in multi-axis machines", CIRP Annals, Vol. 49, No. 1, 371-374
- [59] Suresh, S., J. (1991), Hard Material, 2 29.
- [60] Şahin, Y., (2000), "Talaş Kaldırma Prensibleri 1", Nobel Yayınevi, Ankara, Syf. 335-406
- [61] Taylor, F. Wear, (1907), Trans, ASME, 31-279.
- [62] Trent, E.M., (1977), Metal Cutting, London.
- [63] Trent, E.M., 1967, Materials for Cutting Tools, Metals Handbook 8th Edition, Vol. 3 Machining, Ohio, 311-324.
- [64] VDI Richtline 3321, Blatt1, VDI Verlag, Düsseldorf, 1976.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	23.12.1980	
Doğum yeri	Düzce	
Lise	1994-1998	Akçakoca Süper Lisesi
Lisans	1998-2002	Karaelmas Üniversitesi Mühendislik Fak. Makine Mühendisliği Bölümü

Çalıştığı kurumlar

2002-2003	Parot Otomatik Tic. ve San. A.Ş.
2003-Devam ediyor	ERDEMİR T.A.Ş.