



Experimental investigation of flank wear in variable feed turning of cold work tool steel DIN 1.2379, optimization of variable feed levels

Berna İmrek^{1*}, Ali Oral²

¹Department of Motor Vehicles and Transportation Technologies, Balıkesir Vocational School, Balıkesir University, Balıkesir, 10145, Türkiye

²Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Balıkesir University, Balıkesir, 10145, Türkiye

Highlights:

- Variable feed machining for hard materials turning
- Flank wear
- Optimum variable feed levels

Keywords:

- Variable feed turning
- Flank wear
- Optimum variable feed levels
- Cutting fluid

Article Info:

Research Article

Received: 01.02.2021

Accepted: 11.02.2022

DOI:

10.17341/gazimmfd.872540

Correspondence:

Author: Berna İmrek

e-mail:

bernaimrek@balikesir.edu.tr

phone: +90 266 612 1209

Graphical/Tabular Abstract

Variable and constant feed turning experiments with the same cutting parameters and machining times were performed using coolant. flank wear (VB) values observed as a result of the experiments are given in Figure A. In variable feed turning with cutting fluid, a decrease in flank wear (VB) value was observed between 2.48% and 31.57%.

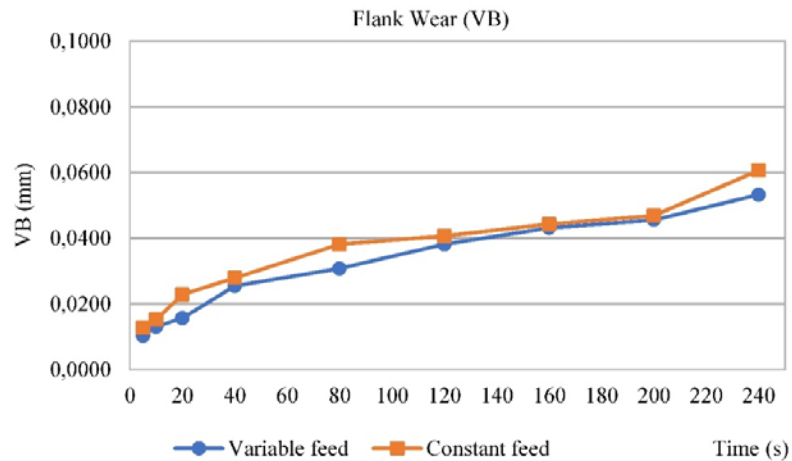


Figure A. Variable and constant feed flank wear (VB) value with the cutting fluid

Purpose: The aim of this study is to determine the effect of variable feed turning on the flank wear (VB) value of the tool by performing constant feed turning and variable feed turning processes using dry machining and cutting fluid in cylindrical turning processes. It is the determination of the optimization of the variable feed f_1 , f_2 , f_3 independent variables that will give the smallest flank wear (VB) value under dry machining conditions. In addition, the effect of f_1 , f_2 and f_3 independent variables on the flank wear value was investigated.

Theory and Methods: In this study, experimental studies have been done. As a result of the cylindrical turning experiments, the flank wear value of the cutting tools was measured. Variable feed is a metal removal strategy that starts with a low feed value when the tool enters the tool in the turning process and gradually increases it to the final value. In the variable feed turning experiments, the first 1 mm turning length is 0.100 mm / rev., the next 1 mm long 0.125 mm / rev. and the remaining length 0.150 mm / rev. feed values are used.

Results: In the flank wear (VB) value of the variable feed; it has been observed that it has a reducing effect between 3,60% - 9,73% in dry machining conditions and between 2,48% - 31,57% in cutting fluid conditions compared to constant feed. In addition, it was observed that the use of cutting fluid decreased tool wear by 29,20% - 71,64% in constant feed turning experiments compared to dry machining, and by 34,80% - 74,40% in variable feed turning experiments. As a result of optimization, the factor levels that give the minimum flank wear value are determined as $f_1 = 0.080$ mm / rev, $f_2 = 0.105$ mm / rev and $f_3 = 0.130$ mm / rev.

Conclusion: In experiments conducted for different durations, the positive effect of variable feed on the flank wear value of the was observed and the variable feed f_1 , f_2 , f_3 independent variables that would give the lowest flank wear value were determined.



DIN 1.2379 soğuk iş takım çeliğinin değişken ilerlemeli tornalanmasında serbest yüzey aşınmasının deneysel olarak incelenmesi, değişken ilerleme seviyelerinin optimizasyonu

Berna İmrek^{1*}, Ali Oral²

¹Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir Meslek Yüksekokulu, Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri Bölümü, 10145, Balıkesir, Türkiye

²Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 10145, Balıkesir, Türkiye

ÖNEÇIKANLAR

- Sert malzemelerin tornalanmasında değişken ilerlemeli işleme
- Serbest yüzey aşınması
- Optimum değişken ilerleme seviyeleri

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Geliş: 01.02.2021

Kabul: 11.02.2022

DOI:

10.17341/gazimmfd.872540

Anahtar Kelimeler:

Değişken ilerlemeli
tornalama,
serbest yüzey aşınması,
optimum değişken ilerleme
seviyeleri,
kesme sıvısı

ÖZ

Bu çalışmada; DIN 1.2379 soğuk iş takım çeliğinin KY4400 seramik takımlar ile kuru işleme ve kesme sıvısı kullanılarak sabit ve değişken ilerlemeli tornalama deneyleri yapılmıştır. Değişken ilerleme, tornalama işleminde takımın pasoya girişinde düşük ilerleme değeri ile başlanıp kademeli olarak nihai değere artırılan bir talaş kaldırma stratejisidir. Bu işleme stratejisinin serbest yüzey aşınması üzerinde olumlu etkisi gözlemlendiğinden; kuru işleme şartlarında en küçük serbest yüzey aşınma (VB) değerini verecek değişken ilerleme f1, f2, f3 bağımsız değişkenlerinin optimizasyonu çalışılmıştır. Serbest yüzey aşınma değerini minimize eden değişken ilerleme kombinasyonu (f1, f2 ve f3), "daha küçük daha iyidir" yaklaşımına göre, serbest yüzey aşınma değeri için sinyal – gürültü (S/N) oranı hesaplanarak belirlenmiştir. Ayrıca f1, f2 ve f3 bağımsız değişkenlerinin, serbest yüzey aşınma değeri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çalışmada 58 HRC sertliğe sahip soğuk iş takım çeliğinin, seramik takımlar ile değişken ilerlemeli tornalaması halinde aşınma davranışları incelenmiştir. Değişken ilerlemenin serbest yüzey aşınma (VB) değerinde; sabit ilerlemeye oranla kuru işleme şartlarında %3,60 - %9,73 arasında, kesme sıvılı şartlarda %2,48 - %31,57 arasında azaltıcı etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca kesme sıvısı kullanımının, kuru işlemeye göre sabit ilerlemeli tornalama deneylerinde %29,20 - %71,64 arasında, değişken ilerlemeli tornalama deneylerinde ise %34,80 - %74,40 arasında takım aşınmasını azalttığı gözlemlenmiştir.

Experimental investigation of flank wear in variable feed turning of cold work tool steel DIN 1.2379, optimization of variable feed levels

HIGHLIGHTS

- Variable feed machining for hard materials turning
- Flank wear
- Optimum variable feed levels

Article Info

Research Article

Received: 01.02.2021

Accepted: 11.02.2022

DOI:

10.17341/gazimmfd.872540

Keywords:

Variable feed turning,
flank wear,
optimum variable feed
levels,
cutting fluid

ABSTRACT

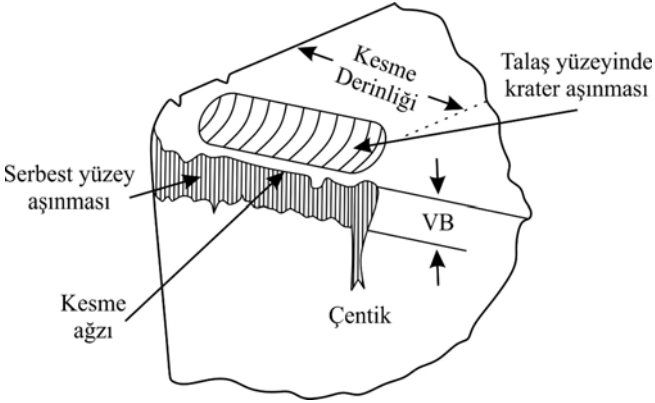
In this study; constant and variable feed turning experiments of DIN 1.2379 cold work tool steel with KY4400 ceramic tools were carried out by using dry machining and cutting fluid. Variable feed is a metal removal strategy that starts with a low feed value when the tool enters the tool in the turning process and gradually increases it to the final value. Since this machining strategy has a positive effect on flank wear; optimization of variable feed f1, f2, f3 independent variables was studied to give the smallest flank wear (VB) value under dry machining conditions. The variable feed combination (f1, f2 and f3) that minimizes the flank wear value was determined by calculating the signal-to-noise (S / N) ratio for the flank wear value according to the "smaller is better" approach. In addition, the effect of f1, f2 and f3 independent variables on the flank wear value was investigated. In the study, the wear behavior of cold work tool steel with 58 HRC hardness when turning with ceramic tools in variable feed was investigated. In the flank wear (VB) value of the variable feed; it has been observed that it has a reducing effect between 3,60% - 9,73% in dry machining conditions and between 2,48% - 31,57% in cutting fluid conditions compared to constant feed. In addition, it was observed that the use of cutting fluid decreased tool wear by 29,20% - 71,64% in constant feed turning experiments compared to dry machining, and by 34,80% - 74,40% in variable feed turning experiments.

1. Giriş (Introduction)

Takımın izin verilen aşınma değerine erişinceye kadar geçen çalışma zamanına takım ömrü denir. Takım ömrünü belirlemede Taylor modeli kullanılmaktadır. Genişletilmiş Taylor bağıntısı Eş. 1'de verildiği gibi yazılır. Taylor tarafından yapılan deneylerde gösterildiği gibi, takım ömrü üzerinde en kuvvetli etki kesme hızının, ilerlemenin etkisinin daha az, paso kalınlığının ise en azdır. Buna göre $k > x > y$ dir [1].

$$T = \frac{C_0}{(Vc^k \cdot f^x \cdot ay)} \quad (1)$$

Kesici takımlar ancak kesici ağızları belirli yüzey ve boyutsal toleranslarda parça ürettikleri zaman kullanılabilirler. Takım aşındığında kesme ağızı kalitesi bozularak (Şekil 1) takım ömrü tamamlanır ve takım ömrü kriteri olarak serbest yüzey aşınması (VB) değeri dikkate alınır [2]. ISO 3685 normlarında takım ömrü kriteri olarak 0,3 mm lik bir serbest yüzey aşınması değeri tanımlanmıştır, serbest yüzeydeki aşınma bu değere ulaşına dek kesici kenar kullanımda kalır [3, 4].



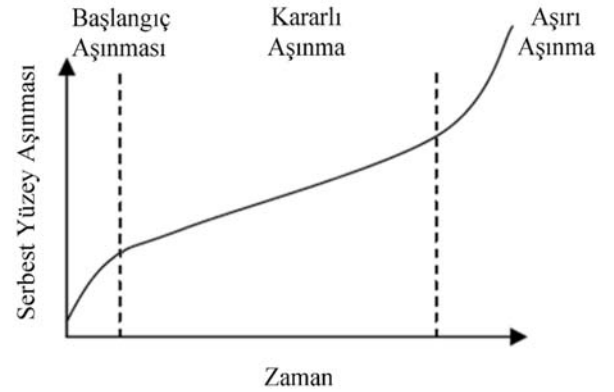
Şekil 1. Takım aşınması türleri (Type of tool wears) [2]

Takım ömrü kriteri olarak değerlendirilen serbest yüzey aşınması, başlangıç aşınması, kararlı aşınma ve aşırı aşınma bölgesi olarak üç bölgede oluşmaktadır (Şekil 2). Serbest yüzey aşınmasının 0,1 mm lik kısmına denk gelen değeri, başlangıç aşınması olarak tanımlanır. Çok hızlı olarak gelişen bu aşınma değeri, toplam aşınma miktarının üçte biri kadardır [5].

Talaş oluşumu esnasında gerekli enerji, kesme bölgesinde yüksek sıcaklıklara yol açar ve oluşan sıcaklıklar takım aşınması üzerinde etkin rol oynar. Takım ömrünü artırmak için etkili bir soğutmanın sağlanması gereklidir [7]. Talaş kaldırma sırasında kesme sıvısı kullanımının; kesme kuvveti ve gücü, sıcaklıklardan meydana gelen şekil değiştirmelerde azalma, ağız birikintisini önleme, yüzey kalitesinde iyileşme, talaşın kırılmasını ve uzaklaştırılmasını kolaylaştırma, takım aşınmasında azalma ve takım ömründe artışa sebep olduğu bilinmektedir [1]. Kesici takım maliyetleri, üretim maliyetlerini etkilediği değerlendirildiğinde takım aşınmasının azaltılmasına yönelik çalışmaların büyük önem taşıdığı açıktır. Literatürde; değişken ilerleme kullanılarak, değişken ilerlemenin takım aşınması, takım ömrü, yüzey kalitesine etkileri üzerine araştırmalar mevcuttur. Bu araştırmalar aşağıda kısaca özetlenmiştir.

Balazinski M. ve Mpako Ch., 4140 çeliğinin iki ayrı ilerleme değeri ile tormalanması halinde takım aşınmasında önemli bir azalma olduğunu belirtmektedir [8]. Balazinski M. vd. Inconel 600 iş parçasının değişken ilerleme ile frezelenmesinde takım ömrünün sabit

ilerleme değerine göre %30 daha yüksek olduğunu göstermiştir [9]. Klim Z. vd. 17-4PH paslanmaz çeliğinin değişken ilerleme ile frezelenmesi durumunda takım ömrünün %40 oranında iyileştiğini göstermişlerdir [10]. Özdemir vd. başlangıç aşınmasına etki eden faktörleri araştırdıkları çalışmalarında, başlangıç aşınması üzerinde en önemli etkinin yüksek ilerleme değerlerinde olduğu sonucuna varmışlardır [11]. Oral A. vd. tormalama işlemlerinde ilk aşınma bölgesinde oluşan hızlı aşınmaların önemli bir bölümünün takımın parçaya temas ettiği anda oluşan yüksek kesme kuvvetleri etkisi nedeniyle oluştuğunu belirtmiştir. Kesme kuvvetlerinin azaltılması için tormalama işlemine; önerilen ilerlemenin altında bir ilerleme ile başlanmış ve istenilen ilerleme değerine kademeli olarak çıkarak başlangıç aşınmasının azaltılması sağlanmıştır [12]. Oral A. vd. yaptıkları bir başka çalışmada; TiN kaplamalı CNMG-120408 (NC3020) ve DNMG 150608-NM4 WPP20 iki farklı takım kullanarak, AISI 1050 iş parçası malzemesinin kaba tormalama işlemlerinde yeni bir işleme stratejisi olarak, değişken ilerlemeli tormalamayı kullanarak, sabit ilerleme değerlerine göre takım ömrünün %35 arttığını belirtmişlerdir. Oral vd. takım ömründeki iyileşmeyi başlangıç aşınmasının azalmasına bağlamaktadır. Değişken ilerlemeli tormalama işleminde talaş kaldırma işlemine düşük ilerlemeyle başlanması nedeniyle takıma etki eden kesme kuvvetleri de kademeli olarak artmaktadır (Şekil 3). Takımın parçaya ilk temas ettiği andaki kesme kuvvetleri kademeli olarak artmaktadır [13].



Şekil 2. Serbest yüzey aşınmasının talaş kaldırma süresine bağlı değişimi [6]
(Variation of the flank wear with cutting time)

Emiroğlu U. vd. CNC tornada iş parçası malzemesi olarak alüminyum ve çelik malzemelerin kaba ve ince tormalanmasında değişken ilerleme ve talaş kırıcısız kesici uçlar kullanmıştır. Çalışmada, talaş kırıcılı kesici uç yerine talaş kırıcısız kesici uç kullanılarak talaş kırma için maliyet analizi yapılmıştır. Değişken ilerleme ve talaş kırıcısız kesici uçlar kullanılması ile talaşların kolaylıkla kırılabildiği görülmüştür [14]. Lin T. R ve Shyu R. T., paslanmaz çelik malzemelerin delinmesinde matkap çapak yüksekliği ve takım ömrü üzerinde, değişken ilerlemenin etkisini çalışmış ve değişken ilerlemenin çapak yüksekliği ve takım ömrünü önemli ölçüde iyileştirdiğini belirtmiştir [15]. Lin T. R., paslanmaz çeliğin delinmesinde değişken ilerleme ve değişken devir sayılarında çalışmış, çapak yüksekliği, takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğünün sabit ilerlemeden daha üstün olduğunu göstermiştir [16]. Murat D. vd. CNGA 120404 KY4400 takımlarla, DIN 1.2379 iş parçalarının tormalanmasında takım aşınması, kesme parametreleri ilişkisini araştırdıkları çalışmada, takım aşınması üzerinde kesme hızının en etkili faktör olduğu, ilerleme ve kesme hızındaki düşüşün, takım aşınmasını azaltacağını belirtmiştir [17]. Murat D. vd. DIN 1.2379 iş

parçalarını CNGA 120404 KY4400 seramik takımlarla tornalanmasında yüzey pürüzlülüğü ve kesme parametrelerini Box-Behnken yanıt yüzey metodolojisi (RSM) tasarımı ile modellemiş ve analiz etmişler, en düşük yüzey pürüzlülüğü için optimum kesme parametrelerini belirlemişlerdir [18].

Bu çalışmada; kuru işleme ve kesme sıvısı kullanarak sabit ilerlemeli tornalama yerine değişken ilerlemeli tornalama işlemi yapılarak, serbest yüzey aşınma (VB) değerinin azaltılması hedeflenmiştir. Ayrıca kuru işleme şartlarında en düşük serbest yüzey aşınma değerini verecek değişken ilerleme f_1 , f_2 ve f_3 bağımsız değişkenlerinin optimizasyonu ve değişkenlerin serbest yüzey aşınma değeri üzerindeki etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Deneysel Metot (Experimental Method)

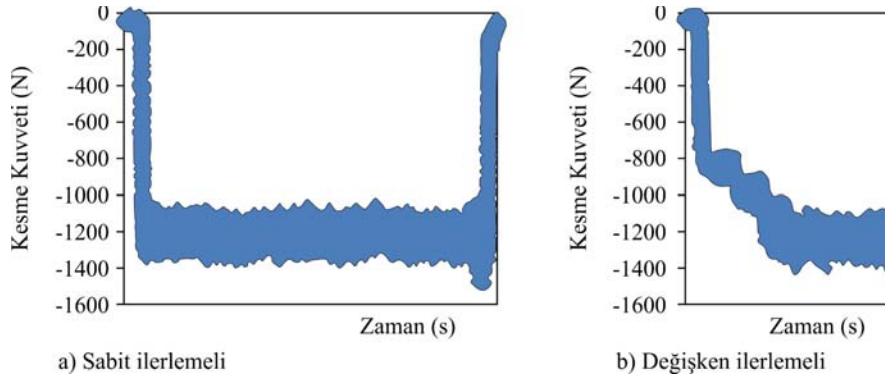
Çalışmada belirtilen amaçlara ulaşmak için yapılan deneyler, Goodway-GS-200 model CNC torna tezgahında yapılmıştır. Deneylerde Kennametal TNGA 160404T01020 – KY4400 seramik

takım ve MTJNR 2525 M16 H4 ID 8K takım tutucu kullanılmıştır. Deney numunesi olarak, özellikleri Şekil 4’te verilen $\phi 80 \times 160$ mm boyutlarında, çekirdeğine kadar sertleştirilmiş (58 HRC), DIN 1.2379 soğuk iş takım çeliği kullanılmıştır.

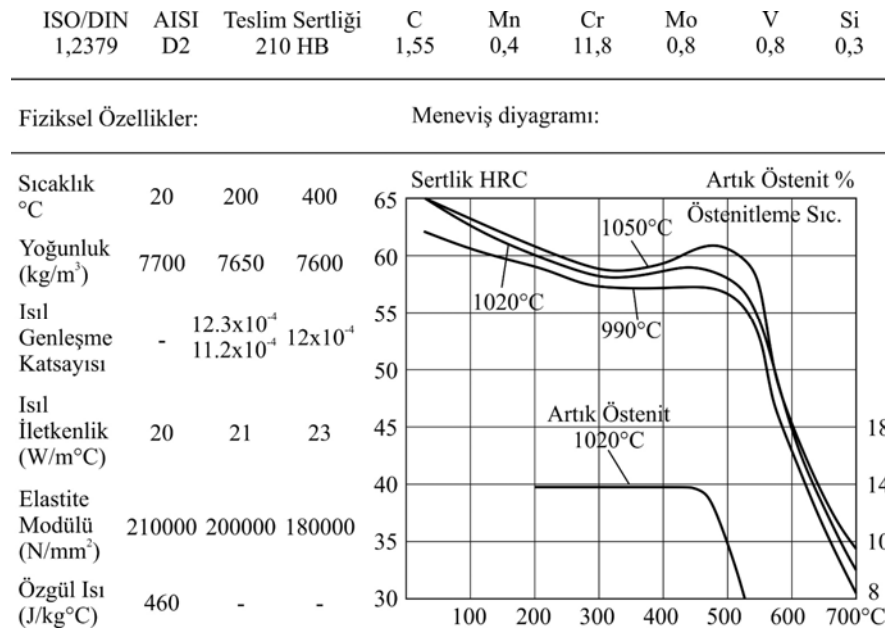
Aşınma ölçümleri, 1/10000 mm hassasiyete sahip Dino-Lite AD4000 serisi dijital mikroskop ile 250 kat büyütme ile alınmıştır.

Deneyler ilk aşamada sabit ve değişken ilerlemeli tornalama olarak; 5s, 10s, 20s, 40s, 80s, 120s, 160s, 200s, 240s, süreler için kuru işleme ve kesme sıvısı kullanılarak yapılmıştır. Deney sistematığında, bir takım ile belirlenen süre boyunca işleme yapılıp serbest yüzey aşınması ölçüldükten sonra diğer deney için yeni kesme kenarı kullanılmıştır. Kesme sıvısı, kesme bölgesine 5 mm çapındaki bir nozul vasıtasıyla 4,2 bar basınç ile püskürtülmüş olup soğutma işlemi için tezgah donanımı dışında özel bir düzenek kullanılmamıştır.

Çalışmada sabit ilerlemeli tornalama için kullanılan kesme parametreleri Tablo 1’de, değişken ilerlemeli tornalama için



Şekil 3. Sabit ve değişken ilerlemeli tornalamada kesme kuvvetleri [13] (Cutting forces for constant and variable feed turning)



Şekil 4. DIN 1.2379 soğuk iş takım çeliğinin özellikleri (Properties of DIN 1.2379 cold work tool steel) [17]

kullanılan kesme parametreleri Tablo 2’de verilmiştir. Değişken ilerlemeli tornalama deneylerinde, takım parçaya düşük ilerleme değeri (0,100 mm/dev.) ile girmekte ve ilerleme değeri kademeli olarak ön görülen değere (0,150 mm/dev.) çıkarılmaktadır. İşlemde; ilk 1 mm tornalama uzunluğunda 0,100 mm/dev., sonraki 1 mm uzunlukta 0,125 mm/dev. ve geri kalan uzunlukta 0,150 mm/dev. ilerleme değerleri kullanılmıştır. Çalışmanın ikinci aşamasında, değişken ilerlemeli tornalama işleminde ilerleme kademelerinin belirlenmesi amacıyla; ön deneylerden elde edilen tecrübeler ve takım üreticisine ait kesme verilerinden yararlanarak, kesme hızı $V_c = 100$ m/dak ve paso $a_p = 0,8$ mm değerinde sabit tutulmuş ve değişken ilerleme değerleri, $f_1 < f_2 < f_3$ koşuluna uyacak şekilde belirlenerek 21 deneyden oluşan deney planı yapılmıştır. Maksimum ve minimum ilerleme değerleri dikkate alınarak ilerleme $f = 0,063 - 0,150$ mm/dev. değerleri arasında alınmıştır. Deneyler kuru işleme şartlarında, 30 saniye süre için yapılmıştır.

3. Sonuçlar ve Tartışmalar (Results and Discussions)

3.1. Kuru İşleme Tornalama Deney Sonuçları (Dry Work Turning Test Results)

Tablo 1 ve Tablo 2’deki kesme koşulları kullanılarak 5s, 10s, 20s, 40s, 80s, 120s, 160s, 200s, 240s, süreler için, kuru işleme şartlarında, değişken ve sabit ilerlemeli tornalama deneyleri yapılmıştır. Deneyler sonucunda gözlenen serbest yüzey aşınma (VB) değerleri Tablo 3 ve aşınma eğilimi Şekil 5’de verilmiştir.

Kuru işleme şartlarında yapılan değişken ilerlemeli tornalama deneylerinde, serbest yüzey aşınma (VB) değerinin sabit ilerlemeli tornalama deneylerine göre daha düşük değerlerde olduğu gözlenmiştir. Değişken ilerlemeli tornalama işleminde, serbest yüzey aşınma (VB) değerinde %3,60 - %9,73 arasında azalma gözlenmiştir.

Tablo 1. Sabit ilerleme kesme parametreleri (Constant feed cutting parameters)

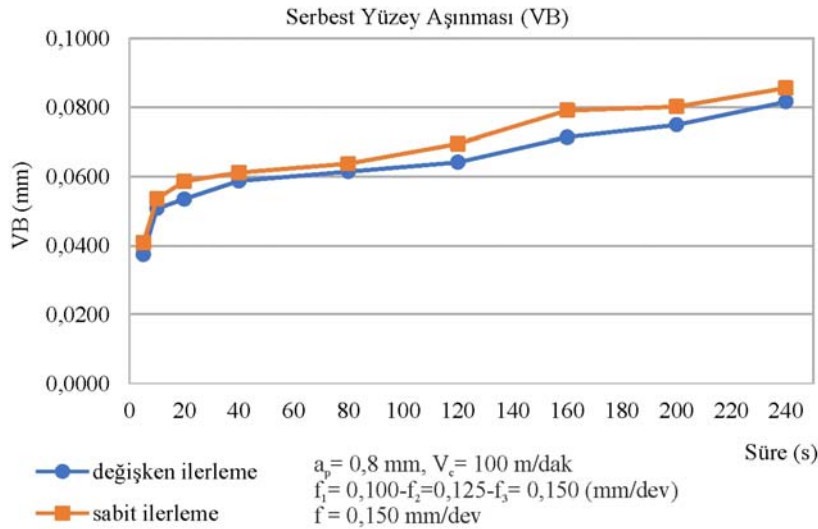
Kesme Hızı - V_c (m/dak)	Kesme Derinliği - a_p (mm)	İlerleme - f (mm/dev)
100	0,8	0,150

Tablo 2. Değişken ilerleme kesme parametreleri (Variable feed cutting parameters)

Kesme Hızı - V_c (m/dak)	Kesme Derinliği - a_p (mm)	İlerleme - f mm/dev
100	0,8	İlk 1 mm uzunluk için $f_1 = 0,100$
		Sonraki 1 mm için $f_2 = 0,125$
		Geri kalan uzunluk için $f_3 = 0,150$

Tablo 3. Kuru işleme, değişken ve sabit ilerleme serbest yüzey aşınma (VB) değeri (Dry machining, variable and constant feed flank wear (VB) value)

Kuru İşleme İle Yapılan Deney Sonuçları		
Süre (s)	Değişken ilerleme, VB (mm)	Sabit ilerleme, VB (mm)
5	0,0374	0,0408
10	0,0508	0,0536
20	0,0535	0,0587
40	0,0588	0,0612
80	0,0615	0,0638
120	0,0642	0,0695
160	0,0714	0,0791
200	0,0749	0,0802
240	0,0816	0,0856



Şekil 5. Kuru işleme, değişken ve sabit ilerleme serbest yüzey aşınma (VB) değeri (Dry machining, variable and constant feed flank wear (VB) value)

3.2. Kesme Sıvılı Tornalama Deneç Sonuçları (Turning Test Results With The Cutting Fluid)

Aynı kesme parametreleri ve işleme süreleriyle değişken ve sabit ilerlemeli tornalama deneyleri kesme sıvısı kullanarak yapılmıştır. Deneçler sonucu gözlenen serbest yüzey aşınma (VB) değerleri Tablo 4 ve Şekil 6'da verilmiştir. Kesme sıvısı ile yapılan değişken ilerlemeli tornalamada serbest yüzey aşınma (VB) değerinde, %2,48 - %31,57 arasında azalma gözlenmiştir. Değişken ilerlemeli talaş kaldırma işleminde, kesme sıvısı kullanımının kuru işlemeğe göre

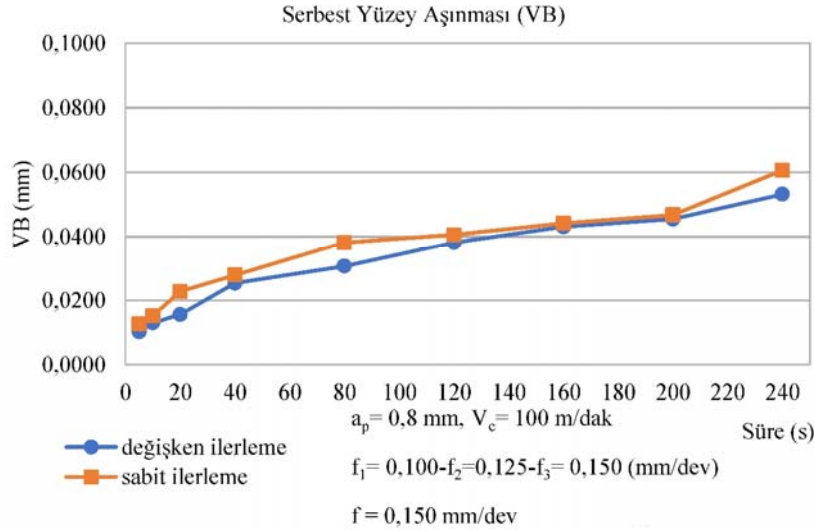
serbest yüzey aşınmasını azaltarak takım ömrüne olumlu etkisi gözlenmiştir.

3.3. Sabit İlerlemeli Tornalama İşlemine, Kesme Sıvısının Etkisi (Effect Of Cutting Fluid On Turning With Constant Feed)

Aynı süreler ve kesme koşullarında, kuru işleme ve kesme sıvılı, sabit ilerleme kullanarak yapılan tornalama deneylerindeki serbest yüzey aşınma değerleri (VB) Tablo 5 ve Şekil 7'de verilmiştir. Sabit ilerlemeli tornalamada kesme sıvısı kullanıldığında, kuru işlemeğe

Tablo 4. Kesme sıvılı, değişken ve sabit ilerleme serbest yüzey aşınma (VB) değeri
(Variable and constant feed flank wear (VB) value with the cutting fluid)

Kesme Sıvısı İle Yapılan Deneç Sonuçları		
Süre (s)	Değişken ilerleme, VB (mm)	Sabit ilerleme, VB (mm)
5	0,0102	0,0127
10	0,0130	0,0152
20	0,0156	0,0228
40	0,0254	0,0279
80	0,0307	0,0381
120	0,0381	0,0406
160	0,0431	0,0442
200	0,0455	0,0468
240	0,0532	0,0606



Şekil 6. Kesme sıvılı, değişken ve sabit ilerleme serbest yüzey aşınma (VB) değeri
(Variable and constant feed flank wear (VB) value with the cutting fluid)

Tablo 5. Kuru işleme ve kesme sıvılı, sabit ilerleme deneyleri VB aşınma değeri
(Dry machining and with cutting fluid, constant feed tests VB wear value)

Sabit İlerleme İle Yapılan Deneç Sonuçları		
Süre (s)	Kuru işleme VB (mm)	Kesme sıvılı VB (mm)
5	0,0408	0,0127
10	0,0536	0,0152
20	0,0587	0,0228
40	0,0612	0,0279
80	0,0638	0,0381
120	0,0695	0,0406
160	0,0791	0,0442
200	0,0802	0,0468
240	0,0856	0,0606

göre aşınma değerlerinde %29,20 - %71,64 arasında azalma gözlenmiştir.

3.4. Değişken İlerlemeli Tornalama İşlemine Kesme Sıvısının Etkisi (Effect of Cutting Fluid on the Turning Process With Variable Feed)

Aynı süreler ve kesme koşullarında, kuru işleme ve kesme sıvılı, değişken ilerleme kullanılarak yapılan tornalama deneylerindeki serbest yüzey aşınma değerleri (VB) Tablo 6 ve Şekil 8’de verilmiştir. Değişken ilerlemeli tornalama işleminde kesme sıvısı kullanıldığında, kuru tornalama işlemine göre aşınma değerlerinde %34,80 - %74,40 arasında azalma gözlenmiştir.

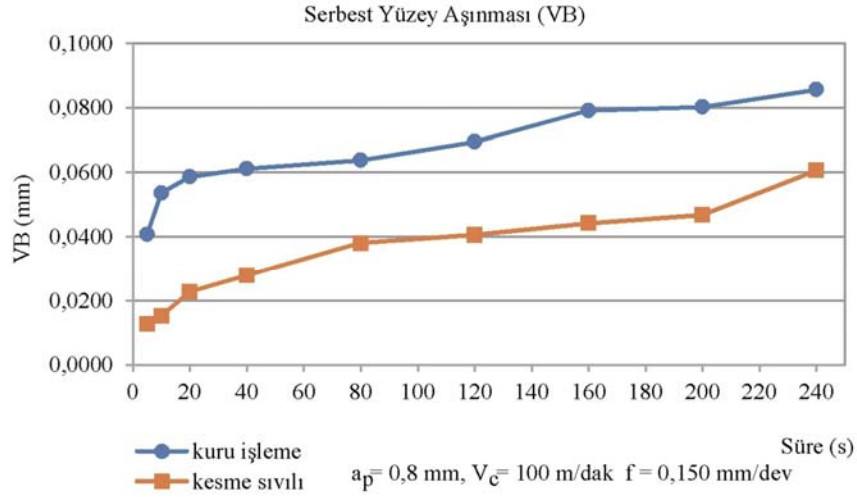
3.5. Değişken İlerleme f_1, f_2, f_3 Bağımsız Değişkenlerinin Optimizasyonu (Optimization of Variable Feed f_1, f_2, f_3 Independent Variables)

Deney planında yer alan 21 deney sonunda ölçülen serbest yüzey aşınma (VB) değerleri Tablo 7’de verilmiştir. Deney sonuçlarında

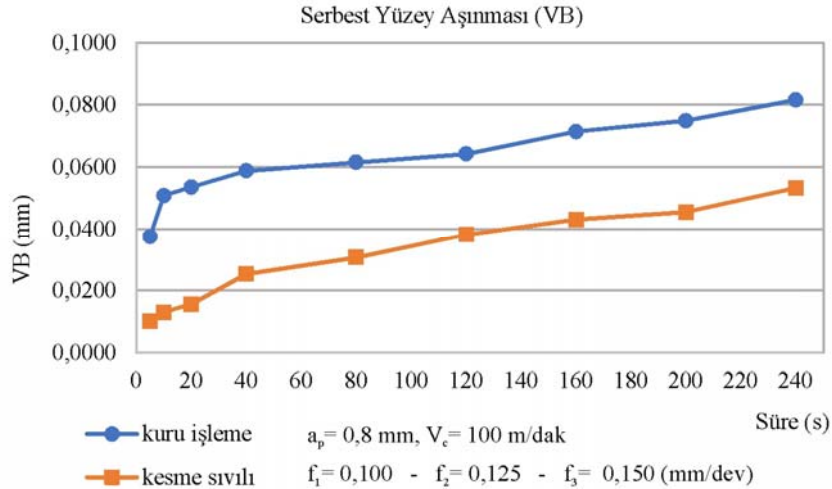
gözlenen serbest yüzey aşınma (VB) değerlerinin altı deneyde (4, 13, 14, 19, 20, 21 numaralı deneyler) birbiri ile aynı olduğu gözlenmiştir. Deney sonuçlarının değerlendirilmesinde, kademeli ilerleme değerleri (f_1, f_2, f_3) bağımsız değişken, serbest yüzey aşınma değeri (VB) bağımlı değişken olarak kabul edilmiştir. Serbest yüzey aşınma (VB) değerinin en küçük olduğu değer, en iyi performansı ifade edeceğinden analizlerde Eş. 2’de verilen, “daha küçük-daha iyi” S/N karakteristiği kullanılmıştır [19].

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum y_i^2 \right) \quad (2)$$

Tablo 8’de Rank değerlerine bakıldığında, ilk aşınma bölgesindeki serbest yüzey aşınma (VB) değeri üzerinde f_1 ve f_2 nin eşit, f_3 ün ise daha az etkiye sahip faktörler olduğu görülmektedir. Deney sonuçlarının Taguchi metodu yardımıyla optimizasyonu yapılmıştır. Bu optimizasyon işleminde, en küçük en iyidir yaklaşımıyla yapılan Taguchi sinyal – gürültü (S/N) analizinde $f_1 < f_2 < f_3$ koşulunu sağlayan, optimum VB değeri; f_1 in 3. seviyesinde, f_2 nin 5. seviyesinde, f_3 ün 4. seviyesinde elde edilmiştir.



Şekil 7. Kuru işleme ve kesme sıvılı, sabit ilerleme deneyleri VB aşınma değeri
(Dry machining and with cutting fluid, constant feed tests VB wear value)



Şekil 8. Kuru işleme ve kesme sıvılı, değişken ilerleme deneyleri VB aşınma değeri
(Dry machining and with cutting fluid, variable feed tests VB wear value)

Tablo 6. Kuru işleme ve kesme sıvılı, değişken ilerleme deneyleri VB aşınma değeri
(Dry machining and with cutting fluid, variable feed tests VB (mm) wear value)

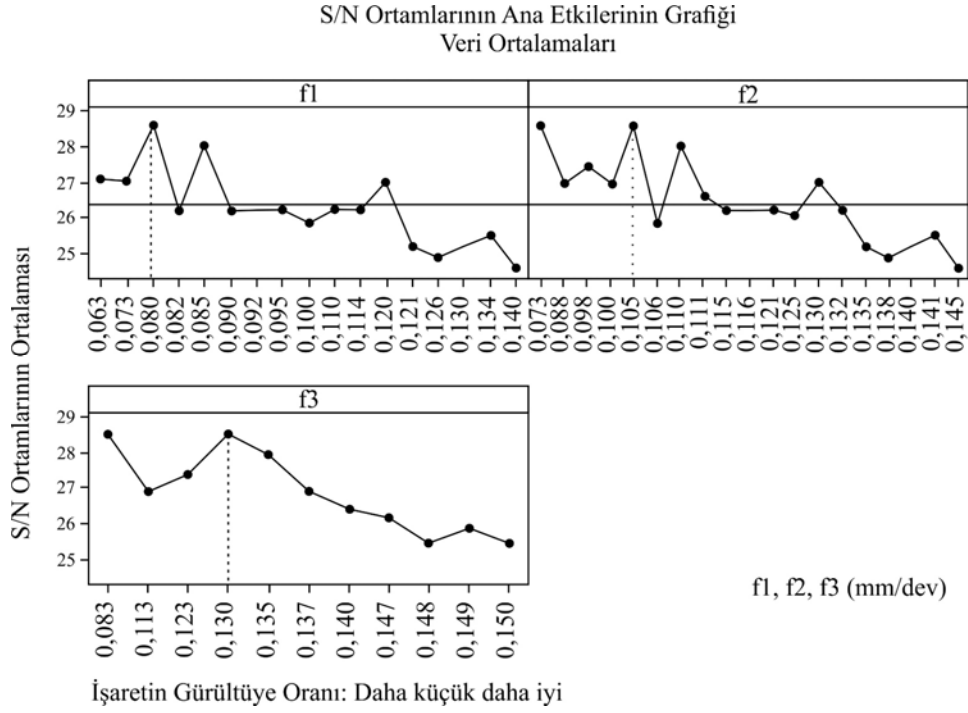
Değişken İlerleme İle Yapılan Deney Sonuçları		
Süre (s)	Kuru işleme VB (mm)	Kesme sıvılı VB (mm)
5	0,0374	0,0102
10	0,0508	0,0130
20	0,0535	0,0156
40	0,0588	0,0254
80	0,0615	0,0307
120	0,0642	0,0381
160	0,0714	0,0431
200	0,0749	0,0455
240	0,0816	0,0532

Tablo 7. Deney planı ve serbest yüzey aşınma (VB) değeri (Test plan and flank wear (VB) value)

Süre = 30 s		ap = 0,8 mm		Vc = 100 m/dak	
Deney No	f1 (mm/dev)	f2 (mm/dev)	f3 (mm/dev)	VB (mm)	
1	0,130	0,140	0,150	0,0551	
2	0,063	0,106	0,149	0,0510	
3	0,120	0,130	0,140	0,0449	
4	0,110	0,125	0,140	0,0490	
5	0,085	0,110	0,135	0,0400	
6	0,063	0,073	0,083	0,0375	
7	0,140	0,145	0,150	0,0592	
8	0,126	0,138	0,150	0,0571	
9	0,073	0,098	0,123	0,0425	
10	0,063	0,100	0,137	0,0450	
11	0,080	0,105	0,130	0,0375	
12	0,063	0,088	0,113	0,0450	
13	0,090	0,115	0,140	0,0490	
14	0,114	0,132	0,150	0,0490	
15	0,100	0,125	0,150	0,0510	
16	0,073	0,111	0,149	0,0469	
17	0,134	0,141	0,148	0,0531	
18	0,121	0,135	0,149	0,0551	
19	0,095	0,121	0,147	0,0490	
20	0,092	0,121	0,147	0,0490	
21	0,082	0,116	0,150	0,0490	

Tablo 8. Sinyal-gürültü oranları için yanıt tablosu (Response table for signal to noise ratios)

Response Table for Signal to Noise Ratios			
Smaller is better			
Level	f1	f2	f3
1	27,06	28,52	28,52
2	27,00	26,94	26,94
3	28,52	27,43	27,43
4	26,20	26,94	28,52
5	27,96	28,52	27,96
6	26,20	26,85	26,94
7	26,20	27,96	26,45
8	26,20	26,58	26,20
9	25,85	26,20	25,50
10	26,20	26,20	25,87
11	26,20	26,20	25,47
12	26,96	26,02	
13	25,18	26,96	
14	24,87	26,20	
15	25,18	25,18	
16	25,50	24,87	
17	24,55	25,18	
18		25,50	
19		24,55	
Delta	3,97	3,97	3,05
Rank	1,5	1,5	3



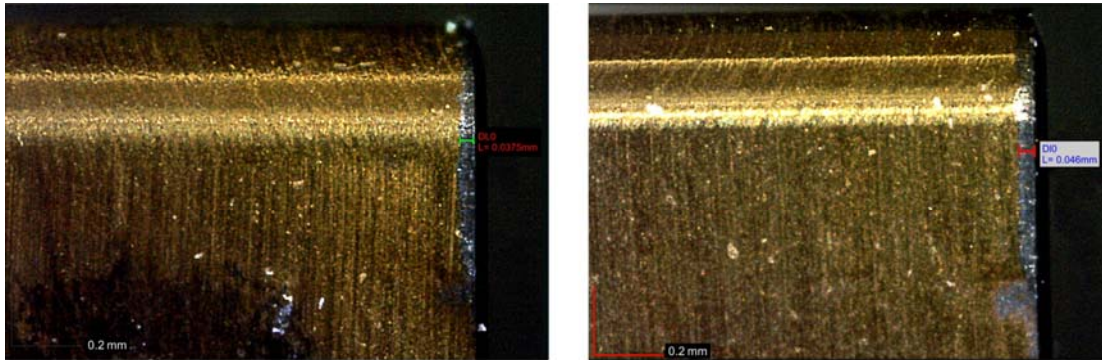
Şekil 9. Ölçülen serbest yüzey aşınma (VB) değerlerinin S/N oranları (S / N ratio of measured flank wear (VB) values)

Tablo 9. Serbest yüzey aşınma değeri (VB) için kontrol faktörlerinin optimum seviyeleri (S/N oranına göre) (Optimum levels of control factors (based on S/N ratio) for flank wear value (VB))

Kontrol faktörleri	Optimum seviye	Optimum değer (mm/dev)
f1	3	0,080
f2	5	0,105
f3	4	0,130

Tablo 10. Sabit ilerleme – optimum değişken ilerleme serbest yüzey (VB) aşınma değeri (Constant feed – optimum variable feed flank (VB) wear value)

$V_c = 100$ m/dak, $a_p = 0,8$ mm, Süre = 30 s		
Sabit ilerleme VB (mm)	Değişken ilerleme VB (mm)	% Değişim
0,046	0,0375	18,4



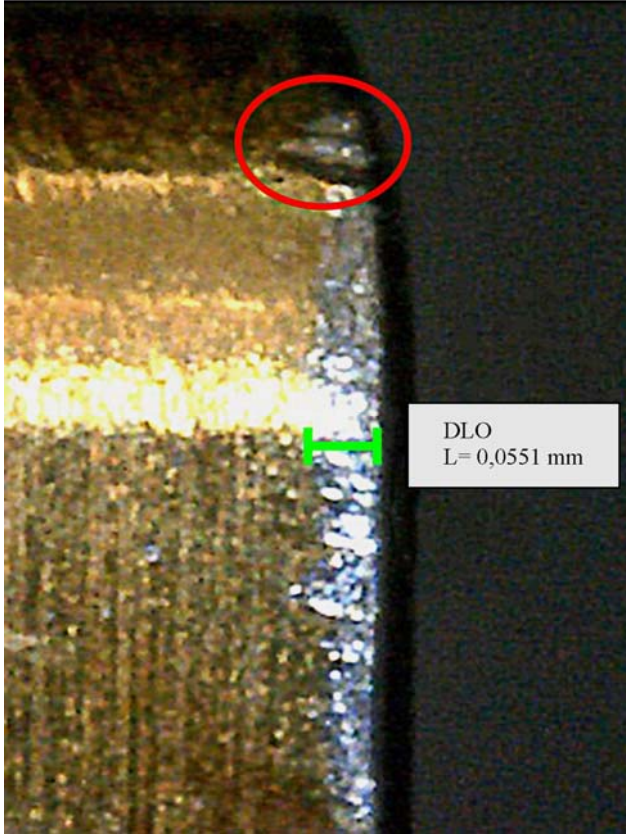
(a) Sabit İlerleme

(b) Değişken İlerleme

Şekil 10. Sabit ilerleme – optimum değişken ilerleme serbest yüzey aşınma (VB) mikroskop görüntüleri (Constant feed – optimum variable feed flank wear (VB) microscope images)

Sinyal / gürültü (S/N) oranları (Şekil 9) dikkate alındığında başlangıç aşınmasını minimize edecek değişken ilerleme parametreleri için: Değişken ilerlemeli tornalamanın başlangıç değeri 0,08 mm/dev., ara ilerleme değeri 0,105 mm/dev. ve nihai ilerleme değeri 0,130 mm/dev. olarak belirlenmiştir (Tablo 9). Tablo 9’da verilen optimum sonuçlar değerlendirildiğinde; deney planında belirlenen 11. deneyin, optimumun değişken ilerleme seviyeleri ile aynı çıktığı görülmektedir. Kuru işleme şartlarında 30 saniye, ilerlemenin $f = 0,130$ mm/dev değeri için sabit ilerle ile, optimum sonucu veren değişken ilerleme deney sonucu karşılaştırılıp (Tablo 10), değişken ilerlemenin serbest yüzey aşınması üzerinde %18,4 etkili olduğu gözlenmiştir. Şekil 10’da kesici takımlarda gözlemlenen serbest yüzey aşınma görüntüleri verilmiştir.

Kaba yüzeylerin tornalanmasında kullanılan takımlarda, talaş ile işlenmemiş yüzey veya talaş kenarı arasındaki temas noktasında ve takım uç radyüsünde çentik aşınması meydana gelmektedir. Aşırı çentik aşınması özellikle seramik parçalarda kırılmaya neden olur [4]. Deneylerde kullanılan kesici uç görüntüleri incelendiğinde köşe radyüsünde çentik aşınması gözlenmiştir (Şekil 11). Çalışmada; özellikle yüksek ilerleme ile yapılan bazı deneyler takımın kırılması ile sonuçlanmıştır. Gözlenen çentik aşınmalarının seramik takımların kırılmasına neden olduğu düşünülmektedir.



Şekil 11. 1 nolu deneyde takım uç radyüsü üzerinde gözlenen çentik aşınması
(Notch wear observed on the tool nose radius in experiment 1)

4. Simgeler (Symbols)

a_p	: Kesme derinliği	(mm)
f	: İlerleme	(mm/dev)
VB	: Serbest yüzey aşınması	(mm)
V_c	: Kesme hızı	(m/dak)

T	: Takım ömrü	(dak)
c_0	: Sabit	
y_i	: Ölçülen özellik	
n	: Deney sayısı	

5. Sonuçlar (Conclusions)

Bu çalışmada, DIN 1.2379 soğuk iş takım çeliğinin, TNGA 160404T01020 – KY4400 seramik takımlar kullanılarak, sabit ve değişken ilerlemeli tornalama deneyleri gerçekleştirilmiştir. Deneyler kuru işleme ve kesme sıvısı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Değişken ilerlemeli tornalamanın serbest yüzey aşınması üzerinde pozitif etkisinin gözlenmesinin ardından, kuru işleme şartlarında değişken ilerleme seviyelerinin optimizasyonu çalışılmıştır. Deney çalışmasında gözlenen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- Çalışmada, seramik takımlarda serbest yüzey aşınması ile beraber, çentik aşınması gözlenmiştir. Çentik aşınmasının seramik takımların kırılmasına neden olduğu dikkate alındığında optimum değişken ilerleme seviyelerinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır.
- Değişken ilerlemeli tornalama işleminin; sabit ilerlemeli tornalama işlemine göre kuru işleme şartlarında %3,60 - %9,73 arasında, kesme sıvısı kullanılarak yapılan deneylerde %2,48 - %31,57 takım aşınmasını azaltıcı etkisi olduğu gözlenmiştir. Hem kuru işleme ile yapılan hem de kesme sıvısı kullanılarak yapılan deneylerde, değişken ilerlemenin serbest yüzey (VB) aşınma değeri üzerinde azaltıcı etkisi olduğu görülmüştür. Literatürde Oral A. vd. yaptıkları bir çalışmada; AISI 1050 iş parçası ile değişken ilerlemeli tornalama işleminde talaş kaldırma işlemine düşük ilerlemeyle başlanması nedeniyle takıma etki eden kesme kuvvetleri de kademeli olarak arttığını bunun başlangıç aşınmasını azalttığını belirtmişlerdir [13]. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, Oral vd. 'nin AISI 1050 iş parçası ile elde ettiği sonuçlarla uyum göstermektedir.
- Kesme sıvısı kullanılan sabit ilerlemeli tornalama deneylerinde serbest yüzey (VB) aşınması %29,20 - %71,64 arasında azalmıştır. Kesme sıvısı kullanılan değişken ilerlemeli tornalama deneylerinde ise serbest yüzey (VB) aşınması %34,80 - %74,40 arasında azalmıştır. Etkin bir kesme sıvısı kullanımının serbest yüzey (VB) aşınma değeri üzerindeki önemli etkisi olduğunu gözlenmiştir.
- Yapılan optimizasyon sonucu elde edilen en düşük serbest yüzey aşınma (VB) değerini veren faktör seviyeleri $f_1 = 0,080$ mm/dev., $f_2 = 0,105$ mm/dev. ve $f_3 = 0,130$ mm/dev. olarak belirlenmiştir. Bu kombinasyon deney planındaki 11 nolu deneyle aynı seviyededir. DIN 1.2379 soğuk iş takım çeliğinin KY4400 seramik takımlar ile tornalanması deneylerinde; $f = 0,130$ mm/dev değeri için sabit ilerleme ve optimum sonucu veren değişken ilerlemeli deney sonucu karşılaştırıldığında, değişken ilerlemenin serbest yüzey aşınması üzerinde %18,4 etkili olduğu gözlenmiştir.
- DIN 1.2379 soğuk iş takım çeliğinin değişken ilerlemeli tornalanmasında, serbest yüzey aşınma değeri üzerinde f_1 ve f_2 nin eşit, f_3 ün ise daha az etkiye sahip değişkenler olduğu görülmüştür.

Kaynaklar (References)

1. Akkurt M., Talaş Kaldırma Bilimi ve Teknolojisi CNC Takım Tezgâhları ve Üretim Otomasyonu, ISBN 978975112146, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2012.
2. Altıntaş Y., Üretim Otomasyonu, Translated by İsmail Lazoğlu ang Erhan Budak from "Manufacturing Automation" by Yusuf Altıntaş, ISBN: 978-605-9389-87-7, Koç University Press, 2017.
3. Anonim, ISO 3685: 1993 (E), Tool-life testing with single point tools, 1993.
4. Özdemir K., İlk aşınma bölgesinde takım aşınmasını etkileyen parametrelerin deneysel analizi, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, 2008.

5. Oral A., Çakır M. C., Türkmen T., Tornalama İşlemlerinde Değişken İlerlemenin Başlangıç Aşınmasının Azaltılmasına Olan Etkilerinin Deneysel Olarak İncelenmesi, 3. Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu, Ankara-Türkiye, 463-743, 4-5 Ekim, 2012.
6. Stephenson D. A. ve Agapiou J. S, Metal Cutting Theory and Practice Third Edition, 2016.
7. Çakır M. C., Modern Talaşlı İmalat Yöntemleri, Dora Yayınları, Bursa, 2010.
8. Balazinski M., Mpako Ch., Improvement of tool life through the use of two discrete feed rates during machining of 4140 steel, Machining Science and Technology, 4 (1), 1-13, 1999.
9. Balazinski M., Songmene V., Kops L., Improvement of tool life through variable feed milling of Inconel 600, CIRP Annals-Manufacturing Technology, 44 (1), 55-58, 1995.
10. Klim Z., Ennajimi E., Balazinski M., Fortin C., Cutting tool reliability analysis for variable feed milling of 17-4 PH stainless steel, Wear 195, 206-213, 1996.
11. Çakır M. C., Özdemir K. ve Oral A., Kesme Parametrelerinin Başlangıç Aşınmasına Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi, 1. Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu, İstanbul – Türkiye, 2009.
12. Oral A., Çakır M. C., Budak E., Ensarioğlu C., Tornalama İşlemlerinde Başlangıç Aşınmasının Azaltılması, 2. Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu, Konya-Türkiye, 1-2 Ekim, 2010.
13. Oral A., Çakır M. C., Gönen D., Karaoğlu A. D., Experimental investigation of a novel machining strategy for rough turning using variable feed rate, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 1 (87), 779-787, 2016.
14. Emiroğlu U., Özsoy Y., Altan E., Tornalamada Değişken İlerleme İle Talaş Kırılması, 8th International Symposium On Machining, Antalya-Türkiye, 85-100, 2-4 Kasım, 2017.
15. Lin T. R., Shyu R. F., Improvement of tool life and exit burr using variable feeds when drilling stainless steel with coated drills, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 16 (5), 308-313, 2000.
16. Lin T. R., Cutting behaviour using variable feed and variable speed when drilling stainless steel with TiN-coated carbide drills, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 19 (9), 629-636, 2002.
17. Murat, D., Ensarioğlu C., Gürsakal N., Oral A., Çakır M.C. Evaluation of tool wear for hard turning operations through response surface methodology, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 33 (4), 1299-1308, 2018.
18. Murat, D., Ensarioğlu C., Gürsakal N., Oral, A., Çakır, M.C., Surface roughness analysis of greater cutting depths during hard turning, Materialpruefung/Materials Testing, 59 (9), 795-802, 2017.
19. Çalışkan O., Tornalamada talaş kaldırma parametrelerinin takım ömrüne etkilerinin taguchi yaklaşımıyla incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2017.

