

Farklı Sertlikteki AISI D2 Soğuk İş Takım Çeliğinin Frezeleme İşleminde Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğü ve Takım Aşınmasına Etkisi

Emine ŞİRİN¹, Yakup TURGUT², İhsan KORKUT²

¹⁾ Düzce Üniversitesi Gümüşova Meslek Yüksekokulu 81850/Gümüşova-DÜZCE

²⁾ Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi 06500/Teknikokullar-ANKARA

ÖZET

Bu çalışmada, üç farklı sıcaklıkta ısıtılmış AISI D2 soğuk iş takım çeliği CNC dik işleme merkezinde işlenerek yüzey pürüzlülük değerleri ve takım aşınmaları incelenmiştir. Deneyler, dört farklı kesme hızı (70, 90, 110, 130 m/dak) ile üç farklı ilerleme hızı değerinde (0.05, 0.1, 0.15 mm/diş) ve sabit kesme derinliğinde (0.5 mm) kuru kesme şartlarında yapılmıştır. Deneyler de PVD yöntemi ile TiAl+Al₂O₃+ZrN kaplanmış sementit karbür kesici takımlar kullanılmıştır. Deneyler sonucu, düşük ilerleme ve kesme hızı değerlerinde taşlama kalitesinde yüzeyler elde edilmiştir. En iyi yüzey pürüzlülük değeri 70 m/dak kesme hızında 0.05 mm/diş ilerleme değerinde, en kötü pürüzlülük değeri 130 m/dak kesme hızında 0.15 mm /diş ilerleme değerinde elde edilmiştir. Takım aşınması sadece, en sert olan malzemede plastik deformasyon olarak tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Soğuk iş takım çeliği, Yüzey pürüzlülüğü, İşlenebilirlik, Takım aşınması

The Influence of Cutting Parameters on Surface Roughness and Tool Wear In Milling of AISI D2 Cold Work Tool Steels of Different Hardness

ABSTRACT

In this study, the tool wear and surface roughness in milling of AISI D2 cold work tool steel workpieces subjected to heat treatments at three different temperatures were examined. The milling tests were carried out dry at four different cutting speeds (70, 90, 110, 130 m/min), three different feed rates (0.05, 0.1, 0.15 mm/tooth) and at a constant cutting depth (0.5 mm). For the milling tests, TiAl+Al₂O₃+ZrN PVD coated cemented carbide cutting tools were used. The experimental results revealed that surfaces that can be achieved by grinding were obtained at low feed rate and cutting speed. The lowest surface roughness value was obtained at 70 m/min cutting speed and 0.05 mm/tooth feed rate, while the highest surface roughness value was obtained at 130 m/min cutting speed and 0.15 mm/tooth feed rate. The tool wear was identified as the plastic deformation for the cutting tools used for milling the hardest workpiece.

Key words: Cold work tool steel, Surface roughness, Machinability, Tool wear

1.GİRİŞ (INTRODUCTION)

Talaşlı imalatta işleme parametrelerinin en önemlileri kesme hızı, ilerleme miktarı ve kesme derinliğidir. Kesici takım düşük kesme hızlarında çalıştırıldığında, işleme süresi artacağından çok zaman kaybı olmakta, çok yüksek hızda sürtünme ve ısıdan dolayı kesici takım çabuk aşınmakta ve takımın değiştirilip tekrar takılması da zaman kaybına yol açmaktadır[1]. Bunun yanında talaşlı imalatta yüzey pürüzlülük değerinin azaltılması takım-iş parçası malzeme çiftine, kesme koşullarına, takım tezgâhına, kesme derinliğine, ilerleme miktarı ve kesme hızlarına, soğutma sıvısına, kesici takımın uç yarıçapına ve talaş açısı gibi birçok faktöre bağlıdır [2].

Yüzey pürüzlülüğü, üretilen parçaların yüzey kalitelerinin geliştirilmesi ve belirlenmesinde, önemli

* Sorumlu Yazar (Corresponding Author)

e-posta: yturgut@gazi.edu.tr

Digital Object Identifier (DOI) : 10.2339/2012.15.1, 9-14

bir rol oynar. Ayrıca yüzey pürüzlülüğü, yorulma direnci, aşınma, ısı iletimi, sürtünme ve yağlama gibi ürünün kalitesinin artırılması için gerekli olan fonksiyonel karakteristik özellikleri etkilemektedir. Yüzey pürüzlülüğünün azalması yüzey kalitesinin artmasını sağlamaktadır [3].

İmalat sektöründe sertleştirilmiş malzemeler yüksek dayanımlarından dolayı yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun yanında ısıtılmış işleme sonucunda, iş parçasında meydana gelen iç gerilmelerin oluşturduğu çarpıklıklar, mikro çatlaklar, yüzey yanması ve deformasyonu gibi tolerans bozuklukları, ısıtılmış işleme ile giderilebilmektedir [4]. Bu yüzden sertleştirilmiş malzemelerin işlenmesi, uygun kesme koşulları ve kesici takım açısından ısıtılmış işleme görmüş malzemelerin işlenmesi popüler araştırma konularındandır. Literatürde, Uzun ve Aslantaş yapmış oldukları çalışmada sertleştirilmiş AISI 52100 (63 HRC) çeliğini işleyerek takım performansını araştırmışlardır. Kesme derinliği-

nin artmasının takım ömrünün kısılmasına ve yüzey kalitesinin düşmesine neden olduğu tespit edilmiştir [5]. Koshy ve diğerleri, AISI D2 (58 HRC) çeliğini yüksek hızda parmak freze ile işleyerek takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğü değerlerini incelemişlerdir. Sonuç olarak takım aşınmasında sertlik ve mikro yapının etkili olduğu ve PCBN parmak freze takımların karbür parmak freze takımlarına göre daha iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir [6]. Aslan ve Camuşçu, AISI D3 çeliğini yüksek hızda parmak freze ile işleyerek yüzey kalitesi ve takım aşınmasını incelemişlerdir. Bu çalışmada sertleştirilmiş AISI D3 takım çeliğinin CBN içerikli kesici takımla işlenmesinde takım ömrü ve yüzey kalitesi açısından iyi sonuçlar alındığı vurgulanmıştır [7]. Çiftçi, AISI 304 çeliğinin tormalama yöntemi ile kaplanmış sementit karbürle işlenmesinde takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğünü araştırmıştır. Bu çalışmada artan kesme hızı ile takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğünün azaldığı ancak belli bir değerden sonra ikisinin de arttığı belirtilmiştir. Sonuç olarak takım aşınması noktasında malzemelerin oldukça sert olmasına rağmen kaplamalı karbür kesici takımlar oldukça iyi bir aşınma direnci göstermiştir [8].

Yüksek aşınma direnci, yüksek tokluğa ve yüksek sertleştirilme kabiliyetine sahip olan AISI D2 soğuk iş takım çeliği imalatta çok kullanılan bir malzemedir. AISI D2 soğuk iş takım çeliği genel olarak kalıplar, zımbalar, makas bıçakları, çapak alma kalıpları gibi kırılmaya maruz kalan elemanların imalatında kullanılan ve ısı işleme tabii tutulan bir malzemedir. Yapılan ısı işlemlerden sonra parça geometrisine de bağlı olarak bir miktar çarpımlara maruz kalmaktadır. İmalatı gerçekleştirilecek parçaların bu durumu da dikkate alınarak ısı işlemden sonra alınmak üzere az da olsa bir işleme payı bırakılmaktadır. Parça üzerinde bırakılan bu paylar, ısı işlemden sonra çoğu kez taşlama ve diğer talaşlı imalat işlemlerine tabi tutulurlar. Taşlama işleminin birçok geometriye uygulanmasındaki sınırlamalar ve gelişen takım teknolojisi sayesinde sertleştirilmiş çeliklere frezeleme, tormalama vb. talaşlı imalat işlemleri uygulanabilmektedir.

Günümüzde, maliyetleri ve birçok kesme şartında kullanılabilirliği bakımından talaşlı imalat sektöründe farklı malzemeler ve farklı amaçlar için çeşitli kaplamalarla kaplanmış sementit karbür kesici takımlar oldukça yaygın kullanılırlar. Örneğin, alüminyum oksit (Al_2O_3), yüksek sıcaklıklarda kimyasal olarak

Bu çalışmada, yüksek aşınma direncine, yüksek tokluğa sahip, kesme ve ezme işlemlerinde çok tercih edilen üç farklı sertlikteki AISI D2 soğuk iş takım çeliği (21-48-56 HRC) kullanılarak frezeleme yöntemi ile işlenebilirlik deneyleri yapılmıştır. İşleme sonucunda yüzey pürüzlülükleri ve takım aşınmaları araştırılmıştır.

2. MATERYAL ve METOD (MATERIALS and METHODS)

Deneyler, kaplamalı sementit karbür kesici takım kullanılarak, üç farklı sertliğe sahip malzeme, dört kesme hızı, üç ilerleme hızı ve bir kesme derinliğinde yapılmıştır. Deney tasarımında “Tam Faktöriyel Tasarım” kullanılmış ve toplamda hazırlık ve tekrar deneyleri hariç 36 deney yapılmıştır. Deneylerde kullanılan parametre ve değişkenler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Deney parametre ve değişkenleri (Experimental parameters and variables)

Kesme Şartı	Parametre/Özellik
Kesici Takım	ADMT 120408R-F56 TiAl+Al ₂ O ₃ +ZrN PVD kaplamalı karbür kesici
Kesme Hızı (m/dak)	70-90-110-130
İlerleme Hızı (mm/diş)	0.05-0.1-0.15
Kesme Derinliği (mm)	0.5
Kesme Genişliği (mm)	15
Kesme Boyu (mm)	70
Kesici Ağız Sayısı (adet)	1
Takım Tutucu Çapları (mm)	Ø 25
Malzeme sertlik (HRC)	21-48-56
Kesme Yöntemi	Simetrik alın frezeleme

Çalışmada kullanılan üç farklı sertlikteki AISI D2 soğuk iş takım çeliğinin kimyasal yapısı Tablo 2’de verilmiştir.

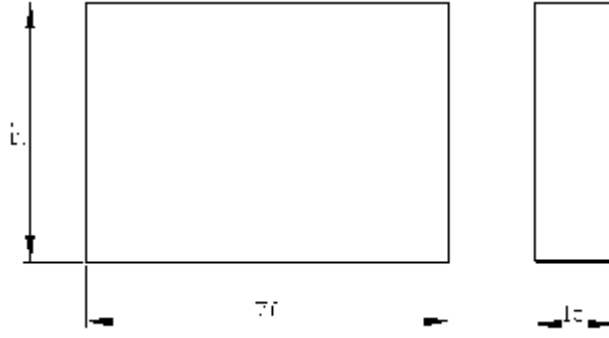
Deneylerde kullanılmak üzere 70x50x15 mm boyutlarında üç grup deney numuneleri hazırlanmıştır (Şekil 1). Bu numunelerden birinci grupta olanlara (M1) herhangi bir ısı işlem uygulanmamış, ticari haliyle deneylere tabi tutulmuştur. İkinci grup numuneler (M2), önce sertleştirilmiş sonra 600 °C’de temperlenmiştir. Üçüncü grup numuneler (M3) ise, önce sertleştirilmiş

Tablo 2. AISI D2 deney malzemesinin kimyasal yapısı (AISI D2 experiment material of chemical structure)

% C	% Si	% Mn	%P	%S	% Cr	% Mo	% V	% Fe
1.55	0.34	0.22	0.018	0.001	11.68	0.73	0.95	Diğer

dengeli ve aşınmaya dirençli olduğu ispatlanmıştır. Bunun yanında titanyum nitrür (TiN), kesici takımda sürtünme katsayısını azaltır ve bu nedenle kesici takım talaş yüzeyinde yapışma eğilimi azalır [9].

sonra 400 °C’de temperlenmiştir. Bu ısı işlemler sonrası malzemelerin sertlikleri sırasıyla M1 malzemesi 21 HRC, M2 malzemesi 48 HRC ve M3 malzemesi de 56 HRC sertliğe ulaşmıştır.



Şekil 1. Deney numunesi boyutları (Experiment sample sizes)

Deneylerde Johnford VMC-550 marka Fanuc kontrol sistemli CNC dik işleme merkezi kullanılmıştır. Deneylerde, WALTER firması tarafından üretilen ADMT 120408R-F56 kodlu kaplamalı sementit karbür kesici takım kullanılmıştır (Şekil 2). Bu kesici takım iyi aşınma direncine sahip olup yüksek kesme hızlarında veya zor kesme şartlarında kullanılmaktadır. Kesici takım, F4042.Z25.025.Z03.1101 kodlu takım tutucuya mekanik sıkımal olarak tespit edilmiştir.

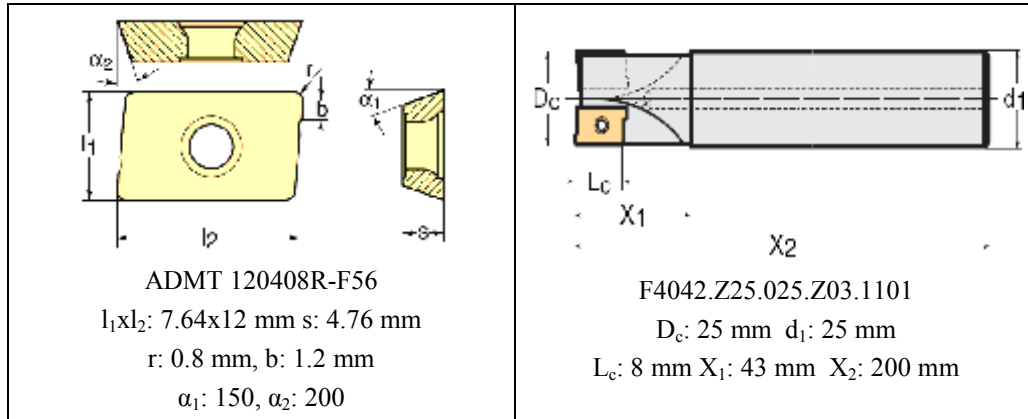
Kullanılan kesici takım, PVD tipi kaplama yöntemi ile 4-5 μm kalınlığında üç kat kaplama ile kaplanmıştır. Alt tabaka üzerine yanak aşınma direncini

Şekil 3. Kesici takım kaplama katmanları [10] (The cutting tool coating layers)

Yüzey pürüzlülük ölçümleri için, MAHR-Perthometer-M1 yüzey pürüzlülük cihazı, takım aşınmalarını ölçmek için ise 40X büyütmeli Mitutoyo takım mikroskobu kullanılmıştır. Yüzey pürüzlülük ve takım aşınmaları her bir deneyden sonra ölçülerek rapor edilmiştir.

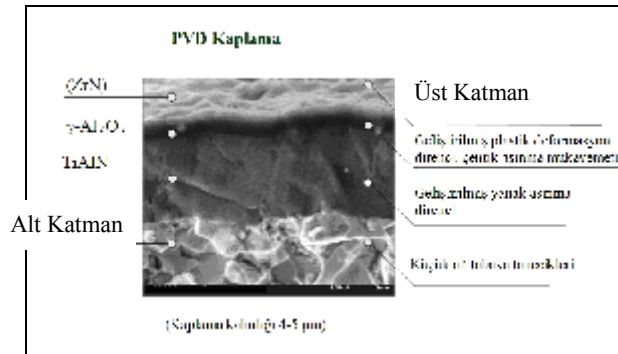


Resim 1. Deney düzeneği (Experimental setup)



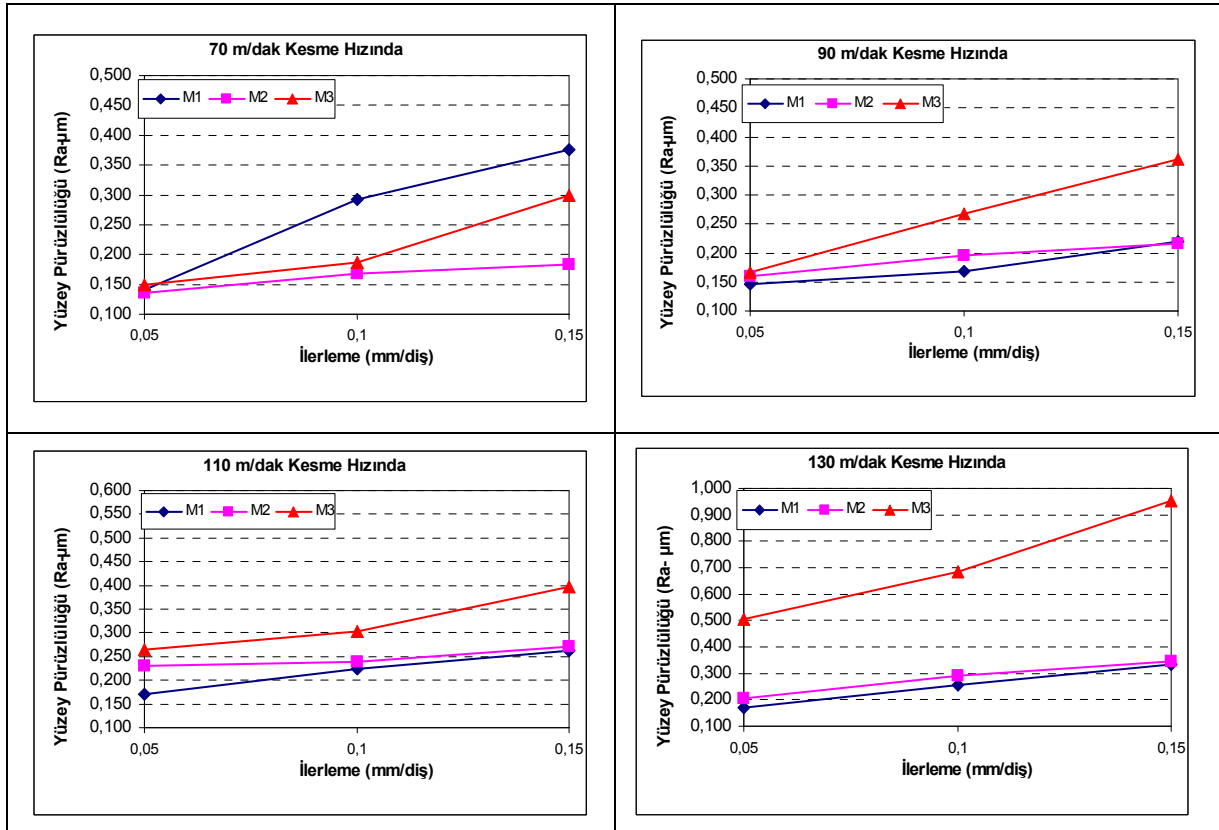
Şekil 2. Kullanılan kesici takım geometrisi ve boyutları [10] (The geometry and dimensions of the cutting tool used in)

arttırmak için TiAlN kaplama tabakası, üzerine plastik deformasyon direncini arttırmak için $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ kaplama tabakası, en üst tabaka olarak da ZrN kaplaması yapılmıştır (Şekil 3).



3. DENEY SONUÇLARI ve TARTIŞMA (EXPERIMENT RESULTS and DISCUSSION)

Üç farklı sertlikteki AISI D2 malzemesinin işlenmesinde dört farklı kesme hızı ve üç farklı ilerleme hızı kullanılarak sabit kesme derinliğinde deneyler yapılmıştır. Her bir pürüzlülük ve aşınma değeri ölçümünde eşit kesme mesafesi dolayısıyla eşit talaş hacmi dikkate alınarak deney verileri elde edilmiştir. Bu deneyler sonucunda elde edilen verilerin yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması grafikleri çizilmiştir. Bu grafikler incelenerek işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması üzerindeki etkisi belirlenmiştir. Şekil 4'te her bir kesme hızı değerinde üç malzemede de, ilerlemeye bağlı yüzey pürüzlülük grafikleri verilmiştir



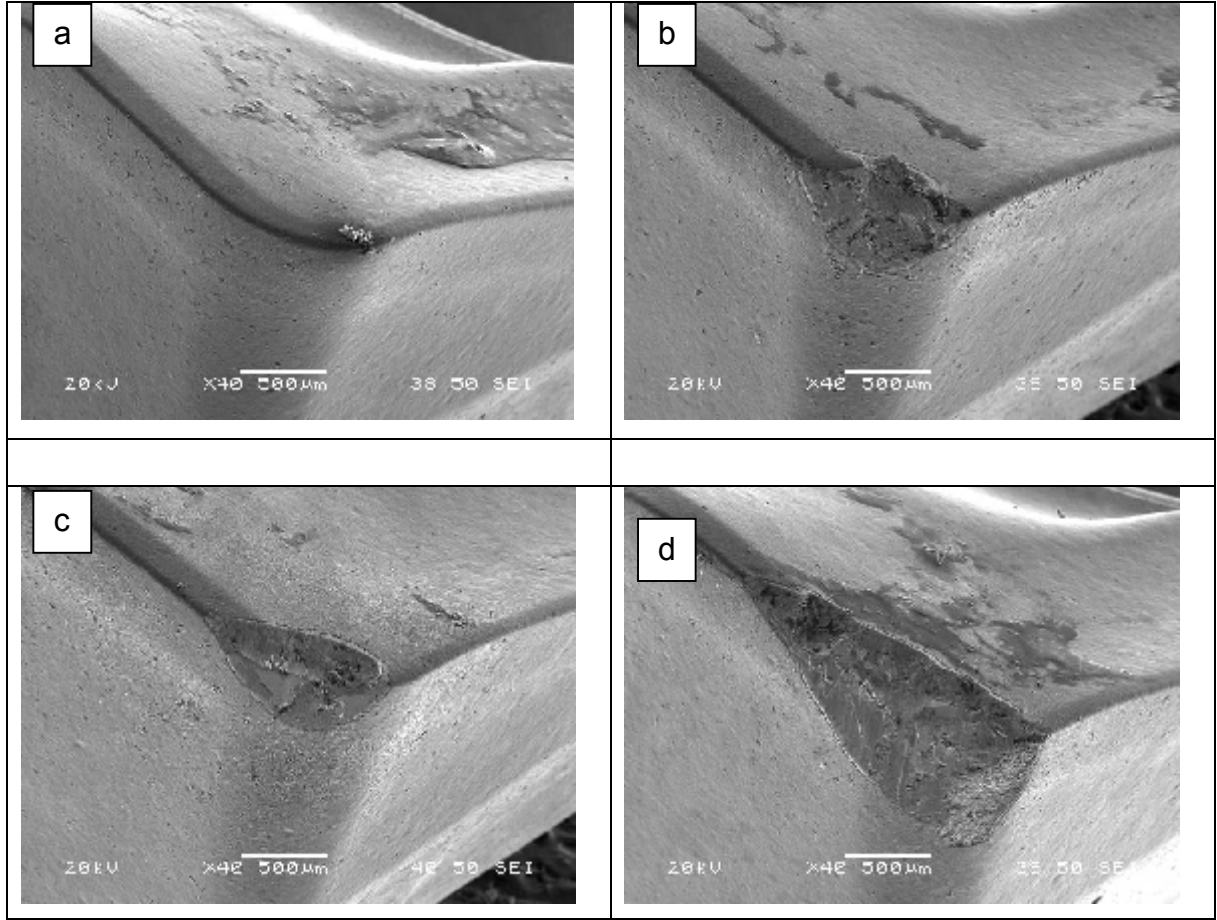
Şekil 4. İlerleme hızına bağlı yüzey pürüzlülüğünün değişimi (Feed rate change in surface roughness depending on)

Grafikler incelendiğinde her dört kesme hızında, artan ilerleme miktarlarına bağlı olarak yüzey pürüzlülüğü değerlerinin de arttığı görülmektedir. M1 ve M2 malzemelerinde oluşan yüzey pürüzlülük değerleri birbirine çok yakın çıkarken, M3 malzemesinde oluşan yüzey pürüzlülük değerleri özellikle de 0,15 mm/diş ilerleme hızlarında M1 ve M2 malzemesine göre oldukça yüksek çıkmıştır. Özellikle 130 m/dak kesme hızındaki farkın sebebi, kesici takımın bu kesme şartındaki aşınmasına bağlanabilir. 70 m/dak kesme hızında, M1 malzemesinin yüzey pürüzlülüğünün en kötü olmasının sebebi ise, bu malzemenin diğer M2 ve M3 malzemesine göre çok daha sünek olmasından kaynaklanmıştır. Bu durum, düşük kesme hızında, M1 malzemesini işlerken kesici takımda oluşan talaş sıvanması, işlenen yüzeye temas ederek yüzeyin kötüleşmesine sebep olması ile açıklanabilir.

Kesici takım genel olarak, M1 ve M2 malzemelerinde tüm kesme şartlarında iyi performans göstermiştir. Sert olan M3 malzemesinde (56 HRC) ise düşük kesme hızlarında pürüzlülük değerleri iyi ve birbirine yakın, yüksek kesme hızlarında kesici takımın aşınması sebebi ile kesici takımın pürüzlülük performansı kötü çıkmıştır.

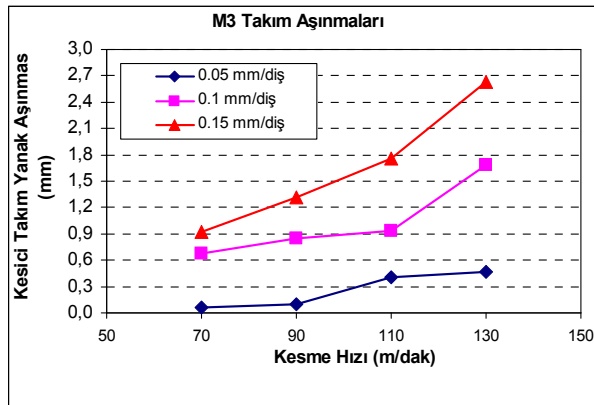
Kesici takımda oluşan aşınmalar incelendiğinde, M1 ve M2 malzemelerinin işlenmesinde herhangi bir takım aşınması görülmemiş (Resim 2a) ancak M2 malzemesinin en ağır kesme şartı olan 0,15 mm/diş ilerleme değerinin 110 m/dak kesme hızında 0,14 mm ve 130 m/dak kesme hızında 0,55 mm takım aşınması görülmüştür (Resim 2b).

Kesici takım ile M3 malzemesinde yapılan deneylerde ise 0,05 mm/diş ilerleme değerinde 70 m/dak ve 90 m/dak kesme hızı değerlerinde aşınma az olurken (0,06 mm ve 0,1 mm) 110 m/dak ve 130 m/dak kesme hızı değerlerinde, kesici takımın ilk deneyde ömrünü tamamladığı görülmüştür (Resim 2 c ve d). Kesici takımlarda oluşan aşınma mekanizması, genelde ısı işlem uygulanmış, sert malzemelerin yüksek ilerleme ve kesme hızı değerlerinde yüksek basınç ve yüksek sıcaklık kombinasyonunun bir sonucu olan plastik deformasyon tipi aşınma olduğu tespit edilmiştir (Resim 2 b-c-d). Burada oluşan aşınmanın sebebidir yüksek sıcaklık ve yüksek basınç olduğu düşünülmektedir. Şekil 5'te M3 malzemesinde yapılan deneyler sonucu oluşan takım aşınması grafiği verilmiştir



Resim 2. Kesici takımların kesme kenarlarının görüntüleri (Images of the cutting edges of cutting tools)

- a) $V=110$ m/dak, $f_z=0,1$ mm/diş, sertlik=48 HRc
- b) $V=130$ m/dak, $f_z=0,15$ mm/ diş, sertlik=48 HRc
- c) $V=130$ m/dak, $f_z=0,05$ mm/ diş, sertlik=56 HRc
- d) $V=110$ m/dak, $f_z=0,1$ mm/ diş, sertlik=56 HRc



Şekil 5. M3 malzemesinin işlenmesindeki kesici takım aşınması (M3 in the processing of material, cutting tool wear)

Şekil 5'ten de görüldüğü gibi kesme hızının artışı ile kesici takımdaki aşınma da artmıştır. Düşük ilerleme değerlerinde daha az takım aşınması olurken yüksek ilerleme değerlerinde takım aşınması daha çok olmuştur. 0.1 ve 0.15 mm/diş ilerleme değerlerinde deneyler tamamlanmadan (yaklaşık 10-15 mm kesme

boyunda) kesici takımların ömrünü tamamladığı görülmüştür. Bu durum, malzemenin çok sert olması ve kesme esnasındaki basıncın kesici takımda aşırı yük ve yüksek sıcaklık oluşturması ile açıklanabilir.

4.SONUÇLAR (RESULTS)

- Yapılan deneyler sonucu, her üç malzemeyi de işlerken, düşük ilerleme ve düşük kesme hızı değerlerinde yüzey kalitesi çok iyi çıkmış, taşlama kalitesinde yüzey pürüzlülükleri elde edilmiştir. Yüksek ilerleme ve yüksek kesme hızı değerlerinde de takımın aşınmasına bağlı olarak yüzey kalitesinin kötüleştiği tespit edilmiştir.
- Artan ilerleme miktarlarına bağlı olarak yüzey pürüzlüğü değerlerinin de arttığı görülmüştür. Kesici takımda en iyi yüzey pürüzlülük değeri 0.05 mm/diş ilerleme değerinde 70 m/dak kesme hızında elde edilirken, en kötü yüzey pürüzlülük değeri 0.15 mm/diş ilerleme değerinde 130 m/dak kesme hızında oluşmuştur.

- M1 ve M2 malzemelerinde oluşan yüzey pürüzlülük değerleri birbirine çok yakın çıkarken, M3 malzemesinde oluşan yüzey pürüzlülük değerleri özellikle de 0.15 mm/diş ilerleme hızlarında M1 ve M2 malzemesine göre oldukça yüksek çıkmıştır.
- Kesici takım genel olarak M1 ve M2 malzemelerinde yüksek ilerleme değerlerinde dahi iyi performans göstermiştir.
- En sert olan M3 malzemesinde, düşük kesme hızlarında pürüzlülük değerleri iyi, yüksek kesme hızlarında pürüzlülük değerleri kötü çıkmıştır.
- M1 ve M2 malzemelerinin işlenmesinde kesici takımda aşınma çok az gözlenmiş, en sert olan M3 malzemesinde ise, yüksek ilerleme ve yüksek kesme hızlarında takım aşınması fazla olmuş hatta en zor şartlarda işlemeye başlar başlamaz kesici takım aşınarak ömrünü tamamladığı gözlenmiştir.
- Kesici takımda oluşan aşınma mekanizmasının yanak aşınmasından çok plastik deformasyon olduğu tespit edilmiştir.
- Yapılan deneyler sonucunda, ADMT 120408R-F56 kodlu TiAl+Al₂O₃+ZrN kaplı karbür kesici takımlar için ısıtılma işlem görmemiş M1 (21 HRC) malzeme için 90-110 m/dak kesme hızı, ısıtılma işlem görmüş M2-M3 (48-56 HRC) AISI D2 malzemesini işlemede ideal kesme hızı değeri 70-90 m/dak olarak ve ideal ilerleme 0.05-0.1 mm/diş olarak tavsiye edilebilir.

5. KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Gezgin, A., "Prizmatik parçaların frezelenmesi esnasında kesici uç sayısının takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğü

2. Boy, M., Demir, H., Korkut, İ., "Vanadis 10 soğuk iş takım çeliğinin işlenmesinde kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi", 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Karabük, 13-15 (2009).
3. Demir, H., Ulaş, H., B., Zeyveli, M., "Stavax esr çeliğinin yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri açısından değerlendirilmesi", 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), (2009).
4. Çolak, O., "CNC freze tezgahı için kesme parametrelerinin akıllı yöntemlerle elektronik ortamda optimizasyonu", Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta 1-5 (2006).
5. Uzun, İ., Aslantaş, K., "Sertleştirilmiş 52100 takım çeliğinin tomalanmasında karbürli kesici takımın performansının araştırılması", 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, (2009).
6. Koshy, P., Dewes, R.C., Aspinwall, D.K., "High speed end milling of hardened AISI D2 tool steel", *Journal of Materials Processing Technology*, 127: 266-273 (2002).
7. Aslan, E., Camuşçu, N., "Sertleştirilmiş AISI D3 takım çeliğinin CBN parmak freze ile yüksek hızda işlenmesi", *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 18(3): 453-458 (2005).
8. Çiftçi İ., AISI 304 Ostenitik Paslanmaz Çeliğin Kaplanmış Sementit Karbür Kesici Takımla İşlenmesi Esnasında Oluşan Takım Aşınması, *Teknoloji*, 7 (3), 489-495, (2004).
9. DeGarmo, E.P., Black, J.T., Kohser, R.A., *Materials and Processes in Manufacturing*, Prentice-Hall Inc., New Jersey, A.B.D., 214-652 (1997).
10. Walter Kesici Takım kataloğu, 2010 Ankara.