

P20 Çeliğinin CBN Kesicilerle Frezelenmesi Sırasında Aşınma ve Yüzey Pürüzlülüğüne İlerleme Değerinin Etkisi

Serkan ATEŞ

Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Kampüs, 71450, Kırıkkale, TÜRKİYE
Tel : +90 (0318) 357 42 42/ 1052 ; Faks : +90 (0318) 357 24 59, sates@kku.edu.tr

Özet— 55 HRC'ye sertleştirilmiş P20 kalıp çeliği iki farklı tip CBN kesici takım, yüksek hızlarda işlenmiştir. Deneylerde kullanılan CBN kesici takımların birincisi düşük CBN katkılı (CBN-DS) ve seramik bağlayıcılıdır. Diğeri ise yüksek CBN katkılı (CBN-YM) ve metal bağlayıcılıdır. Elde edilen takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü değerleri CBN kesici takımlar için karşılaştırılıp, ilerleme, CBN oranı ve bağlayıcının takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi araştırılmıştır.

Index Terimleri— Kübik bor nitrid, Yüksek hızlarda frezeleme, Takım aşınması, Yüzey pürüzlülüğü

Abstract— P20 mold steel hardened to 55 HRC was machined by using two different types of cubic boron nitride cutting tools at high cutting speeds. One of the CBN tools used in the experiments is a low CBN content tool with a ceramic binder. The other one is a high CBN content tool with a metal binder. Tool wear and surface roughness results obtained with each type of tools were compared, and the effects of feed rate, CBN content and binder on tool wear and surface roughness were investigated.

Index Terms— Cubic boron nitride, High speed milling, Tool wear, Surface roughness

I. GİRİŞ

İmalat endüstrisinde kullanılan metaller ve alaşımlarından yapılan ürünlerin, ekonomik olarak işlenmesi için endüstrideki takım tezgahlarının verimli şekilde kullanılması gerekmektedir. Dökme, dövme, haddeleme ve benzeri yöntemlerle imal edilen metal parçalar genellikle son biçim ve boyutlarına talaşlı imalat yöntemleri ile getirilir. Çelik parçalara istenilen son biçimler verilip kullanılabilir hale gelmeleri için uygulanan mekanik işlemlerin tümünün talaş kaldırmayı gerektirdiği düşünülürse ekonomik talaş kaldırmanın önemi ortaya çıkmaktadır. Son yıllarda kesici takım malzemeleri ve takım tezgahları geliştirilmiş, daha yüksek kesme hızları sağlanmış ve bunların neticesinde üretim artışı meydana gelmiştir.

CBN kesici takımlar iki gruba ayrılır. Birincisi (CBN-DS) düşük CBN içerikli, seramik bağlayıcılı takımlardır. Bu

takımlarda CBN oranı hacimsel olarak %30 ile %50 arasında değişmekte, bağlayıcı olarak TiN veya TiC gibi seramikler kullanılmaktadır. Diğeri grup ise (CBN-YM) yüksek CBN içerikli, metal bağlayıcılı takımlardır. Bu takımlarda CBN oranı hacimsel olarak ~%90 civarındadır ve bağlayıcı olarak genellikle kobalt (Co) kullanılmaktadır. Bu grup, yüksek CBN oranı nedeniyle diğeri gruptan daha sert ve metal bağlayıcı nedeniyle daha toktur.

Bu çalışmanın amacı, literatürdeki bilgilerin ışığında, düşük oranda CBN içeren CBN-DS takım, yüksek oranda CBN içeren CBN-YM takımın; sertleştirilmiş (55 HRC) P20 kalıp çeliğinin yüksek hızlarda frezelenmesi esnasındaki davranışlarının incelenmesidir. Ayrıca çalışmanın bir diğeri amacında farklı ilerleme değerlerinin takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisinin belirlenmesidir.

II. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

CBN kesici takımlar, son yıllarda yüksek hızlarda kullanılmaya uygun kesici takım malzemeleri içinde geniş bir uygulama alanı bulmuşlardır. Özellikle, sertleştirilmiş çeliklerden ince talaş kaldırma işlemlerinde gösterdikleri yüksek performans bu takımlara olan ilgiyi artırmaktadır. Çünkü bu durum, sertleştirme sonrası uygulanan taşlama işlemine olan gereksinimi ortadan kaldırarak üretim maliyetlerini azaltmaktadır [Chou, Y.K. ve diğeri 2003].

(CBN-YM) yüksek CBN içerikli, metal bağlayıcılı takımlar, yüksek CBN oranı nedeniyle, (CBN-DS) düşük CBN içerikli, seramik bağlayıcılı takımlardan daha sert ve metal bağlayıcı nedeniyle daha tok olmasına rağmen [Bossom, P.K. 1990], literatürdeki çalışmalar bu grubun aşınma direncinin diğeri gruptan daha düşük olduğunu bildirmektedir [Chou, Y.K. ve diğeri 2003]. Bu durum, farklı araştırmacılar tarafından farklı nedenlere bağlanmıştır. Bunlardan biri, bu durumun CBN-DS'deki atom bağlarının daha kuvvetli olmasından kaynaklandığı görüşündedir [Narutaki, N., Yamane, Y. 1979]. Bir diğeri çalışmada, kesme esnasında CBN-DS'nin yanal yüzeyine yapışan katmanların bu takımı koruduğu iddia edilmiştir [Takastu, S. ve diğeri 1983]. Diğeri bir yorum ise, kesme esnasında CBN-YM'nin daha fazla plastik deformasyona uğramasının ve daha yüksek oranda kristal yapı kusurlarına sahip olmasının bu takımın

aşınma direncini düşürdüğü şekildedir [Hooper, R.M. ve diğerleri 1988]. CBN-DS'nin ısı iletkenliğinin düşük olması sonucu, kesme bölgesinde iş parçası sıcaklığının daha yüksek değerlere çıkması ve buna bağlı olarak malzemenin yumuşamasının da aşınmayı azaltacağı şeklinde açıklamalar getirilmiştir [Bossom, P.K. 1990]. CBN takımlar kullanılırken, takım-talaş temas bölgesinde meydana gelen kimyasal reaksiyonların, takımın kimyasal bileşimini değiştireceği, bunun da aşınmayı etkileyeceği bildirilmiştir [Klimenko, S.A. ve diğerleri 1992]. CBN-YM takımdaki metal bağlayıcının, çeliğe olan kimyasal ilgisinin, seramik bağlayıcıdan daha fazla oluşu sonucu, metal bağlayıcının talaşa yapıştığı ve takımdan uzaklaştığı, sonuçta da CBN partiküllerinin azalan bağlayıcı nedeniyle takımdan kolayca koparak aşınmanın arttığı da iddia edilmektedir [Chou, Y.K. ve diğerleri 2003].

III. DENEYSEL DETAYLAR

Deneylerde iki farklı tip kübik bor nitrür (CBN) (Kennametal) kullanılmıştır. Bunlardan biri (CBN-DS) düşük CBN içerikli (hacimce ~%50) ve seramik (TiC) bağlayıcıdır. Diğeri ise (CBN-YM) yüksek CBN içerikli (hacimce ~%88) ve metal (Co) bağlayıcıdır. CBN takımların geometrik özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Pah genişliği dışında, iki takımın diğer tüm geometrik özellikleri aynıdır.

Her iki takımın CBN uç, sinterlenmiş karbür (WC) taşıyıcı üstüne lehimlenmiştir. Kesici uç bağlama elemanı olarak özel imal ettirilen 80 mm çapında yüzey frezeleme tarama kafası kullanılmıştır. Tarama kafasında kesici uçların bağlanabileceği 2 adet kartuş bulunmaktadır. Her deney esnasında sadece 1 adet kesici uç bağlanarak deneyler gerçekleştirilmiştir.

Deneyler 0.10, 0.15 ve 0.20 mm/dev olmak üzere üç farklı ilerleme değerinde yapılmıştır. Kesme hızı (V_c) 450 m/dak, aksel kesme derinliği (a_p) 0.12 mm, ve radyal kesme genişliği (a_r) 15 mm'de sabit tutulmuştur. Tüm deneyler kuru olarak gerçekleştirilmiştir. Deneyler, kaldırılan talaş hacmi 6480 mm³ değerine ulaşınca durdurulmuştur.

Kesici takım ve bağlama elemanı birleşik olarak -6° radyal talaş açısı, -4° aksel talaş açısı ve 6° boşluk açısı oluşturmuşlardır. Dikey frezelemede radyal kesme genişliği bağlayıcı elemanın yarıçapından küçük olduğu sürece, bağlayıcının her devrinde talaş kalınlığı frezeleme yönüne bağlı olarak sıfırla maksimum değeri [$(a_c)_{max}$] arasında (veya tam tersi) değişir. Talaş kalınlığının maksimum değeri ilerlemeye ve radyal kesme genişliğine bağlıdır. Bu değer, kesici takımın pah genişliğine eşit veya daha küçük ise pah açısı talaş açısını doğrudan etkileyecektir. Böyle bir durumda, kullanılan takımların pah açısı 20° olduğuna göre, gerçek radyal talaş açısı -26° olur. Deneylerde kullanılan ilerleme ve radyal kesme genişliği değerleri için yapılan hesaplamalar, maksimum talaş kalınlığının 0.117 mm olduğunu göstermiştir. Bu değer CBN-YM takımın pah genişliğinin (0.2 mm) çok altında, CBN-DS'nin pah genişliğinin (0.1 mm) ise biraz üstündedir. Pah genişliğindeki bu farklılığın, radyal talaş açısını ve dolayısıyla takım performanslarını etkileyebileceği bilinmektedir. Ancak, maksimum talaş kalınlığının, CBN-DS'nin pah genişliğinin çok az üstünde olması nedeniyle bu etkinin çok fazla olmayacağı söylenebilir. Ayrıca,

frezelemede, bağlayıcı elemanın her devrinde talaş kalınlığının sıfırla maksimum değeri arasında değiştiği göz önüne alınırsa, CBN-DS takım kullanılırken, kesme işleminin çok kısa bir süresinde talaş kalınlığı 0.1 mm'nin üstüne çıkacaktır. Bu nedenlerle, her iki takımın radyal talaş açısının -26° olduğu kabul edilebilir. Gerçekten, CBN-DS takım seramik bağlayıcı nedeniyle, metal bağlayıcı CBN-YM'den daha kırılmandır. Daha kırılğan takımlar için pah genişliğinin daha yüksek tutulması gerekirken, üretici firmanın neden böyle bir tercihte bulunduğunu anlayamamıştır.

Tablo 1. Kesici takımların geometrik özellikleri

	CBN-DS	CBN-YM
ISO gösterimi	SNGA120408S01020	SNGA120408S02020
Şekil	Kare	Kare
Boşluk açısı	0°	0°
Tolerans	±0.005 - ±0.13	±0.005 - ±0.13
Uç tipi	Silindirik delik, talaş kırıcısız	Silindirik delik, talaş kırıcısız
Ölçü	12 mm	12 mm
Kalınlık	4 mm	4 mm
Köşe yarıçapı	0.8 mm	0.8 mm
Pah genişliği	0.1 mm	0.2 mm
Pah açısı	20°	20°

İş parçası olarak döküm ve plastik enjeksiyon kalıplarında yaygın şekilde kullanılan P20 kalıp çeliği seçilmiştir. İş parçasının kimyasal bileşimi Tablo 2'de verilmiştir. İş parçası 55 HRC'ye sertliğe çıkarılmış ve menevişlenmemiştir. Yapısında bulunan %1 Ni sayesinde yüzeyden çekirdeğe kadar olan sertlik değişimi (özellikle blok malzemelerde) minimum oranda meydana gelmektedir.

Tablo 2. P20 kalıp çeliğinin kimyasal bileşimi

C	Mn	Cr	Ni	Mo	Si	P	S
0.40	1.50	1.90	1.00	0.22	0.4	0.01	0.03

Deneyler tablası sabit, kolonu hareketli olan MAZAK VTC 20B CNC dik işleme merkezinde gerçekleştirilmiştir. CNC dik işleme merkezi 15 kW gücünde iş mili motoruna, maksimum 7000 d/dk'lık yüksek iş mili devrine, hızlı takım değiştirme özelliğine, 30 m/dk eksen hızlarına ve Mazatrol PC-Fusion-CNC 640M kontrol ünitesine sahiptir.

Yanal yüzey aşınmaları SCHERR TUMICO marka optik mikroskopla her pasodan sonra ölçülmüştür. Optik mikroskopun tablası x, y eksenlerinde hareket edebilmekte ve 0.002 mm hassasiyetle ölçüm yapabilmektedir.

Yüzey pürüzlülüğü HOMMER TESTER T1000 yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı ile her pasodan sonra ölçülmüş ve değerlendirilmede "R_a" ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri dikkate alınmıştır.

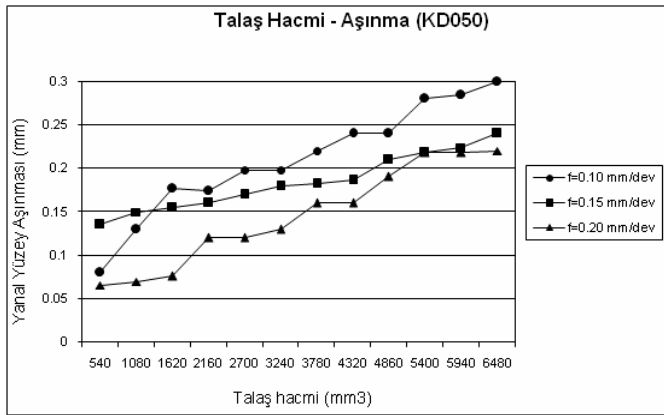
IV. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA

Sabit kesme hızı (V_c) talaş derinliği (a_p) ve kesme genişliği (a_r) değerlerinde 3 farklı ilerleme (f) değerinde takım aşınması

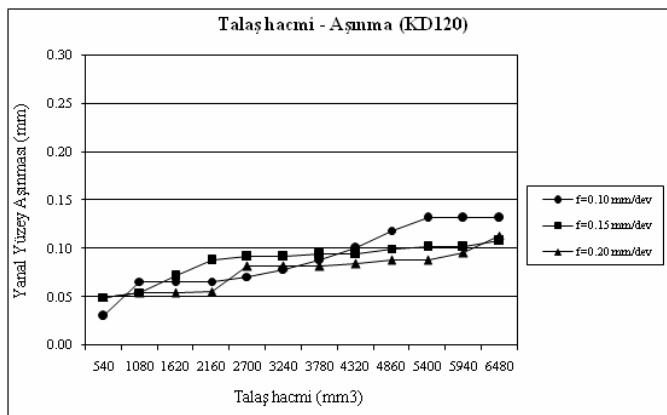
deneyleri her 2 tip takım için de gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar aşağıdaki grafiklerde gösterilmiştir.

A. Takım Aşınması

Şekil 1 ve 2 farklı ilerleme değerlerinde kaldırılan talaş hacmi miktarına bağlı olarak, yanıl yüzey aşınmasındaki artışı göstermektedir. Her iki uç içinde paso sayısı arttıkça yanıl yüzey aşınması değerinin arttığı görülmektedir. Literatürde ilerleme değerinin % 50 artırılmasının, takım ömrünü % 70 oranında azaltacağından bahsedilmektedir⁽⁹⁾. Ancak şekil 1 ve 2'den de görülebileceği gibi genel olarak 0.10 mm/dev ilerleme değerindeki yanıl yüzey aşınmasının, 0.15 mm/dev ve 0.20 mm/dev ilerleme değerlerindeki yanıl yüzey aşınmalarından daha yüksek olduğu, 0.20 mm/dev ilerleme değerindeki yanıl yüzey aşınmasının da en düşük olarak gerçekleştiği görülmektedir. Bunun nedeni, düşük ilerleme değerlerinde, takım-iş parçası sürtünmesinin daha uzun süre devam etmesi ve bu sürtünme sonucunda da aşınmanın artması olabilir.



Şekil 1. Farklı ilerleme hızlarında CBN-DS'ye ait aşınma değerleri



Şekil 2. Farklı ilerleme hızlarında CBN-YM'ye ait aşınma değerleri

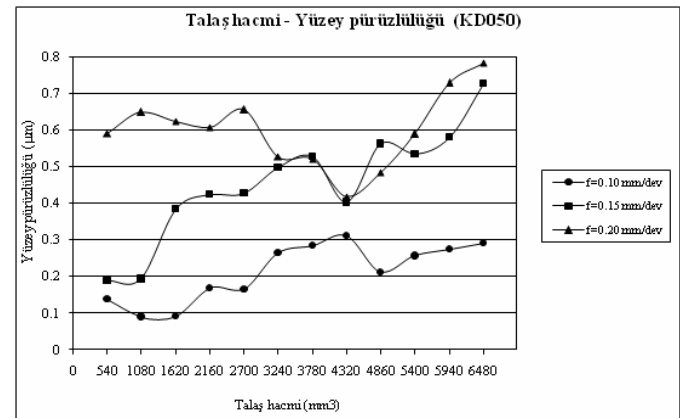
KD050 (CBN-DS; düşük içerikli, seramik bağlayıcılı CBN); KD120 (CBN-YM; yüksek içerikli metalik bağlayıcılı CBN)'e göre tüm ilerleme değerlerinde daha çok aşınmıştır. KD050 (CBN-DS) son pasalarda 0.22 mm ile 0.3 mm arasında aşınırken, KD120 (CBN-YM) son pasalarda 0.11 mm ile 0.14

mm arasında aşınmıştır. KD120 (CBN-YM) takımın aşınma direncinin KD050 (CBN-DS)'ye göre tüm ilerleme değerlerinde daha üstün olduğu görülmektedir. Bunun nedenlerinden daha önce bahsedilmiştir. Burada da benzer nedenler söz konusudur.

B. Yüzey Pürüzlülüğü

Şekil 3 ve 4 farklı ilerleme değerlerinde kaldırılan talaş hacmi miktarına (dolayısıyla aşınmaya) bağlı olarak işlenen parçanın yüzey pürüzlülüğündeki değişimi göstermektedir. Her iki çizelgede de en düşük yüzey pürüzlülüğü değerlerinin en düşük ilerleme değerlerinde elde edildiği görülmektedir. KD050 (CBN-DS) için $f = 0.10$ mm/dev ve $f = 0.15$ mm/dev ilerleme değerleri için paso sayısının artmasıyla yüzey pürüzlülüğü değerlerinde beklendiği gibi artış görülmüştür. $f = 0.20$ mm/dev ilerleme değerinde ise başlarda azalma gözlenmekle birlikte, 8. pasadan sonra beklenen artış değeri görülebilmektedir (şekil 3). KD120 (CBN-YM) için belirlenen yüzey pürüzlülüğü değerleri ile aşınma arasındaki ilişki hakkında yorum yapmak mümkün görünmemektedir (şekil 4). hatırlanacağı üzere KD120 (CBN-YM), KD050 (CBN-DS)'den daha az aşınmıştır (şekil 1 ve şekil 2). Bu nedenle aşınma az olduğu sürece, yüzey pürüzlülüğüne fazla bir etki etmediği söylenebilir.

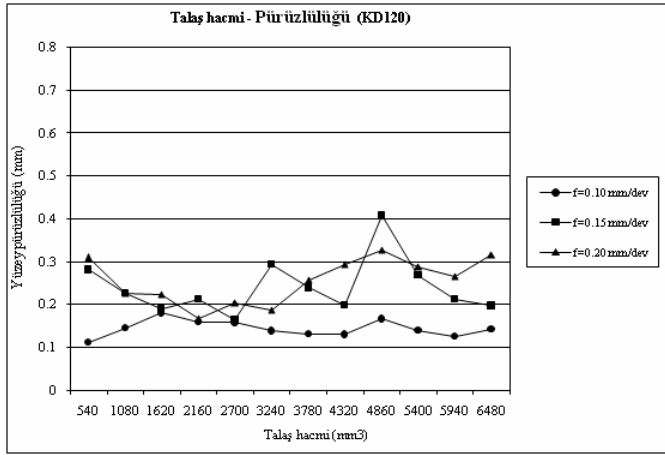
Şekil 3 ve şekil 4 karşılaştırıldığında KD120 (CBN-YM) takımın tüm ilerleme değerlerinde KD050 (CBN-DS) takımdan daha iyi yüzey kalitesi meydana getirdiği açık bir şekilde görülmektedir. Buda KD120 (CBN-YM)'nin, KD050



(CBN-DS)'den daha az aşınmış olmasıyla açıklanabilir.

Şekil 3. Farklı ilerleme hızlarında CBN-DS'ye ait yüzey pürüzlülüğü değerleri

Yüzey pürüzlülük değerleri $f = 0.10$ mm/dev ilerleme değeri için; KD050 (CBN-DS) takımda 0.09 - 0.31 μm , KD120 (CBN-YM) takımda 0.11 - 0.19 μm aralığındadır. $f = 0.15$ mm/dev ilerleme değeri için; KD050 (CBN-DS) takımda 0.19 - 0.72 μm , KD120 (CBN-YM) takımda 0.18 - 0.41 μm aralığındadır. $f = 0.20$ mm/dev ilerleme değeri için; KD050 (CBN-DS) takımda 0.41 - 0.79 μm , KD120 (CBN-YM) takımda 0.18 - 0.32 μm aralığındadır.



Şekil 4. Farklı ilerleme hızlarında CBN-YM'ye ait yüzey pürüzlülüğü değerleri

V. SONUÇLAR

Bu çalışma ilerleme değerinin aşınmaya olan etkisinin takım malzemesine bağlı olarak önemli ölçüde değiştiğini göstermiştir. İlerleme değerine bağlı olarak, CBN-YM takımın aşınmasındaki artış, CBN-DS takıma göre daha az düzeydedir.

DeneySEL sonuçlar, CBN-YM takımın aşınma direncinin CBN-DS'ye göre tüm ilerleme değerlerinde daha üstün olduğunu ortaya çıkarmıştır. CBN-YM yüksek CBN oranı nedeniyle, düşük CBN oranına sahip CBN-DS'den daha sert ve metalik bağlayıcı nedeniyle, seramik bağlayıcılı CBN-DS'den daha toktur. Bu etkenlerin aşınma direncini olumlu yönde etkilediği görülmektedir. Bu sonuç, literatürdeki CBN takımlarla ilgili olarak yapılan diğer bir çalışmadan elde edilen sonuçlarla tam aksi yöndedir [Chou ve diğerleri 2003]. Bahsedilen çalışmada, hacimce %30 seramik (TiN) bağlayıcılı düşük CBN içerikli takımın, hacimce %8 metal (Co) bağlayıcılı yüksek CBN içerikli takımdan daha iyi bir aşınma direncine sahip olduğu bildirilmekte ve bu durum, Co'nun çeliğe karşı olan kimyasal ilgisinin yüksek olmasıyla açıklanmaktadır. Ancak şimdiki sonuçlar bunun genel bir durumu ifade etmediğini göstermiştir. Bu noktada, seramik bağlayıcı miktarının önemli bir etken olduğu, seramik bağlayıcı miktarının %30'dan %50'ye çıkmasıyla aşınma direncinin önemli ölçüde düştüğü ve seramik bağlayıcılı CBN takımın aşınma direncinin, metal bağlayıcılı takımın gerisinde kaldığı görülmektedir.

Ölçümler, aşınmayla- yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişki konusunda çelişkili sonuçlar ortaya çıkarmıştır. Aşınma arttıkça, yüzey pürüzlülüğünün de artması beklenirken, CBN-YM takım için bu çalışmada tam aksi yönde sonuçlar elde edilmiştir. Bunun nedeni tam olarak anlaşılamamıştır. Ancak, bu çalışmada çok yüksek aşınma değerlerine çıkılmadığı göz önüne alınırsa, daha yüksek aşınma değerlerinde, aşınmanın

yüzey pürüzlülüğüne olan olumsuz etkisinin daha net bir şekilde ortaya çıkacağı söylenebilir.

Fakat CBN-DS takım için literatürde bahsedilen aşınma arttıkça, yüzey pürüzlülüğü de artar şeklindeki bulgulara benzer bir sonuç elde edilebilmiştir.

Ölçümler, ilerleme değerinin yüzey pürüzlülüğünü fazla etkilemediğini göstermiştir. Elde edilen sonuçlardan, ilerleme değeri-yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişki hakkında kesin yorum yapmak biraz zor olmakla birlikte, ilerleme değeri azaldıkça, yüzey pürüzlülüğünde biraz iyileşme olduğu söylenebilir. Bu durum, seramik bağlayıcılı düşük CBN içerikli takım için daha barizdir. Diğer yandan takım malzemesinin de, yüzey pürüzlülüğünde önemli bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Yüksek CBN içerikli metal bağlayıcılı CBN takımdan elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerleri ortalama olarak, tüm ilerleme değerlerinde düşük CBN içerikli seramik bağlayıcılı takımdan elde edilen değerlerden daha düşüktür. CBN-YM'nin, CBN-DS'den tüm kesme hızlarında daha az aşınmış olmasının, yüzey pürüzlülüğü sonuçlarını da etkilediği görülmektedir.

Bu sonuçlar, sertleştirilmiş P20 kalıp çeliğinin yüksek hızlarda frezelenmesi için, yüksek CBN içerikli metal bağlayıcılı CBN takımın, düşük CBN içerikli seramik bağlayıcılı takımdan daha uygun olduğunu göstermektedir.

VI. REFERANSLAR

- [1] Bossom, P.K., (1990), "Finish Machining of Hard Ferrous Workpieces", Ind. Diam. Rev., Vol. May 1990, pp 228-232.
- [2] Chou, Y.K., Evans, C.J., Barash, M.M., (2003), "Experimental Investigation on Cubic Boron Nitride Turning of Hardened AISI 52100 Steel", J. Mater. Process. Technol., Vol. 134, pp 1-9.
- [3] Fallböhrer, P., Rodriguez, C.A., Özel, T., Altan, T., (2000), "High-speed machining of cast iron and alloy steels for die and mold manufacturing", J. Mater. Process. Technol., Vol. 98, pp 104-115.
- [4] Hooper, R.M., Shakib II, J., Brookes, C.A., (1988), "Microstructure and Wear of TiC-Cubic BN Tools", Mater. Sci. Eng., Vol. 105/106, pp 429-433.
- [5] Klimentko, S.A., Mukovoz, Y.A., Lyashko, V.A., Vashchenko, A.N., Ogorodnik, V.V., (1992), "On the Wear Mechanism of Cubic Boron Nitride Base Cutting Tools", Wear, Vol. 157, pp 1-7.
- [6] Narutaki, N., Yamane, Y., (1979), "Tool Wear and Cutting Temperature of CBN Tools in Machining of Hardened Steels", Ann. CIRP, Vol. 28, pp 23-28.
- [7] Takastu, S., Shimoda, H., Otani, K., (1983), "Effect of CBN Content on the Cutting Performance of Polycrystalline CBN Tools", Int. J. Refr. Hard Met., Vol. 12, pp. 175-178.
- [8] Tlustý, G., (2000), Manufacturing Processes and Equipment, Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, New Jersey.