



DIEVAR SICAK İŞ TAKIM ÇELİĞİNİN DELİNMESİNDE KESME PARAMETRELERİNİN KESME KUVVETLERİ VE YÜZEY KALİTESİNE ETKİSİNİN REGRESYON ANALİZİYLE MODELLENMESİ

REGRESSION MODELING OF CUTTING PARAMETERS' EFFECT TO CUTTING FORCES AND HOLE SURFACE QUALITIES IN DRILLING OF DIEVAR HOT WORK TOOL STEEL

İskender ÖZKUL^{1*}, Berat Barış BULDUM², Adnan AKKURT¹

¹Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Aksaray Üniversitesi/68100, Aksaray
iskender@aksaray.edu.tr

²İleri Teknoloji Eğitimi Araştırma ve Uygulama Merkezi, Mersin Üniversitesi/33343, Mersin
barisbuldum@mersin.edu.tr

³Endüstriyel Teknoloji Eğitimi Bölümü, Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi, Gazi Üniversitesi/06830, Ankara
aakkurt@gazi.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 25.01.2012, Kabul Tarihi/Accepted: 25.06.2012

doi: 10.5505/pajes.2013.69885

*Yazışılan yazar/Corresponding author: İskender ÖZKUL

Özet

Bu çalışmada sıcak iş takım çeliklerinden Dievar derece çeliği üzerinde çeşitli matkaplar ile delik delme esnasında meydana gelen eksenel kuvvetler, kesme momentleri, yüzey pürüzlülükleri, ölçü tamlığı ve dairesellikten sapma değerleri araştırılmıştır. Deneyler dik işleme tezgâhında soğutma sıvısı ile Ø16 mm çaplarında kaplamasız karbür matkap ve kendinden raybalı TiAlN kaplamalı matkap kullanılarak yapılmıştır. Deneylerde ilerleme hızı 0,16 mm/dev, kesme hızı ise 36, 40, 44, 48 m/dak hızları kullanılmıştır. Çıkan sonuçlar doğrusal regresyon metodu ile modellenmiş ve polinom regresyon eğrisi eşitliği anlamlılık değerleri mukayese edilmiştir. Aynı zamanda varyans analizi yapılarak kesme hızı ve matkap tipinin eksenel ilerleme kuvveti, kesme momenti, yüzey pürüzlülüğü ölçü tamlığı ve dairesellikten sapma değeri sonuçları üzerine etkileri incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Delme, İşlenebilirlik, Takım çeliği, Kesme kuvveti, Yüzey kalitesi.

Abstract

In this study, cutting moments, surface roughness, dimensional accuracy and circularity deviation values were investigated during drilling on Dievar degree of hot work tool steels with various drill bits. The experiments, was completed with Ø16 mm diameter uncoated carbide drill bits and TiAlN coated self-reamed carbide drill bits using coolant fluid on vertical machining center. In experiments, feed rate 0,16 mm/rev and the cutting speed 36, 40, 44, 48 m/min rates were used. The results were modeled by the method of linear regression and polynomial regression curve. Then they were compared with values equal significance. At the same time by analysis of variance, the cutting speed and drill type were investigated on the results of axial feed force, cutting torque, surface roughness, dimensional accuracy and circularity the deviation.

Keywords: Drilling, Machinability, Tool steel, Cutting forces, Surface roughness.

1 Giriş

Endüstride nitelikli çeliklerin kullanılma sıklığı gün geçtikçe artmaktadır. Yapılan işin daha kaliteli olması ve daha çok verim alınabilmesi adına kaliteli malzeme kullanımı büyük öneme sahiptir. Fakat nitelikli çeliklerin hammadde teminleri ve işleme masrafları, diğer çelik türlerine göre daha yüksek maliyette olduklarından dolayı işlenebilirlik değerinin analizi önem kazanmaktadır. Ayrıca deneysel çalışma sonucunda elde edilen veriler daha sonra yapılacak olan benzer çalışmalara katkı sağlayacak, delik delme işlemlerinde de verimliliği artıracaktır. İmalat çelikleri, takım çeliklerine göre daha düşük maliyettedir. İmalat çelikleri, endüstriyel uygulamalara hitap eden takım çeliklerine göre kısa ömürlü oldukları için ve yetersiz iş görebilme kabiliyetlerinden dolayı, malzeme kalitesine dayalı verimlilikte takım çeliklerine alternatif olmaktan uzaktır. Bu yüzden bir iş için uygun malzeme seçimi son ürün kalitesi için çok önemlidir. Malzeme seçiminden sonra malzemeye uygun işlenebilirlik değerlerinin seçimi vazgeçilmez bir unsurdur [1]. Fakat tasarlanan ürünlerin form şekilleri her zaman tek bir operasyonla yapılmamakta, farklı imalat teknikleri gerektirmektedir. Her imalat tekniğinin işleme değerleri kullanılan malzemeye göre değişiklik

göstermektedir. Bu değerler içerisinde istenen kaliteye en uygun ve maliyet unsurunu da göz önünde bulundurarak ekonomik olma yönünden en verimli sonuçlara ulaşılabilecek işleme değerlerini seçmek gerekmektedir. Aksi takdirde imalatçı ve kullanıcı için yapılan işin verimi düşecek, gereksiz maliyet artışları olacaktır. Günümüzde ekonominin hayatın her noktasına etki ettiğini düşünülecek olursa, yapılan her işleminde en uygun teknoloji, hız, işleme maliyeti göz önünde bulundurularak verim değeri artırılabilir.

İmalatta en sık görülen form olan delik geometrisi, çok farklı metotlarla işlenebilmektedir. Delik işlemlerinde, yüzey kalitesi çok büyük öneme sahip olmakla beraber bu kalitenin elde edilmesi için birçok farklı yöntemin kullanılması en uygun sonucun elde edilmesi içindir. Gelişen teknolojiyle delik boşaltma işlemleri, çok farklı yöntemlerle yapılmasına rağmen, elde edilen yüzey kalitesi ve boşaltma hızı göz önüne alındığında, matkapla delik boşaltma işlemi, diğerlerine göre başarılı sonuç veren işlemlerin başında gelmektedir. Matkaplar ise delik delme operasyonu için bilinen en klasik yöntemlerden biri olmasına rağmen matkap teknolojisi, takım geometrisi, kaplama türü ve malzeme teknolojisi alanında her geçen gün gelişmektedir. Matkap takımlarının teknolojik gelişimi kullanıcıların menfaati doğrultusunda ilerlemektedir.

Fakat bilinçli ve yerinde kullanım, teknolojinin takip edilmesi kadar önemlidir. Endüstride uzun yıllar HSS matkapları kullanıldıktan sonra geliştirilen karbür matkaplar, endüstriyel uygulamalarda yoğun olarak kullanılmışlardır. Karbür matkaplar üzerine yapılan çalışmalar zaman içerisinde farklı takım geometrileri ve kaplamaları ile çeşitlilik arz etmiştir. Delme üzerine yapılan araştırmalarda, birçok parametre incelenmiştir. Özellikle yüzey verimliliği ve işlem ekonomikliği değerlendirildiğinde, ön plana çıkan çalışmaların başlıcaları; Kuram ve arkadaşları [2], çalışmalarında nebati esaslı kesme sıvılarının işleme üzerine etkileri konulu araştırma yapmıştır. İncelemiş oldukları kesme sıvılarının formüllerini çıkararak üç adet, ham ve rafine ayçiçek yağından geliştirilen yağlar ve iki ticari tip soğutma yağlarının performansları HSS-E kesicisi ile AISI 304 üzerinde oluşan kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüklerini incelenmiştir. Deneyleri L9 ortogonal olarak tasarlanmış sonuçlar ise regresyon analizi ve ANOVA analiz yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Meena ve Masori [3], yeni bir üretim teknolojisi ile geliştirilen, yeşil östemperlenmiş sfero ADI derecesi çelik üzerinde TiAlN-kaplı tungsten karbür matkap kullanarak işlenebilirliğini araştırmışlardır. Kesim parametrelerinin kesme kuvveti katsayısına etkisini, talas morfolojisini ve kesilen yüzey bütünlüğünü incelemişlerdir. Sonuçlar uzama yüzdesi olarak ASTM derece 2 ADI ile fakat yeni ADI'nın mukavemet özellikleri bakımından, ASTM derece 1 ADI ile karşılaştırılabilir olduğunu göstermiştir.

Giyot ve arkadaşları [4], kesme ve ilerleme hızı parametrelerinin, kaplama ve takım geometrisi arasındaki mevcut ilişkileri alüminyum alaşımları üzerinde takım ömrü ve süreç kalitesini artırmayı hedefleyen çalışma yapmışlardır. Wang ve arkadaşları [5], AdvantEdge FEM yazılımında 3 farklı kesme kenarı olacak şekilde bilinenmiş K-derece karbür matkap simüle etmiştir. Bu çalışmada kesme kenarlarının, kesme kuvvetine ve torklarına etkisi çalışılmıştır.

Dalgalanma marjı, bilinen kenarlardaki yarıçap artışı ile düşerken, Z ekseninde kuvvet ve tork artışı olmuştur. 0,10mm yarıçapında bilinenmiş kenar kullandığı zaman dalgalanma marjı en küçük seviyede ve Z ekseninde kuvvet ve tork artışı maksimum olmuştur. De Oliveira ve arkadaşları [6], TiAlN kaplı sementit karbür matkabın takım geometri aşınmasını çalışmışlardır. Çalışmaları sonucunda takım uç yarıçapının takım geometrisi üzerinde etkili olduğu, yüzey kalitesini etkilediğini gözlemlemişlerdir. Medvedeva ve arkadaşları [7], sertleştirilmiş durumda nikel içeriğinin sıcak iş takım çeliği üzerinde işlenebilirliğine etkisini araştırmıştır. İncelemeler sonucunda nikel içeriğinin artırılması ile işlenebilirliğin iyileştiği, kesme kuvvetlerinin ve akma dayanımının azaldığı gözlemlenmiştir.

Son zamanlarda karşılaşılan kendinden raybalı matkaplar ise delme ve raybalama işini aynı anda yaptığını savunmaktadır. Bu yüzden ki her iki işi de yapan kendinden raybalı kaplamalı karbür matkap ve sadece kaplamasız karbür matkap ile sıcak sıcak iş takım çeliklerinden Dievar dereceli çelik üzerinde deneyler yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda elde edilen kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülükleri, ölçü tamlığı ve dairesellikten sapma miktarlarının değerleri ölçülmüş ve değerlendirilmiştir.

2 Deneysel Çalışmalar

Çalışmada kullanılan sıcak iş takım çeliği malzemenin kimyasal kompozisyonu Tablo 1'de verilmiştir. Bu malzemenin seçimindeki en büyük etken endüstride ağır tip sıcak iş kalıplarında yoğun olarak kullanılan bir malzeme olmasıdır. Çalışmada kullanılan malzemenin yüzey temizliği ve

paralelliğinin sağlanması CNC dik işlemede sağlanmış olup, delik öncesi pilot delik uygulaması yapılmamıştır.

Tablo 1. Dievar sıcak iş takım çeliği malzemenin kimyasal kompozisyonu (% oranı).

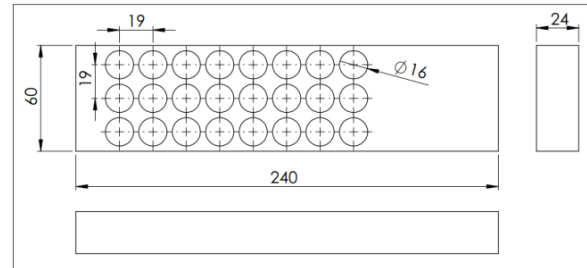
C	Mn	Cr	Mo	V
0,35	0,5	5,0	2,3	0,5

Kullanılan Dievar sıcak iş takım çeliğinin teslim ve kullanılan sertliği 160 HB'dir. Harici bir ısıl işleme tabi tutulmamıştır. Malzemenin fiziksel özellikleri ise Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Dievar sıcak iş takım fiziksel özellikleri (http://www.assab.com.tr/Dievar_TR.pdf) [11].

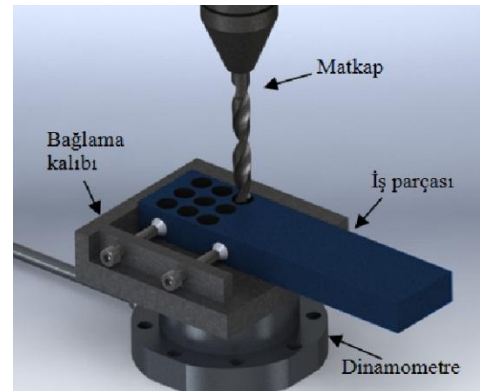
Sıcaklık °C	20	400	600
Yoğunluk	7,8	7,7	7,6
Isıl genleşme Katsayısı	-	12,7*10 ⁻⁶	13,3*10 ⁻⁶
Isıl iletkenlik (W/M°C)	-	31	32
Elastiklik Modülü	210500	180000	145000

Deney numuneleri 60x240x24 mm boyutlarında hazırlanmış Şekil 1'de verilen boyutlarda işlenmiştir.



Şekil 1. Deney numunesi.

Kuvvetleri ölçmek için kullanılan dinamometre, bağlama aparatı üzerine montajlanmıştır. Delme işlemi yapılan iş parçası, matkap ve dinamometre Şekil 2'de gösterilmiştir. Delikler tam boy olarak delinmiş kör delik olarak uygulanmıştır. Yapılan bağlantı kalıbı, boydan boya delmeye müsaade edecek şekilde parça altı boşluklu havuz olarak imal edilmiştir.

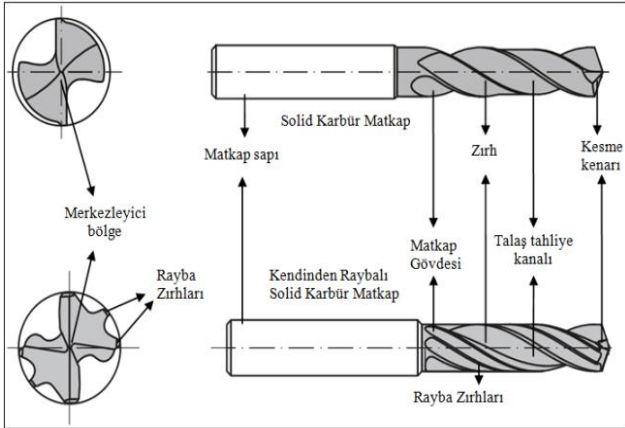


Şekil 2. Bağlantı aparatı ve bağlantı şekli.

CNC dik işlemede yapılacak deliklerde Ø16 mm çapında iki farklı cins karbür matkap kullanılmıştır. Takım geometrileri olarak kendinden raybalı karbür matkabın ve karbür matkabın formları Şekil 3'de gösterilmiştir. Kaplamasız takımlar ile takım çeliklerin delinmesi her zaman problem olmuştur. Genellikle kesici takım kırılmaları ile sonuçlanmıştır [8].

Takımlar her ikisinin de uç açısı (Ψ) 140° helis açısı (γ) 30°dir. Kendinden kaplamalı karbür matkabın kaplaması

TiAlN (Titanium Alüminyum Nitrid) olup, diğer karbür matkap ise kaplamasızdır.



Şekil 3. Solid karbür matkapların takım geometrileri [1].

2.1 Delik Delme İşlemleri

Dik işlemede deneyler JohnFord VMC-550 marka CNC dik işleme merkezinde yapılmıştır. Her iki kesici takım için kullanılan kesme parametreleri aşağıdaki Tablo 3'de verilmiştir. Delik işlemleri esnasında soğutma sıvısı kullanılmıştır.

Tablo 3. Deneylerde kullanılan kesme parametreleri.

İlerleme hızı (mm/dev)	Kesme hızı (m/dak)
0,16	36-40-44-48

Deneylerde ilerleme hızı sabit tutulmuştur. 4 farklı kesme hızı ve sabit ilerleme hızı ile deneyler gerçekleştirilmiştir. Her iki matkap türü içinde üretici firma kataloglarının kesme hız değerleri kullanarak yapılan ön çalışmada kesici takım kırılması ile sonuçlanmıştır. Esas çalışmada ise bu değerler dışına çıkmış olup, uzman tavsiyesi de dikkate alınarak, kesme hızları Tablo 3'de verilen aralıklarda seçilmiştir. Bütün deneylerde aynı kesici takım ve aynı kesme hızı parametresi ile numune üzerinde 3 adet delik açılmış, çıkan yüzeylerden ve işleme esnasında oluşan verilerin ortalama değerleri grafiklerde kullanılmıştır.

Kesme işlemi esnasında oluşan ilerleme kuvvetleri ve moment değerleri dinamometre ile ölçülmüştür. Deneyde işleme operasyonu bittikten sonra oluşan delik ve yüzeyleri üzerinde CMM (Coordinate Measuring Machine) ile oluşan delik geometrisinin çaptan sapma miktarları, dairesellikten sapma ölçülmüş, yüzey pürüzlülük cihazı ile de delik yüzeyinde oluşan delik pürüzlülük miktarları ölçülmüştür.

Delik yüzeyi ve delik formu mikron seviyesinde büyütüldüğü zaman mutlak yuvarlak pürüzsüz zemin yerine engebeli bir topoğrafı görülmektedir. Bu yüzey yapısının yükseklik ve oyuklarının ortalama miktarı yüzey pürüzlülüğünü vermektedir. İç yüzeyde çap muayenesi için yapılan ölçümlerde farklı topografi yüzey noktalarına temas edilerek ortalama değer üzerinden ölçüm sapması tayin edilmektedir. Yine yüzey üzerindeki pürüzlülüğün meydana getirmiş olduğu mutlak daire formu dışında oluşan ovallik, dairesellikten sapmanın bulunmasını sağlamaktadır. Pürüzlülük ve sapmaların ölçümü farklı makineler ve farklı yüzey noktalarından yapılmış olduğundan ve ölçüm cihazlarının problemlerinin aynı noktaya temas etme olasılıklarının çok düşük olduğundan dolayı bu değerler arasında matematiksel bir bağıntı bulunmamaktadır. Bazı tekrar deneylerinde elde edilen değerler diğer tekrarları ile aralarında açık ara mesafe bulunmaktadır. Ölçümler esnasında probun düzenli ilerleme

istikametine uygun olarak rastgele yüzeylerden ölçüm almasından dolayı kaynaklanmaktadır. Yapılan deneyler sonrası elde edilen değerler Tablo 4'de verilmiştir.

3 Deneysel ile İstatistiksel Analiz Sonuçları ve Tartışma

3.1 Deney ve İstatistiksel Analiz

DeneySEL çalışma sonucunda, elde edilen aksel kuvvetler, momentler, yüzey pürüzlülükleri, çaptan sapmalar ve dairesellikten sapma değerleri belirlenmiştir. Bu verilere kesme hızı ve matkap cinsinin etkisi, istatistiksel modelleme yapılarak araştırılmıştır. Aynı parametre değerleri ile yapılan 3 tekrar deneyin ortalama değerleri modeller de kullanılmıştır. MS Excel programı vasıtası ile ANOVA (analysis of variance/varyans analizi) ve doğrusal regresyon çözümü yapılmış grafik üzerinde ise doğrusal ve polinom eğri tamamlama ile oluşan eşitlikler ve R² değeri bulunmuştur. Aynı zamanda grafikler üzerinde % 10'luk artışına bağlı kalarak ileri 3 seviyede ön görülen tahmini değerler sunulmuştur. Yapılan bütün analizlerde "kendinden raybalı kaplamalı karbür matkap" ve "kaplamasız karbür matkap" değerleri nitel değerde oldukları kukla (dummy) değişken yolu kullanılarak hesaplamalarda raybalı matkap "1" kaplamalı matkap ise "0" değeri atfedilmiştir.

3.2 Aksel İlerleme Kuvvetinin Analizi

Aksel ilerleme kuvvetinin model özeti, ANOVA analizi, Tablo 5 ve Tablo 6'da verilmiştir.

Modelin belirlilik sayısı R² değerinin 0,961 olarak çıkması, kesme hızının ve kullanılan matkap cinsinin oluşan değerlerle olan ilişkisinin % 96,1 civarında olduğunu göstermektedir. Bu yüzden, yüzde yüze çok yakın olması bağın ne kadar kuvvetli olduğunu ifade etmektedir.

Tablo 5. Aksel ilerleme kuvveti modeli.

Regresyon İstatistikleri	
Çoklu R	0,980
R ²	0,961
Ayarlı R ²	0,945
Standart Hata	70,526
Gözlem	8

Tablo 6. Aksel kesme kuvveti için ANOVA tablosu.

ANOVA	SD	KT	KO	F	Anlamlılık F
Regresyon	2	611558	305779	61	0,000
Fark	5	24869	4974		
Toplam	7	636428			

	Katsayılar	Standart Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	3821,20	236,81	16,14	0,000
Matkap türü (Mt)	527,00	49,87	10,57	0,000
Kesme hızı (Vc)	-18,73	5,58	-3,36	0,020

ANOVA sonucunda elde edilen anlamlılık katsayısı 0,000 'ın 0,05'den küçük olmasından dolayı regresyon modelleri anlamlı olarak değerlendirilir. Kesme hızı ve matkap türü karşısında aksel kesme kuvveti (Cf) için oluşturulan doğrusal regresyon denklemleri Denklem 1'de verilmiştir.

$$Cf = 3821,2 + 527 Mt - 18,73Vc \quad (1)$$

Tablo 4. Deneylerde kullanılan kesme parametreleri.

Deney Kodu	İlerleme Miktarı (mm/dev)	Kesme Hızı (m/dak)	İlerleme Kuvveti (N)	Moment (Ncm)	Çap' tan Sapma (mm)	Dairesellikten Sapma (mm)	Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü (µm)
RM-1-1		36	3642	2003	0,041	0,018	1,632
RM-1-2		36	3542	2049	0,055	0,012	1,511
RM-1-3		36	3643	2119	0,045	0,014	1,852
RM-2-1		40	3589	1956	0,110	0,084	0,585
RM-2-2		40	3704	2038	0,065	0,032	1,240
RM-2-3	0,16	40	3399	2059	0,058	0,026	1,120
RM-3-1		44	3690	1970	0,109	0,310	1,659
RM-3-2		44	3593	2017	0,090	0,015	1,788
RM-3-3		44	3384	2027	0,089	0,028	3,265
RM-4-1		48	3625	2009	0,105	0,151	1,685
RM-4-2		48	3447	2003	0,098	0,141	1,731
RM-4-3		48	3485	1968	0,118	0,144	2,173
KM-1-1	0,16	36	3268	1970	0,040	0,035	4,070
KM-1-2		36	3105	1870	0,038	0,021	4,030
KM-1-3		36	3348	1960	0,057	0,015	4,222
KM-2-1		40	3100	1845	0,072	0,027	3,142
KM-2-2		40	2790	1705	0,054	0,012	3,961
KM-2-3		40	3345	1952	0,042	0,009	3,815
KM-3-1		44	3078	1782	0,063	0,012	3,683
KM-3-2		44	2765	1862	0,076	0,017	3,930
KM-3-3		44	2985	1682	0,052	0,025	3,862
KM-4-1		48	2671	1781	0,068	0,024	3,942
KM-4-2		48	3154	1667	0,080	0,021	3,840
KM-4-3		48	2814	1740	0,072	0,021	3,804

RM : Kendinden Raybalı TiAlN Kaplamalı matkap,
KM : Solid kaplamasız Karbür matkap.

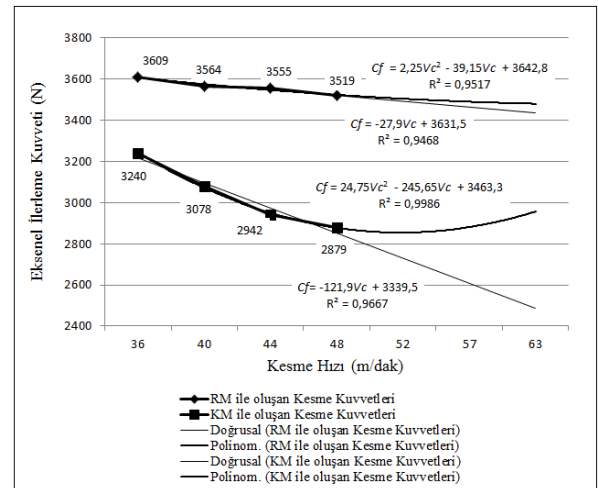
Şekil 4'de ise her bir kesici matkap türü için oluşturulmuş farklı regresyon modelleri ile eksenel kesme kuvveti'nin tahmin değerleri gösterilmektedir.

Modellemede polinom regresyon modelinin, esnekliğe müsaade edebilmesinden dolayı grafiğin deneyler sonrası tahmini değerleri diğer yöntemlere göre daha farklı çıkmıştır. Parabolün örnek almış olduğu 4 deney noktası, kesme hızının artması ile eksenel kuvvet üzerinde yeniden artış göstermiştir. Fakat doğrusal regresyon, yapısı itibari ile lineer çizgi esasl olduğundan dolayı bu esnekliği gösterememiştir. Bu esneklik aynı zamanda, eşitliğin bağımlı değişkenin ölçme gücünü belirleyen R² değerinde yüksek çıkarak polinom regresyon modelinin başarısını göstermiştir.

Kesme hızının artırılmasından dolayı artan kayma açısı, kesme esnasında oluşan ilerleme kuvvetlerinin değerleri, daha ince talaş kesiti ve temas uzunluğunun artmasından dolayı düşmesi beklenir [9].

Şekil 4'de kesme hızı 36 m/dak hızından 40 m/dak hıza geçişte kaplamasız karbür matkapta yaklaşık % 5 civarında, 40m/dak'dan 44 m/dak hıza geçişte % 5 civarında ve son artışta % 3'lük eksenel ilerleme kuvvetinde düşüş gözlemlenmiştir. Bu artışlar kendinden raybalı matkap ile yapıldığında başta % 2 daha sonra % 1 ve % 2 civarında ilerleme kuvvetinde azalma görülmüştür.

Şekil 4'de grafiklerde RM matkabın doğrusal regresyon analizinde R²=0,9468 olarak oluşmuş eşitlik ise "Cf=-27,9Vc+3631,5" şeklinde oluşmuştur.



RM: Kendinden Raybalı TiAlN Kaplamalı,
KM: Solid kaplamasız karbür matkap.

Şekil 4. % 10 Oranında artan uygulanmamış deney parametreleri karşısında eksenel ilerleme kuvveti değişim grafiği değerleri.

Polinom regresyon olarak ise " $R^2 = 0,9517$ " çıkmış eşitlik ise " $Cf = 2,25 Vc^2 - 39,15Vc + 3642,8$ " şeklinde olmuştur. R^2 'leri incelendiğinde her iki değerinde 1'e çok yakın olduğunu fakat polinom regresyon değerinin daha yakın olduğu görülmektedir.

Şekil 4'de grafiklerde KM matkapta ise doğrusal regresyon analizinde $R^2=0,9667$ olarak çıkmış eşitlik ise " $Cf=-121,9 Vc+3339,5$ " şeklinde olmuştur. Polinom regresyon olarak ise " $R^2=0,9986$ " çıkmış eşitlik ise " $Cf=24,75Vc^2-245,65Vc+3463,3$ " şeklinde olmuştur. R^2 'ler incelendiğinde her iki değer birbirine çok yakın olsa da 0,9986'lık değerle polinom değerinin daha güvenilir sonuç verdiği görülmektedir.

3.3 Moment Değerinin Analizi

Moment değerinin model özeti, ANOVA analizi, Tablo 7 ve Tablo 8'de verilmiştir. Modelin belirlilik sayısı R^2 değerinin 0,939 olarak çıkması, kesme hızının ve kullanılan matkap cinsinin oluşan moment değeri ile olan ilişkisinin % 93,9 civarında olduğunu göstermektedir. Bu belirlilik sayısı da denklemin bağımlı değişkeni ölçme gücünün kuvvetli olduğunu ispatlamaktadır.

Tablo 7. Moment değerinin modeli.

Regresyon İstatistikleri	
Çoklu R	0,969
R^2	0,939
Ayarlı R^2	0,915
Standart Hata	35,836
Gözlem	8

Tablo 8. Moment değeri için ANOVA tablosu.

ANOVA	SD	KT	KO	F	Anlamlılık F
Regresyon	2	99259	49630	38,6	0,000
Fark	5	6421	1284,2		
Toplam	7	105681			

	Katsayılar	Standart Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	2277,2	120,3	18,92	0,000
RM	200,2	5,3	7,90	0,000
Kesme hızı (Vc)	-10,9	2,8	-3,86	0,010

ANOVA sonucunda elde edilen anlamlılık katsayısı 0,000'nin 0,05'den küçük olmasından dolayı regresyon modeli anlamlı sayılmaktadır. Sistemin Moment değeri (Mo) için oluşturulan doğrusal regresyon denklemleri Denklem 2' de verilmiştir.

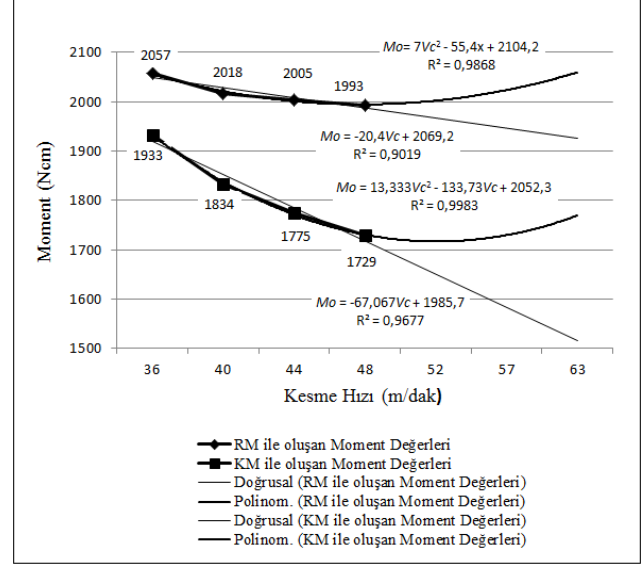
$$Mo = 2277,2 + 200,2RM - 10,9 Vc \quad (2)$$

Şekil 5'de deney olarak gerçekleştirilmeyen, % 10 artışa bağlı olarak artırılan kesme hızı parametrelerinin farklı regresyon modelleri ile moment değerlerinin tahmin değerleri gösterilmektedir.

Şekil 5'de kaplamasız karbür matkapın kesme hızının artması ile ilk önce % 6 civarında daha sonraki artışta ise % 4 ve % 3 civarında, kendinden raybalı matkapta da sırasıyla % 2, % 1, % 1 civarında moment oluşumunda düşüş görülmüştür. Grafiklerden de anlaşıldığı gibi solid karbür matkap tarafından oluşturulan moment değerlerinin kendinden raybalı matkapın değerlerinden daha iyi olduğu görülmektedir. Deney sonuçlarına bağlı olarak oluşan eğrilerin esneklik yeteneklerine bağlı olarak farklı eğilimler gözlemlenmiştir. Doğrusal eğri fonksiyonu yapı itibarı ile lineer çizgi esaslı olduğundan dolayı hızın artması ile oluşan moment değerinin

de düşmesini işaret etmesine rağmen polinom eğrisi yaklaşık 53 m/dak hızından sonra oluşan moment değerinin artışa geçeceğini göstermektedir.

Şekil 5'de grafiklerde RM matkapın doğrusal regresyon analizinde $R^2=0,9019$ olarak oluşmuş eşitlik ise " $Mo=-20,4Vc + 2069,2$ " şeklinde oluşmuştur.



Şekil 5. % 10 Oranında artan uygulanmamış deney parametreleri karşısında moment değer değişim grafiği.

Polinom regresyon olarak ise " $R^2 = 0,9868$ " çıkmış eşitlik ise " $Mo=7Vc^2-55,4 Vc+2104,2$ " şeklinde olmuştur. R^2 'ler incelendiğinde polinom regresyon değerinin 1'e daha yakın olduğu görülmektedir. KM matkapta ise doğrusal regresyon analizinde $R^2= 0,9677$ olarak oluşmuş eşitlik ise " $Mo=-67,067 Vc+1985,7$ " şeklinde oluşmuştur. Polinom regresyon olarak ise " $R^2 = 0,9983$ " çıkmış eşitlik ise " $Mo=13,333 Vc^2 - 133,73 Vc+2052,3$ " şeklinde olmuştur. R^2 'ler incelendiğinde her iki değer birbirine çok yakın olsa da 0,9983'lük değerle polinom değerinin daha güvenilir sonuç verdiği görülmektedir.

3.4 Yüzey Kalitesinin Analizi

Yüzey kalitesinin değerlerinin model özeti, ANOVA analizi, Tablo 9 ve Tablo 10'da verilmiştir.

Modelin belirlilik sayısı R^2 değerinin 0,948 olarak çıkması, kesme hızının ve kullanılan matkap cinsinin oluşan yüzey kalitesi değeri ile olan ilişkisinin % 94,8 civarında olduğunu aradaki bağın nispeten fazla kuvvetli olmadığını göstermektedir.

ANOVA sonucunda elde edilen anlamlılık katsayısı 0,001 'in 0,05'den küçük olmasından dolayı regresyon modeli anlamlıdır. Sistemin yüzey pürüzlülüğü (Yp) için oluşturulan doğrusal regresyon denklemleri Denklem 3' de verilmiştir.

$$Yp = 3,425 - 2,290 RM + 0,010 Vc \quad (3)$$

Şekil 6'da deney olarak gerçekleştirilmeyen %10 artışa bağlı olarak artırılan kesme hızı parametrelerinin farklı regresyon modelleri ile yüzey pürüzlülüğü değerlerinin tahmin değerleri gösterilmektedir.

Yapılan deneylerde farklı parametreler sayesinde talaş kopması, talaş nakliyesi ve oluşan farklı sıcaklık değerlerin etkilemiş olduğu yüzeyler oluşmuştur. Deneyde kullanılan parametrelere bağlı olarak oluşan yüzey pürüzlülük

değerlerinin (Ra) grafikleri Şekil 6'da grafik olarak sunulmuştur.

Kendinden raybalı matkabın 40 m/dak kesme hızında elde etmiş olduğu değer diğer kesme hızlarına göre daha pürüzsüz bir yüzey oluşturmuştur. Bununla beraber yine 40 m/dak kesme hızında solid karbür matkap diğer kesme hızlarına göre yaklaşık % 5'lik bir değer ile daha az pürüzlülük değeri elde etmiştir. İki kesici takım elde edilen en iyi değerleri ile mukayese edildiği zaman yaklaşık % 270'e varan fark görülmektedir. Bu farkın ise kendinden raybalı matkabın, solid karbür matkaptan farklı olarak içermiş olduğu rayba zırhı ve kaplaması faktörü olarak yorumlanabilir. Deneylere bağlı olarak oluşan eğrilerde genel itibari ile kesme hızının artışı ile yüzey pürüzlülüğünün de artışı görülmüştür.

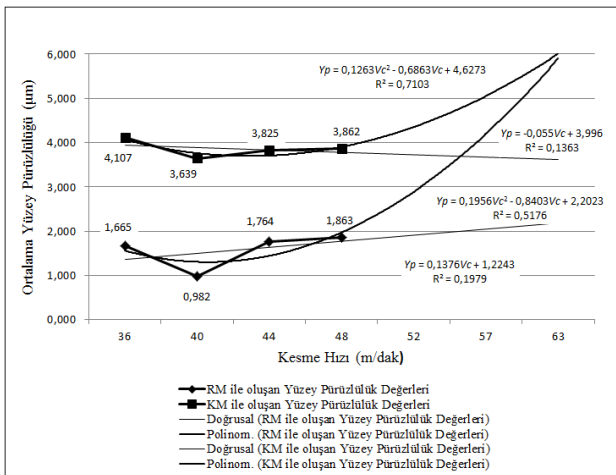
Tablo 9. Yüzey kalitesi modeli.

Regresyon İstatistikleri	
Çoklu R	0,974
R ²	0,948
Ayarlı R ²	0,928
Standart Hata	0,338
Gözlem	0,974

Tablo 10. Yüzey Kalitesi değeri için ANOVA tablosu.

ANOVA	SD	KT	KO	F	Anlamlılık F
Regresyon	2	10,505	5,253	45,861	0,001
Fark	5	0,573	0,115		
Toplam	7	11,078			

	Katsayılar	Standart Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	3,425	1,136	3,014	0,030
RM	-2,290	0,239	9,569	0,000
Kesme hızı (Vc)	0,010	0,027	0,386	0,715



Şekil 6. % 10 Oranında artan uygulanmamış deney parametreleri karşısında ortalama yüzey pürüzlülüğü değişim grafiği.

Şekil 6'da grafiklerde RM matkabın doğrusal regresyon analizinde "R²=0,1363" olarak oluşmuş eşitlik ise "Yp=-0,055Vc + 3,996" şeklinde oluşmuştur. Polinom regresyon olarak ise "R² = 0,7103" çıkmış eşitlik ise "Yp=0,1263 Vc² - 0,6863Vc + 4,6273" şeklinde olmuştur. R²'ler incelendiğinde polinom regresyon değerinin açık ara 1'e daha

yakın olduğu görülmektedir. KM matkapta ise doğrusal regresyon analizinde R² = 0,1979 olarak oluşmuş eşitlik ise "Yp=0,1376Vc+1,2243" şeklinde oluşmuştur. Polinom regresyon olarak ise "R²=0,5176" çıkmış eşitlik ise "Yp = 0,1956Vc²-0,8403Vc + 2,2023" şeklinde olmuştur. R²'ler incelendiğinde polinom değerinin lineere göre daha iyi bir sonuç verdiğini fakat % 51,76'lık değerinin güçlü bir değer olmadığı da görülmektedir.

3.5 Çaptan Sapma Analizi

Çaptan sapma değerlerinin model özeti, ANOVA analizi, Tablo 11 ve Tablo 12'de verilmiştir.

Modelin belirlilik sayısı R² değerinin 0,892 olarak çıkması, kesme hızının ve kullanılan matkap cinsinin oluşan çaptan sapma değeri ile olan ilişkisinin % 89,2 civarında olduğunu göstermektedir. Bu yüzdelik değerde aradaki bağı kuvvetli olduğunu göstermektedir.

Tablo 11. Çaptan sapma değerinin modeli.

Regresyon İstatistikleri	
Çoklu R	0,944
R ²	0,892
Ayarlı R ²	0,848
Standart Hata	0,009
Gözlem	8

Tablo 12. Çaptan Sapma değeri için ANOVA tablosu.

ANOVA	SD	KT	KO	F	Anlamlılık F
Regresyon	2	0,003	0,002	20,597	0,000
Fark	5	0,000	0,000		
Toplam	7	0,004			

	Katsayılar	Standart Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	-0,093	0,029	-3,191	0,024
RM	0,022	0,006	3,642	0,015
Kesme hızı (Vc)	0,004	0,001	5,285	0,003

ANOVA sonucunda elde edilen anlamlılık katsayısı 0,000 'in 0,05'den küçük olmasından dolayı regresyon modeli anlamlıdır. Sistemin çaptan sapma (Çs) için oluşturulan doğrusal regresyon denklemleri Denklem 4' de verilmiştir.

$$\text{Çs} = -0,093 + 0,022 \text{ RM} + 0,004 \text{ Vc} \quad (4)$$

Şekil 7'de deney olarak gerçekleştirilmeyen, % 10 artışa bağlı kalarak artırılan kesme hızı parametrelerinin farklı regresyon modelleri ile çaptan sapmaların tahmin değerleri gösterilmektedir. Form boşaltma işleminde genelde tasarlanan geometrinin arzu edilen formda ve istenilen pozisyonda olması istenilir. Bu yapılan işlemin sıhhati için çok önemlidir. Şayet elde edilen geometrik form kabul edilebilir toleranslar içinde değil ve kurtarılmaya şansı varsa düzeltme işlemi, kalmamış ise işlem tekrarı gerektirmektedir. Bu da zaman, maliyet ve farklı yönlerde daha çok maliyet doğurmaktadır. Yapılan işlerin kalite kontrolü esnasında geometrik formların

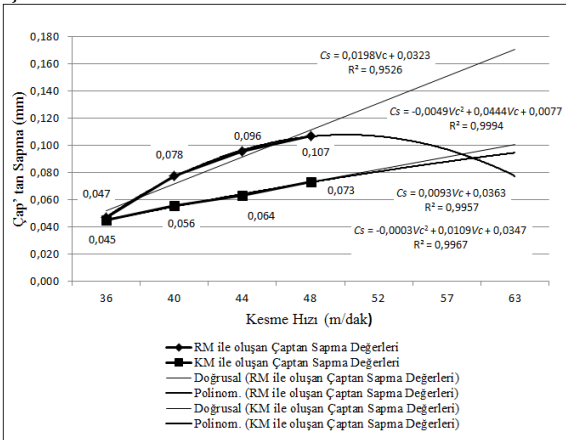
ışlendikten sonraki durumlarının muayenesi kalite kontrolün esas konularından biridir.

Yapılan deneylerde farklı kesme hızlarında elde edilen değerlerin grafiksel değerleri yukarıdaki Şekil 7'de gösterilmiştir. Şekil 7'de 36 m/dak kesme hızından sırası ile 40 m/dak ve daha sonra 44 m/dak ve 48 m/dak hızlarına geçişlerde kaplamasız karbür matkapta % 65, % 23, % 14'lük bir artış, aynı kesme hızı artışları karşısında kendinden raybalı matkap % 19, % 14, % 11 civarında bir çaptan sapma görülmüştür.

Grafik sonuçlarından kesme hızının düşmesi ile tolerans değerlerinin de düştüğü belirlenmiştir. Fakat kaplamasız solid karbür matkabın oluşturmuş olduğu değerlerin kendinden raybalı matkaba göre, yüksek kesme hızlarında çaptan sapmada yaklaşık % 50 civarında daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

Her ne kadar yüzey pürüzlülüğü değerlerinde her iki matkap türü içinde en iyi sonuç 40 m/dak hızında alınmış olsa bile çaptan sapma değerinde oluşan en iyi değer 36 m/dak hızında olduğu görülmektedir. Bu durum malzeme iç yapısının matkap ucuna karşı göstermiş olduğu tepki farklılıkları olarak yorumlanabilir. Fakat kendinden raybalı matkabın normal karbür matkaba göre yüksek hızlarda daha başarısız sonuç göstermesi Dievar malzemesinin yumuşak olması ve matkap üzerindeki fazladan rayba zırlarının nispeten olumsuz sonuç doğurduğunu göstermiştir.

Çap değerinden göstermiş olduğu farklı değer ile yüzey pürüzlülüğü arasında yakın bir ilişki olmasından dolayı çaptan sapma ve yüzey pürüzlülüğü olarak değerlendirildiğinde en iyi değer 36 m/dak ile 40 m/dak arasında alınabileceği anlaşılmaktadır



Şekil 7. % 10 Oranında artan uygulanmamış deney parametreleri karşısında ortalama çaptan sapma değişim grafiği.

Şekil 7'de grafiklerde RM matkabın doğrusal regresyon analizinde $R^2=0,9526$ olarak oluşmuş eşitlik ise " $\text{Çs}=0,0198Vc+0,0323$ " şeklinde oluşmuştur. Polinom regresyon olarak ise " $R^2=0,9994$ " çıkmış eşitlik ise " $\text{Çs}=-0,0049Vc^2+0,0444Vc+0,0077$ " şeklinde olmuştur. R^2 'ler incelendiğinde polinom regresyon değerinin 1'e daha yakın olduğu görülmektedir.

Şekil 7'de grafiklerde KM matkapta ise doğrusal regresyon analizinde $R^2=0,9957$ olarak oluşmuş eşitlik ise " $\text{Çs}=0,0093Vc+0,0363$ " şeklinde oluşmuştur. Polinom regresyon olarak ise " $R^2=0,9967$ " çıkmış eşitlik ise " $\text{Çs}=-0,0003Vc^2+0,0109Vc+0,0347$ " şeklinde olmuştur. R^2 'ler incelendiğinde her iki değer birbirine çok yakın olsa da

0,9967'lik değerle polinom değerinin daha güvenilir sonuç verdiği görülmektedir.

3.6 Dairesellikten Sapma Analizi

Dairesellikten sapma değerlerinin model özeti, ANOVA analizi, Tablo 13 ve Tablo 14'de verilmiştir.

Modelin belirlilik sayısı R^2 değerinin 0,892 olarak çıkması, kesme hızının ve kullanılan matkap cinsinin oluşan dairesellik değeri ile olan ilişkisinin % 89,2 civarında olduğunu göstermektedir. Bu yüzdelik değerde aradaki bağımlı nispeten kuvvetli olmadığını göstermektedir.

Tablo 13. Dairesellikten sapma değerinin modeli.

Regresyon İstatistikleri	
Çoklu R	0,830
R^2	0,689
Ayarlı R^2	0,564
Standart Hata	0,034
Gözlem	8

Tablo 14. Dairesellikten sapma değeri için ANOVA tablosu.

ANOVA	SD	KT	KO	F	Anlamlılık F
Regresyon	2	0,013	0,006	5,536	0,054
Fark	5	0,006	0,001		
Toplam	7	0,019			

	Katsayılar	Standart Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	-0,221	0,114	-	0,110
RM	0,061	0,024	2,551	0,051
Kesme hızı (Vc)	0,006	0,003	2,136	0,086

ANOVA sonucunda elde etmiş olduğumuz anlamlılık katsayısı 0,054 'ın 0,05'den büyük olmasından dolayı regresyon modeli anlamlı değildir. Sistemin dairesellikten sapma (Ds) için oluşturulan doğrusal regresyon denklemleri Denklem 5'de verilmiştir.

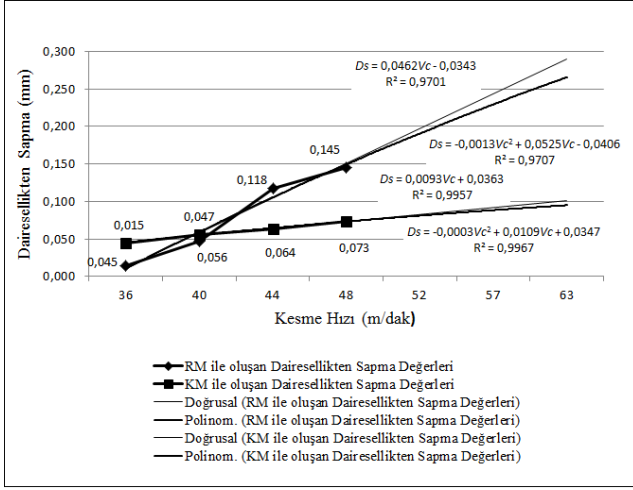
$$Ds = -0,221 + 0,061 RM + 0,006 Vc \quad (5)$$

Şekil 8'de deney olarak gerçekleştirilmeyen, % 10 artışa bağlı olarak artırılan kesme hızı parametrelerinin farklı regresyon modelleri ile dairesellikten sapmaların tahmin değerleri gösterilmektedir. Oluşan eğriler kesme hızının artışı ile orantılı olarak yükselme eğilimi içindedirler. Dairesellikten sapma grafiğinde yüzey pürüzlülük değerinden farklı biçimde normal karbür matkap raybalı matkaba göre daha başarılı sonuçlar çıkarmıştır. Bunun nedeni olarak ise malzemenin yumuşak olması ve rayba zırlarının tasarım geometrisinden dolayı sapma değerini artırdığı gösterilebilir.

Şekil 8'de ise kesme hızının artması ile kaplamasız karbür matkabın dairesellikten saptasının -% 33, % 12,5, % 22 oranında azalıp ve arttığı, kendinden raybalı matkap için ise % 213, % 151, % 22 oranında arttığı görülmüştür.

Grafikler yorumlandığında kaplamasız solid karbür matkabın oluşturmuş olduğu değerlerin kendinden raybalı matkaba göre, yüksek kesme hızlarında dairesellikten saptada yaklaşık % 550 civarında daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. Dairesellikten saptada yaklaşık % 60'a varan daha iyi yönde

kendinden raybalı matkabın olumlu işler yaptığı görülmektedir. Şekil 8'de grafiklerde RM matkabın doğrusal regresyon analizinde " $R^2 = 0,9701$ " olarak oluşmuş eşitlik ise " $Ds=0,0462Vc-0,0343$ " şeklinde oluşmuştur.



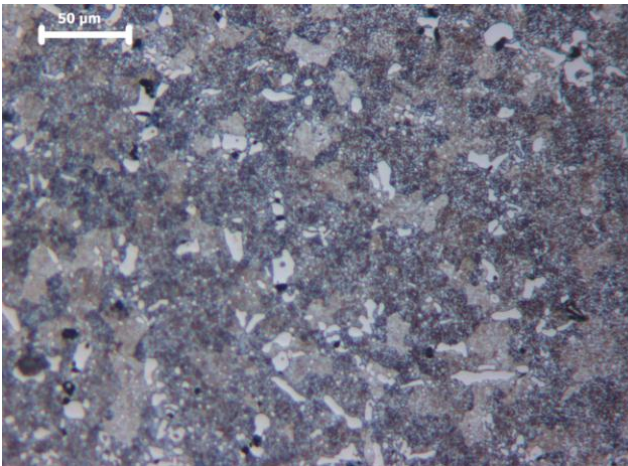
Şekil 8. %10 Oranında artan uygulanmamış deney parametreleri karşısında ortalama dairesellikten sapma değişim grafiği.

Polinom regresyon olarak ise " $R^2=0,9707$ " çıkmış eşitlik ise " $Ds = -0,0013Vc^2 + 0,0525Vc - 0,0406$ " şeklinde olmuştur. R^2 ler incelendiğinde polinom regresyon değerinin çok küçük bir ara ile 1'e daha yakın olduğu görülmüştür.

Şekil 8'de grafiklerde KM matkapta ise doğrusal regresyon analizinde " $R^2=0,9957$ " olarak oluşmuş eşitlik ise " $Ds=0,0093Vc+0,0363$ " şeklinde oluşmuştur. Polinom regresyon olarak ise " $R^2=0,9967$ " çıkmış eşitlik ise " $Ds=-0,0003Vc^2+0,0109Vc+0,0347$ " şeklinde olmuştur. R^2 ler incelendiğinde polinom değerinin doğrusala göre daha iyi bir sonuç verdiği görülmektedir.

4 Yüzey Sem Görüntüleri

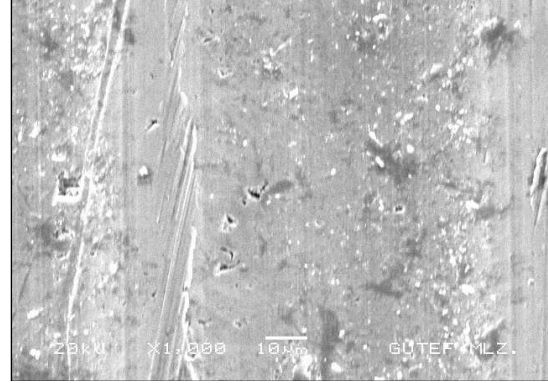
Elde edilen yüzey morfolojileri incelendiğinde genel bir değerlendirme yapılabilir olursa; Deney numunesinin hazırlanmış olduğu ana malzemenin mikro yapısı (Şekil 9) elde edilen delik yüzeyleri ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 9. Malzemenin mikro yapısı [10].

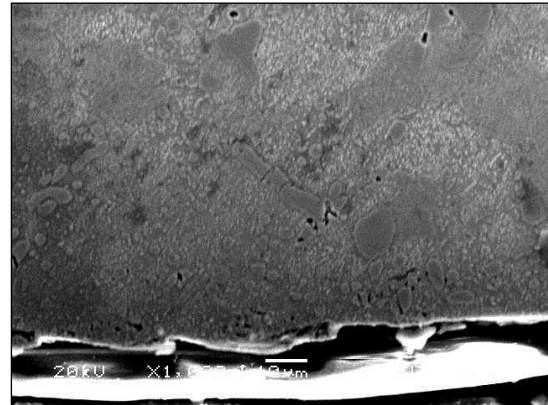
Kaplamasız karbür matkappa elde edilen delik yüzeylerinde deformasyon miktarının yoğunluğu, bunun sonucunda delik yüzeyinde belirgin bir kaba yapının ortaya çıktığı görülmektedir (Şekil 10 ve Şekil 11).

Raybalı matkapta ise daha iyi kalitede delik yüzeyinden söz etmek mümkündür (Şekil 12 ve Şekil 13).

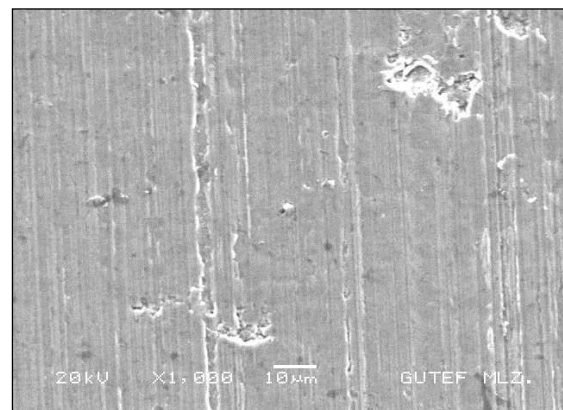


Şekil 10. Kaplamasız karbür matkappa elde edilen delik alın yüzey SEM görüntüsü [10].

Matkappa delinerek elde edilen yüzey mikro yapısı incelendiğinde işlemin özelliğinden kaynaklanan deformasyon etkisi ile oluşmuş aşırı dalgalı ve bozuk bir yapıdan söz etmek mümkündür. Delik kenar yüzeyinde yapısal bozukluklar açık bir şekilde gözlenmektedir. Delik yüzey yapısı SEM fotoğrafları incelendiğinde derin yarık ve çatlakların dışında kopmuş parçacıkların taşınırken yapıstıkları dalgalı aşırı bozuk bir yüzey gözlenmektedir.



Şekil 11. Kaplamasız karbür matkappa elde edilen delik kesit yüzey SEM görüntüsü [10].

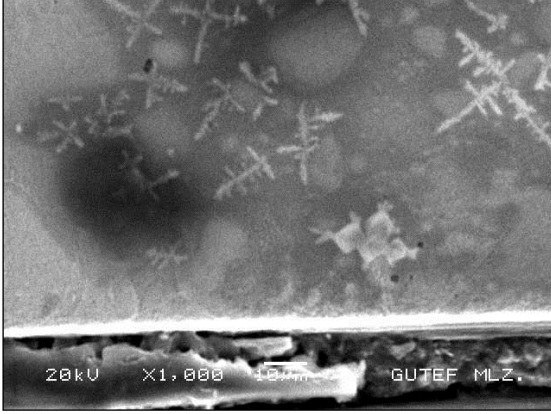


Şekil 12. Kendinden raybalı TiAlN kaplamalı matkappa elde edilen delik kesit yüzey SEM görüntüsü [10].

Delik kenar yapısı ve işlemin etkilediği bölgeler incelendiğinde kopmuş parçacıkların oluşturduğu çok dalgalı ve aşırı kaba bir delik yüzey kalitesi gözlenmekte olup, işlemin deforme ettiği bölge çok açık bir şekilde gözlenmektedir. Matkappa elde

edilen bitirme yüzeyinin diğer bitirme işlemlerine göre çok kötü olduğu görülmektedir [10].

Raybalanarak elde edilen yüzey mikro yapısı incelendiğinde delik kesiti incelendiğinde delme ve tornalama işlemlerine oranla daha düzgün fakat kaba bir yapı gözlenmektedir. Delik SEM fotoğrafları incelendiğinde küçük kanal ve çizgilerin oluşturduğu, küçük parçacıkların koparak oluşturduğu bir yüzey gözlenmektedir.



Şekil 13. Kendinden raybalı TiAlN kaplamalı matkap ile elde edilen delik kesit yüzey SEM görüntüsü [10].

Delik kesit kalitesi ve delik işleminin derinliğini de SEM fotoğrafında belli bir derinliğe kadar deformasyon etkisi gözlenmekte olup, hafif dalgalı bir kesitten söz etmek mümkün görülmektedir [10].

5 Sonuçlar

Sıcak iş takım çeliği üzerinde farklı nitelikteki kesiciler ile delik delme sureti ile talaş kaldırarak elde edilen değerler ışığında ulaşılan sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Kesme esnasında oluşan kuvvet ve momentlerin kendinden raybalı matkapta daha fazla görülmesi, kesme zırhının yanı sıra raybalama zırhının da kesme esnasında senkron şekilde talaş kaldırmaya zorlamasıdır.

Deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri bakımından incelendiğinde kendinden raybalı matkabın ve karbür matkabın 40 m/dak hızında diğer kesme hızlarına nispeten daha pürüzsüz bir yüzey verdiği görülmüştür. Fakat kendinden raybalı matkabın en iyi değerlerle bile karşılaştırıldığında yaklaşık % 270'e varan daha pürüzsüz bir değer elde edildiği görülmüştür.

Dairesellik ve çaptan sapma tolerans değerleri bakımından kendinden raybalı matkabın ve solid karbür matkabın yüzey pürüzlülüğünde 40 m/dak kesme hızında elde etmiş olduğu en iyi değerlere bu kez 36 m/dak kesme hızında elde edilmiştir. Yüksek kesme hızlarında her iki matkapta da tolerans değerlerinin arttığı görülmüş fakat kesme hızı düşürüldüğü zaman daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Her iki matkap tipinin de 40 m/dak hızında ve 36 m/dak hızlarında, farklı kriterler de elde edilen başarılı sonuçlar doğrultusunda delik kalitesi üzerinde ortalama anlamda başarılı sonuç için her iki değerin arası kullanılarak genel anlamda başarılı sonuç elde edilecektir.

Delik delme işleminde kullanılan iki tür takımdan kendinden raybalı matkap diğer matkaba göre daha maliyetli olsa da Raybalama süresinden elde etmiş olduğu tasarruf ve yüzey kalitesi ile diğer solid karbür matkaba nispeten daha iyi bir çözüm olmaktadır. Fakat sapma değerleri göz önüne

alındığında normal karbür matkabın işleme değerleri daha iyi çıkmış dolayısıyla işleme sonrası elde edilmesi gereken parametreler sonucunda kesici takım seçimi yapılmalıdır.

6 Teşekkür

Bu çalışmanın finansal desteğini sağlayan Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projelerine (GÜBAP 25/2011-06) teşekkür ederiz.

7 Kaynaklar

- [1] Özkul, İ., "Takım Çeliği Malzemelerin Geleneksel ve Modern İşleme Yöntemleri İle İşlenebilirliklerinin Araştırılması", *Yüksek lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1-45, 2012.
- [2] Kuram, E., Özcelik, B., Demirbas, E., Sik, E., & Tansel, I. "Evaluation of New Vegetable-Based Cutting Fluids on Thrust Force and Surface Roughness in Drilling of AISI 304 Using Taguchi Method". *Materials and Manufacturing Processes*, 26(9), 1136-1146, 2011.
- [3] Meena, A., & Mansori, M. M. "Drilling performance of green austempered ductile iron (ADI) grade produced by novel manufacturing technology." *International Journal Of Advanced Manufacturing Technology*, 59 (1-4), 9-19. doi:10.1007/s00170-011-3469-1, 2012.
- [4] Girot, F. F., Gutiérrez-Orrantia, M. E., Calamaz, M. M., & Coupard, D. D. "Modeling and adhesive tool wear in dry drilling of aluminum alloys." *AIP Conference Proceedings*, 1315 (1), 1639-1644. doi:10.1063/1.3552427, 2011.
- [5] Wang, T., Ke, Y., & Zhou, Y. "The Simulation of the Influence of Honed Edge Radius on the Cutting Force and Torque in Drilling 42CrMo with K-Grade Carbide Drill Bit". *Applied Mechanics And Materials*, 130 (1), 1779, 2011.
- [6] Oliveira, VV, PAD Beltrao, and G Pintaude. "Effect of tool geometry on the wear of cemented carbide coated with TiAlN during drilling of compacted graphite iron." *Wear* 271, No. 9-10 (n.d.): 2561-2569, 2012.
- [7] Medvedeva, A., Bergstrom, J., Gunnarsson, S., Krakhmalev, P., & Nordh, L. (n.d). "Influence of nickel content on machinability of a hot-work tool steel in prehardened condition". *Materials & Design*, 32 (2), 706-715, 2012.
- [8] Taylan, M., "Sertleştirilmiş Takım Çeliklerinin Delinmesinde Kesme Parametrelerinin Takım Aşınması ve Talaş oluşumuna Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi", *Yüksek lisans Tezi S.D.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü*, 2011, Isparta.
- [9] Soylu, A., "Bir Delme Dinamometresi Tasarım ve İmalatı İle Hss-1040 Malzeme Çiftinde İlerleme Kuvveti Ve Döndürme Momentinin Analizi", *Yüksek Lisans Tezi*, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 18-20, 2007.
- [10] Akkurt, A., "Comparison of Roller Burnishing and Other Methods of Finishing Treatment of The Surface of Openings in Parts From Tool Steel D3 for Cold Forming", *Metal Science and Heat Treatment*, Vol. 53, Nos. pp. 145-150, 3-4, July, 2011.
- [11] http://www.assab.com.tr/Dievar_TR.pdf (Erişim tarihi: 13.03.2012).
- [12] http://www.assab.com.tr/turkish/1152_TRK_HTML.htm (Erişim tarihi: 13.03.2012).