

KALIP ÇELİĞİNİN Al_2O_3+TiCN KAPLI KESİCİ TAKIMLARLA İŞLENEBİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

THE INVESTIGATION OF MACHINABILITY OF MOLD STEEL USING Al_2O_3+TiCN COATED CUTTING TOOLS

Mustafa **AY**¹, Serhat **ÇAKIR**², Gültekin **BASMACI**³, Ayhan **ETEMEZ**⁴

¹Teknoloji Fakültesi / Marmara Üniversitesi, muay@marmara.edu.tr

²Fen Bilimleri Enstitüsü / Marmara Üniversitesi, bozdogan.mustafa@hotmail.com

³Mühendislik Mimarlık Fakültesi/ Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, gbasmaci@mehmetakif.edu.tr

⁴Nikket Türkiye, ayhan@nikken.com.tr

ÖZET

Bu çalışmada, PMD 23 soğuk iş takım çeliği, çoklu-katmanla Al_2O_3+TiCN kaplamalı kesici takımlarla frezelenmesinde yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri deneysel olarak incelenmiştir. İlerleme oranı, kesme hızı ve talaş derinliği yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerine etkisi araştırılmıştır. Frezeleme işleminin optimizasyonu için Taguchi tekniği kullanıldı. Ayrıca, her bir parametrenin elde edilen sonuçlara etkisinin tayini içinde varyans analizi (ANOVA) kullanılmıştır. Son olarak bağımlı değişkenlerle bağımsız değişkenler arasındaki ilişki regresyon analizi ile modellenmiştir. Bu çalışma ile PMD 23 soğuk iş takım çeliği, çoklu-katmanla Al_2O_3+TiCN kaplamalı ile optimal işlenebilirliği tayin edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Takım Yolu Stratejileri, Taguchi, ANOVA, Regresyon Analizi

In this study, an experimental investigation on surface roughness and cutting forces in milling of PMD 23 cold work-tool steel using Al_2O_3+TiCN coated cutting tools is presented. The influences of the feed rate, revolution and depth of cut on surface roughness and cutting force have been examined. In order to optimize the milling process, Taguchi optimization method has been used. The influence of each parameter on obtained results has been determined by using analysis of variance (ANOVA). The relationship of the dependent parameters and independent parameters has been modeled with Regression analysis. The optimal machinability of PMD 23 cold work-tool steel using Al_2O_3+TiCN cutting tool will be successfully determined in this study.

Key Words: Cutting Path Strategies, Taguchi, ANOVA, Regression Analysis

1. GİRİŞ

İmalat yöntemleri içerisinde talaşlı imalat yöntemleri önemli bir yere sahiptir. Yüksek ölçüsel hassasiyet ve geometrik özelliklerin elde edilmesinde en verimli yöntemlerden bir tanesidir. Malzeme teknolojisindeki gelişmelerle yüksek mukavemete sahip malzemeler elde edilmiştir. Bu malzemeler üzerinden talaş kaldırma esnasında uygun kesici takımın seçimi maksimum verimliliğin sağlanması için şarttır [1-13]. Takım malzemesi ve kesme geometrisinin seçimi çok önemlidir. Takım uygun seçilmiş olsa bile işleme koşulları standart dışı ise verimlilik düşer. Yüksek verimliliğin ve ekonomik işleme yapabilmek için işlenecek malzeme ve kesici takım çeşitlerinin her biri ile ilgili teorik çalışmalar yapılması gerekir [1, 2, 6-8, 10].

Frezeleme işlemi talaşlı imalat yöntemleri arasında yaygın olarak kullanılır. Frezelemenin de birçok yöntemi vardır. Bu yöntemlerden bir tanesi olan yüzey frezeleme işlemi en çok kullanılan talaşlı imalat çeşididir. Yüzey frezeleme işlemi çeşitli özelliklere sahip çakımlarla yapılabildiği gibi insert uçlar kullanılarak işlenmesi yaygındır. Bu uçlar farklı özelliklere sahip malzemeleri işleme kabiliyetine sahiptir. Bu düşünceyi gerçekleştirmek için PMD 23 malzemesini farklı uçlar kullanarak deneye tabi tuttuk. Öncelikle PMD 23 malzemesi hakkında bilgi verelim. Bu malzeme toz metalürjisi ürünü soğuk iş çeliğidir. Bilinen %12 Cr lu çeliklerden aşınma dayanımı ve tokluğu kat kat fazladır. Kesme, delme, basma, şişirme yapan zimbalar ve kalıplarda farkı çok belli olur. Ayrıca freze, rayba gibi kesici takımlarda da çok iyi sonuçlar verir. 1.3343'e kıyasla kat kat fazla dayanım verir ve daha yüksek hızla çalışabilir.

Bu malzemeye benzer davranış gösteren östenik paslanmaz çelikler krom-nikel çeliklerin sınıfından oluşur ve çok yüksek korozyon direnci sağlar. Mükemmel mekanik özelliklerin geniş bir aralığı için başka alaşımlarla kullanılması önerilmez. Paslanmaz çeliklerin östenik grubu manyetik olmayan malzemelerdir ve soğuk işler için soğuk güçlendirilmelerine rağmen geleneksel ısı yönetim prosesi ile sertleştirilmez[14]. AISI 304 Östenik paslanmaz çeliği işleme zor olan malzeme grubu altında kategori edilir. Östenik paslanmaz çeliklerin işleme operasyonlarında genellikle takımın aşınma, krater yüzey ve düzensiz aşınma gibi durumlar oluşur[15].

Bu malzemenin zayıf işlenebilirliği, iş sertleştirme oranları, yüksek kırılmazlık dayanımı, yüksek eğilim gücü, yüksek süneklik ve çok düşük ısı iletkenliği gibi bazı sebepler durumu izah ediyor[15, 16]. Bu çeliğin çalışma sertliği takımın aşınma ve takımın hasarının artmasına sebep olacaktır. Çalışma sertliğinin takımın ömründeki etkisini azaltmak için bir yol vardır. Bu da sert bir takım ile yüksek ilerleme oranıdır[17].

Yüksek sertlikteki çeliklerin frezelenmesi takımın ömrünün azalmasına liderlik ediyor. Ek olarak, yer yer kesme boyunca soğutma tekrarlanması ve periyodik sıcaklık insertlerde mikro çatlak oluşmasına neden olur. Bu yüzden ısı iletkenlik gibi takım malzemelerinin ısı özellikleri sert malzemelerin frezelenmesinde çok önemli bir karakteristiktir. Takım sıcaklığının ölçümü, frezeleme için takımın uygulanabilirliğini değerlendirmek için gereklidir. Buna karşılık takımın sıcaklığını doğruca ölçmek zordur çünkü kesici takım yüksek hızda döner ve ölçü alanı ise küçüktür.

Literatürün büyük bir kısmında sertleştirilen çeliklerin yüksek hızda işlenmesi mevcuttur. Sertleştirilen çelikler ile alakalı literatürün büyük bir kısmı AISI H13 sıcak iş takım çeliğinden bahsediyor ve bu çelik kalıpların geniş bir aralıkta üretilmesinde ve sıcak matris formlarında kullanılır[18-24].

Bu çalışmamızda PMD 23 malzemesini CVD kaplamalı insertler kullanarak, farklı ilerleme ve talaş derinliğinde malzemenin işlenebilirliği incelenmiştir. Endüstriyel şartlar göz önüne alındığında hem bu deneyleri ekonomik şartlar ve zaman kısıntıları gözeterek en verimli bir şekilde gerçekleştirebilmek, hem de sonuçları doğru yorumlayıp optimum deneyle en iyi sonucu elde edebilmek için Taguchi Deney Tasarımı metodu kullanılmıştır.

2. MALZEME VE METOT

2.1. Deney Numunesi ve Deney Düzenliği

Endüstride kalıp sanayinde kullanılan PMD 23 soğuk iş takım çeliği; yüksek sıcaklık kararlılığı, ısı iletkenliği, tokluğu ve aşınma direncini kaybetmeyen bir malzemedir. PMD 23 soğuk iş takım çeliği ısı işleme sertleştirilebilmektedir. Deneyde kullanılan numuneler kare şeklinde olup, 135x70mm ve 50mm kalınlığındadır ve kimyasal özellikleri Tablo 1'de mekanik özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Deneyler de JOHNFORD VMC-850/550+APC CNC Fanuc 0T x-y-z eksenli CNC Freze tezgahı, 4XSGEO L9322 karbür çoklu-katmanla TiAlN kaplanmış parmak freze, yüzey pürüzlülüğü ölçmede MAHR-Perthometer yüzey pürüzlülük cihazı, kesme kuvveti ölçümü için KISTLER 9265B dinamometre, KISTLER 5019b tipi yük amplifikatörü ve analiz için DynoWare isimli yazılım programı kullanılmıştır.

Tablo 10: PMD 23'in kimyasal özellikleri

PMD23	C	W	Cr	V
Temel	1.30	6.40	4.2	3.10

Tablo 2: PMD 23'in mekanik özellikleri

Çekme Dayanımı (N/mm ²)	Çentik-Darbe Dayanımı (N/mm ²)	Uzama(%)	Sertlik(HRC)
460	530-650	24	25-36

2.2 Deney Tasarımı Ve Ölçme

Deney tasarımı Taguchi tekniği kullanılarak yapılmıştır. Böylece, daha az deney ile daha geniş kapsamlı sonuçlara ulaşmak mümkün olmuştur. Bu durumda, zaman ve maliyetten kazanım sağlanmıştır [25, 26]. Kalite karakteristiğini belirlerken, ölçülecek yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvveti oranlarının en az olması istendiğinden dolayı, deneyler sonucunda ulaşılmaması beklenen kalite değerlerinden, en küçük en iyidir prensibi uygulanmıştır. Bu deneysel çalışmada parametreler olarak, takımın yolu, ilerleme ve talaş derinliği seçilmiştir [27]. Tüm deneylerde

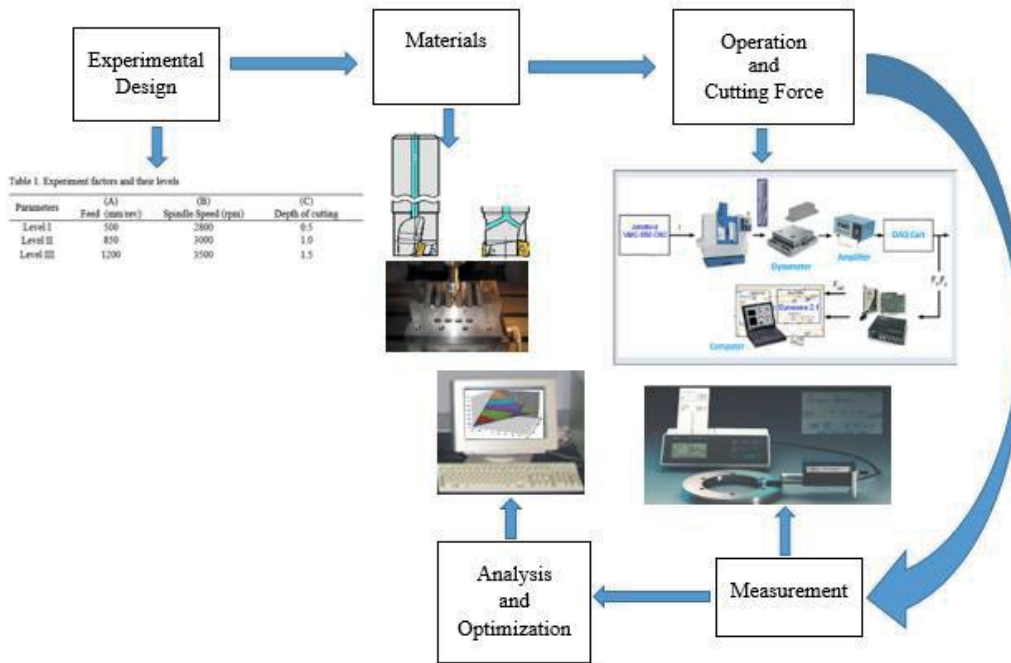
Çoklu-katmanla TiAlN kaplamalı karbür parmak frezeler kullanılmış, deneyde kullanılacak parametreler ve seviyeleri Tablo 3’de, L9 deney tasarımı ve deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri değerleri ise Tablo 4 ve 5 ‘de sunulmuştur. Deney düzeneğinin görüntüsü Şekil 1’de verilmiştir.

Tablo 3: Deney parametreleri ve seviyeleri

Parametreler	(A) İlerleme (mm/min)	(B) Devir Sayısı (dev/min)	(C) Kesme Derinliği (mm)
Seviye I	500	2800	0.5
Seviye II	850	3000	1.0
Seviye III	1200	3500	1.5

Tablo 4: L₉ Deney tasarımı

Deney No.	Değişkenler	(A) f (mm/min)	(B) N (dev/min)	(C) d (mm)
1	A ₁ B ₁ C ₁	1	1	1
2	A ₁ B ₂ C ₂	1	2	2
3	A ₁ B ₃ C ₃	1	3	3
4	A ₂ B ₁ C ₂	2	1	2
5	A ₂ B ₂ C ₃	2	2	3
6	A ₂ B ₃ C ₁	2	3	1
7	A ₃ B ₁ C ₃	3	1	3
8	A ₃ B ₂ C ₁	3	2	1
9	A ₃ B ₃ C ₂	3	3	2



Şekil 1: Deneyde Kullanılan İş Parçaları

3. DENEYSSEL BULGULAR VE TARTIŞMA

Yapılan deneysel çalışmada PMD 23 Soğuk iş takım çeliği malzemesi üzerinde çeşitli değişkenlerle kanal işlemek için çoklu-katmanlı Al_2O_3+TiCN kaplamalı karbür parmak frezelerle talaş kaldırılmıştır. Takım yolu, ilerleme ve talaş derinliği gibi parametrelerin yüzey kalitesine etkileri tespit edilmeye çalışılmıştır.

Aşağıda deneyler sonucu elde edilen yüzey pürüzlülüğü (R_a μm) ve kesme kuvveti (N) değerleri Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5: Yüzey Pürüzlülüğü (R_a μm), Kesme Kuvveti (N) Değerleri

Deney No.	Değişkenler	R_a (μm)	Kesme Kuvveti (N)
1	$A_1B_1C_1$	0,541	311
2	$A_1B_2C_2$	0,335	353
3	$A_1B_3C_3$	0,287	372
4	$A_2B_1C_2$	0,703	469
5	$A_2B_2C_3$	0,652	584
6	$A_2B_3C_1$	0,675	417
7	$A_3B_1C_3$	0,984	715
8	$A_3B_2C_1$	0,896	598
9	$A_3B_3C_2$	0,809	646

3.1. Yüzey Pürüzlülüklerinin Sonuçları Değerlendirilmesi

Yapılan deneysel çalışmada irdelenen konulardan biride işlenmiş yüzeylerin pürüzlülük değerleri olmuştur. Yıllardır yapılan çalışmalar sonucunda yüzey pürüzlülüğünün oluşumunda etkin parametreler belirlenmiş hatta bununla ilgili ampirik denklemler üretilmiştir.

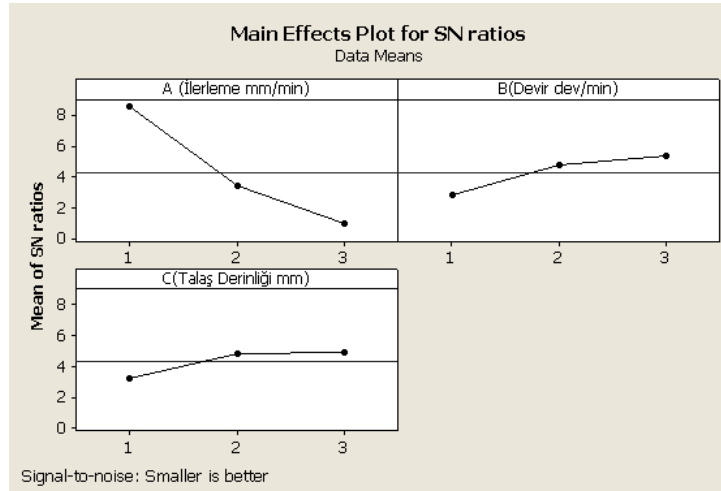
$$R_a = \frac{f \cdot r^2 \cdot 1000}{4D} \quad (2)$$

Burada, R_a : yüzey pürüzlülüğünü, f : ilerleme, r ise uç yarıçapını ve D : kesici takımın çapını ifade etmektedir [20]. Denklem 2’de görüldüğü gibi, R_a yüzey pürüzlülüğü değeri, ilerlemenin artışı ile artmakta, kesici takım uç yarıçapının artması ile de azalmaktadır. Ancak bu, çok genel bir denklemdir. Çalışmamızda elde edilen sonuçlar bu denklemle örtüşmüştür. Genel olarak, elde edilen pürüzlülük değeri, 0.287-0.984 μm arasında olmuştur ki bu değerler beklentileri karşılamaktadır. Yüzey pürüzlülük değerinin işleme parametrelerine göre S/N oranları aşağıdaki Tablo 6 ve Şekil 2’de sunulmuştur.

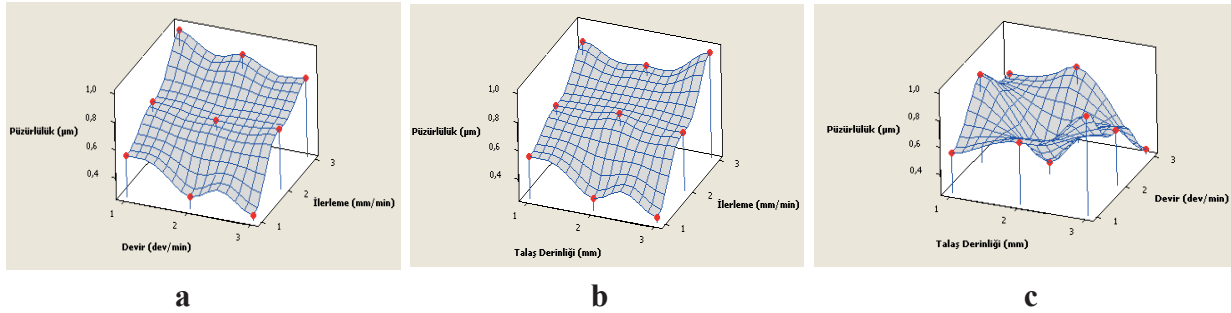
Tablo 6 ve Şekil 2’de görüldüğü gibi, yapılan dokuz deneyde elde edilen S/N oranına göre ilerleme 500 mm/min, devrin 3000 dev/min ve talaş derinliğinin de 1.5 mm olduğunda en iyi yüzey kalitesinin elde edildiği anlaşılmaktadır. Fakat yapılan deneylerde bu deney işlemi bulunmadığı için doğrulama deneyleri yapılacaktır. Bu durum, R_a ’daki değişimin ilerleme ve devirden hayli etkilenmekle birlikte, tamamen bu parametrelere bağlı olmadığını göstermektedir. Diğer parametreler ve etkileri Taguchi ile optimizasyon ve ANOVA bölümlerinde detaylı olarak incelenecektir.

Tablo 6: Yüzey pürüzlülük değerlerinin S/N oranları

Seviye	A(İlerleme mm/min)	B (Devir dev/min)	C(Talaş Derinliği mm)
1	0,3877	0,7427	0,7040
2	0,6767	0,6277	0,615
3	0,8963	0,5903	0,6410
$\Delta_{max-min}$	0,5087	0,1523	0,0883
Rank	1	2	3



Şekil 2: Yüzey Pürüzlülük Değerlerinin S/N Oranları



Şekil 3: a) Devir ve İlerlemenin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkileri b) Talaş Derinliği ve İlerlemenin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkileri c) Talaş Derinliği ve Devrin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkileri

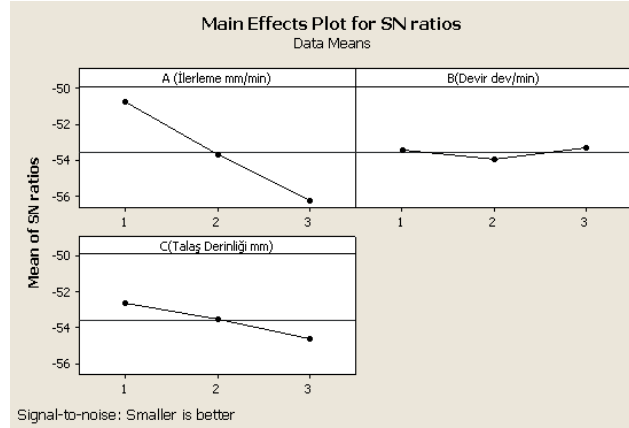
3.2. Kesme Kuvveti Sonuçları Değerlendirilmesi

Kistler dinamometre kullanılarak gerçekleştirilen kesme kuvveti ölçümleri ile elde edilen sonuçlar, kesme parametrelerinin kesme kuvvetlerine etkisinin anlaşılması açısından belirleyici olmuştur. Deneysel çalışmada elde edilen kesme kuvveti neticelerinden maksimum kesme kuvvetleri dikkate alınmıştır. Kesme kuvvetlerinin iyi tayin edilmesi hem iş parçası hem de kesici takım açısından önemlidir. Çünkü kesme kuvvetleri hem iş parçasını hem de kesici takımı etkilemektedir.

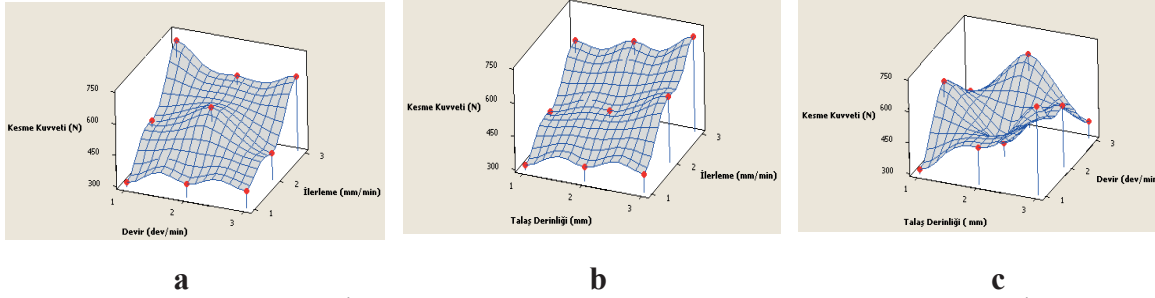
Genel olarak, elde edilen kesme kuvveti değerleri, 311-715 N arasında olmuştur. Kesme kuvveti değerinin işleme parametrelerine göre S/N oranları aşağıdaki Tablo 7 ve Şekil 6'da sunulmuştur. Tablo 7 ve Şekil 6'da görüldüğü gibi, yapılan dokuz deneyde elde edilen S/N oranına göre işleme parametrelerinin kesme kuvvetlerine etkileri incelendiğinde; ilerlemenin 500 mm/min, devirin 3500 dev/min ve talaş derinliğinin de 1,0 mm olduğunda en düşük kesme kuvvetinin elde edildiği anlaşılmaktadır. Fakat yapılan deneylerde bu deney işlemi bulunmadığı için doğrulama deneyleri yapılacaktır. Bu durum, kesme kuvvetindeki değişimin ilerleme, devir ve talaş derinliğinin artışından etkilendiği anlaşılmaktadır.

Tablo 7: Max. Kesme kuvveti değerlerinin S/N oranları

Seviye	A(İlerleme mm/min)	B (Devir dev/min)	C(Talaş Derinliği mm)
1	345,3	498,3	442,0
2	490,0	511,7	489,3
3	653,0	478,3	557,0
Delta	307,7	33,3	115,0
Rank	1	3	2



Şekil 4: Max. Kesme Kuvvetlerinin S/N Oranları



Şekil 5: a) Devrin ve İlerlemenin Kesme Kuvvetine Etkileri b) Talaş Derinliğinin ve İlerlemenin Kesme Kuvvetine Etkileri c) Talaş Derinliğinin ve Devrin Kesme Kuvvetine Etkileri

3.3. ANOVA ile Parametrelerin Değerlendirilmesi

PMD 23 Soğuk iş çeliği malzemesinin frezelenmesinde üç değişik faktör, üç değişik seviyede kullanılarak dokuz deney yapılmış ve bu deneylerin her birinden farklı Ra yanıt değerleri ölçülmüştür. Bu farklılıkların tamamen tesadüf mü yoksa faktörlerden mi kaynaklandığı ve her faktörün bu yanıtta etkisini belirlemek için varyans analizi kullanılmaktadır. Ortalama yüzey pürüzlülüğü değerlerinin varyans analizi sonuçları Tablo 8'de sunulmuştur. Tablo 8'de görüldüğü gibi, PMD 23 malzemesinin Al₂O₃+TiCN kaplamalı insertli parmak freze kesici takımları ile işlenmesi sonucu işlenen yüzeydeki pürüzlülüğün oluşumunda en etkili faktör % 88.59 ile ilerlemedir.

Tablo 8: Ra değerlerine göre ANOVA sonuçları

Notasyonlar	Serbestlik Derecesi	Karelerin Toplamı	Değişkenler	F oranı	Yüzde Oran (%)
A	2	0,390516	0,195258	139,56	88,59
B	2	0,037824	0,018912	13,52	08,58
C	2	0,012414	0,006207	4,44	02,81
Hata (e)	2	0,002798	0,001399		0,02
Toplam	8	0,443552			100

Ortalama yüzey pürüzlülüğü değerlerinin varyans analizi sonuçları Tablo 9'da sunulmuştur. Tablo 9'da görüldüğü gibi, PMD 23 malzemesinin Al₂O₃+TiCN kaplamalı takma uçlu parmak freze kesici takımlarla işlenmesi sonucu işlenen yüzeydeki pürüzlülüğün oluşumunda en etkili faktör % 86.74 ile ilerlemedir.

Tablo 9: Kesme kuvveti değerlerine göre ANOVA sonuçları

Notasyonlar	Serbestlik Derecesi	Karelerin Toplamı	Değişkenler	F oranı	Yüzde Oran (%)
A	2	142156	71078	81,72	86,74
B	2	1689	844	0,97	01,02
C	2	20044	10022	11,52	12,28
Hata (e)	2	1740	870		-0,04
Toplam	8	165629			100

3.4. Regresyon Modeli ile Ra Tahminsel Denklem Oluşturulması

Talaş kaldırma için kullanılan kontrol faktörleri (ilerleme, devir ve talaş derinliği) ile cevap (Ortalama yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvveti) arasında tahmini denklem oluşturma ve bunlar arasındaki ilişkiyi tanımlayabilmek için doğrusal regresyon analizi kullanılmıştır. Bu deneysel çalışma için elde edilen Ra denklemi aşağıda sunulmuştur.

$$\text{Yüzey Pürüzlülüğü} = 0,360 + 0,254 A - 0,0762 B - 0,0315 C + (\epsilon) = 0,967 \quad (3)$$

$$\text{Kuvvet (N)} = 93,4 + 154 A - 10,0 B + 57,5 C + (\epsilon) = 0,981 \quad (4)$$

Bu denklemde A ilerleme, B devir ve C talaş derinliğini sembolize etmektedir. Ayrıca, ϵ hatayı ifade etmektedir. Yüzey pürüzlülüğü denklemini belirleme katsayısı R^2 değeri 0.967 olarak elde edilmiştir. Kesme kuvveti denklemini belirleme katsayısı R^2 değeri 0.981 olarak elde edilmiştir.

3.5. Doğrulama Deneyle ve Sonuçları

Tahmini optimal modelde ortaya çıkan deney şartları, doğrulama amaçlı yapılmıştır. Güvenilirliğin sağlanabilmesi için doğrulama deneyi üç kez tekrar edilmiştir. Doğrulama deneyi sonucunda elde edilen yüzey pürüzlülük sonuçları ve tahmin modelinde çıkan sonuç aşağıda Tablo 10'da sunulmuştur. Tablo 10'da görüldüğü gibi, doğrulama deneyi neticesinde elde edilen ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri 0.397 μm . Tahmin modelinde sunulan sonuç ise 0.349 μm idi.

Tablo 10. Tahmin Edilen Ra Değeri ile Doğrulama Deneyi Sonuçlarının Kıyaslanması

Seviye	Tahmin Edilen	Deney sonucu
Ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri (μm)	$A_2B_1C_3$ 0,349	$A_2B_1C_3$ 0,397

Tablo 11'de görüldüğü gibi, doğrulama deneyi neticesinde elde edilen ortalama kesme kuvveti değeri 351,149 N. Tahmin modelinde sunulan sonuç ise 320,778 N idi. Bu sonuçlar göstermiştir ki, Taguchi optimizasyon yöntemi ile talaşlı imalatta imalat performansını arttırmaktadır. Yapılan çalışma neticesinde, Taguchi optimizasyon tekniğinin başarı ile uygulandığı görülmektedir. Böylece, PMD 23 Soğuk iş çeliği malzemesinin Al_2O_3+TiCN kaplamalı takma uçlu parmak freze kesici takımlarla işlenmesinde oluşan yüzey pürüzlülük değeri 0.397 μm 'a ve kesme kuvveti 351,149 N'a kadar indirilebilmiştir.

Tablo 11. Tahmin edilen kesme kuvveti değeri ile doğrulama deneyi sonuçlarının kıyaslanması

Seviye	Tahmin Edilen	Deney sonucu
Ortalama Kesme Kuvveti değerleri (N)	$A_3B_2C_1$ 320,778 N	$A_3B_2C_1$ 351,149 N

4. SONUÇLAR

PMD 23 soğuk iş çeliği malzemesinin Al_2O_3+TiCN kaplamalı takma uçlu parmak freze kesici takımı ile işlenebilirliğinin araştırıldığı bu çalışmada faydalı neticeler elde edilmiştir. İşlenebilirlik için incelenen kriterler, yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvveti olmuştur. Bu kriterlerin en ideal şartlarda gerçekleşmesinde etkili olduğu düşünülen üç kontrol faktörü (ilerleme, devir ve talaş derinliği) üç farklı seviyede seçilmiş ve deneysel çalışmada uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- PMD 23 soğuk iş çeliği malzemesinin Al_2O_3+TiCN kaplamalı insertli parmak freze kesici takımlarla işlenmesinde, işlenmiş yüzeyde oluşan pürüzlülük değerinde en etkili kontrol faktörü ilerlemedir. Yüzey pürüzlülüğü oluşumunda her üç kontrol faktörü (ilerleme, devir ve talaş derinliği) de etkili olmuştur. Yüzey pürüzlülüğü değerine, ilerleme 500 mm/min, devir 3000 dev/min ve talaş derinliği 1.5 mm de ulaşılmıştır.
- Kesme kuvvetinin oluşumunda her üç kontrol faktörü (ilerleme, devir ve talaş derinliği) de etkili olmuştur. Kesme kuvveti değerine, ilerleme 500 mm/min, devir 3500 dev/min ve talaş derinliği 1.0 mm de ulaşılmıştır.
- Taguchi optimizasyon tekniği, PMD 23 Soğuk iş çeliği malzemesinin işlenebilirliği deney tasarımında ve parametrelerin optimizasyonu ile yanıt değerlerin istenilen oranlarda seyretmesinde etkili bir teknik olduğu yapılan çalışma ile görülmüştür.
- Varyans analizi (ANOVA) ile, deneysel çalışmadan elde edilen sonuçların oluşumunda hangi kontrol faktörünün ne kadar önem derecesine sahip olduğu başarılı bir şekilde belirlenmiştir. Buna göre yüzey pürüzlülüğüne % 88.59 etkisiyle ilerleme, kesme kuvvetine ise % 86.74 etkisiyle ilerlemenin etkin parametreler olarak dikkat çekmektedir. Bu elde edilen değerler literatürle de örtüşmektedir.
- Regresyon analizi ile, böyle bir deneysel çalışma için Ra tahminsel denklemi % 96,7 doğruluk ile ve kesme kuvveti tahminsel denklemi % 98,1 doğruluk ile elde edilmiştir.
- Elde edilen sonuçlar literatür dikkate alınarak değerlendirildiğinde, Al_2O_3+TiCN kaplamalı takma uçlu parmak frezelerin PMD 23 Soğuk iş çeliği malzemesinin işlenebilirliğine olumlu katkı sağladığı ve özellikle kesici takımın performansındaki iyileşmeye ivme kazandırdığı sonucuna ulaşılmıştır. PMD 23 Soğuk iş çeliği malzemesinin Al_2O_3+TiCN kaplamalı insertli parmak freze ile kuru frezeleyerek üretilebileceği bu çalışmadan çıkan bir diğer sonuç olmuştur.

KAYNAKLAR

- [1] Kris M.Y. L., Geddani, A., Ostafiev, V.A., “A process-design approach to error compensation in the end milling of pockets”, *Journal of Materials Processing Technology*, 89–90, 238–244, 1999.
- [2] Toh, C.K., “A study of the effects of cutter path strategies and orientations in milling”, *Journal of Materials Processing Technology*, 152, 346–356, 2004.
- [3] Sotiris, L.O., Nearchoub, A. C., “An epitrochoidal pocket—A new canned cycle for CNC milling machines”, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 25, 73–80, 2009.
- [4] Pateloup, V., Duc, E., Ray, P., “Corner optimization for pocket machining”, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 44, 1343–1353, 2004.
- [5] Hinds, B.K., Ong, T.S., “End milling of circular pockets to meet geometric tolerances”, *Journal of Materials Processing Technology*, 152, 339–345, 2004.
- [6] Nurul Amina, A.K.M., Dolaha, S.B., Mahmuda, M.B., Lajis, M.A., “Effects of workpiece preheating on surface roughness, chatter and tool performance during end milling of hardened steel D2”, *Journal of Materials Processing Technology*, 201, 466–470, 2008.
- [7] Branda, L.C., Coelhob, R. T., Rodrigues, A. R., “Experimental and theoretical study of workpiece temperature when end milling hardened steels using (TiAl)N-coated and PcBN-tipped tools” *Journal of Materials Processing Technology*, 199, 234–244, 2008.
- [8] Tsao, C., Hocheng H., “comparison of the tool life of tungsten carbides coated by multi-layer TiCN and TiAlCN for end mills using the taguchi method”, *Journal of Materials Processing Technology*, 123,1-4, 2002.
- [9] Arsecularatne, J.A., Zhang, L.C., Montross, C., Mathew, P., “On machining of hardened AISI D2 steel with PCBN tools”, *Journal of Materials Processing Technology*, 171, 244–252, 2006.
- [10] Ghani, J.A., Choudhury, I.A., Masjuki, H.H., “Performance of P10 TiN coated carbide tools when end milling AISI H13 tool steel at high cutting speed”, *Journal of Materials Processing Technology*, 153–154, 1062–1066, 2004.

- [11] Abou-El-Hossein, K.A., Kadirgama, K., Hamdi, M., Benyounis K.Y., “ Prediction of cutting force in end-milling operation of modified AISI P20 tool steel” *Journal of Materials Processing Technology*, 182, 241–247, 2007.
- [12] Coldwell, H., Woods, R., Martin, P., Philip, K., Richard, D., David ,A., “ Rapid machining of hardened AISI H13 and D2 moulds, dies and press tools’’, *Journal of Materials Processing Technology*, 135, 301–311, 2003.
- [13] Abou-El-Hossein, K.A.; Yahya, Z.; “High-speed end milling of AISI 304 stainless steels using new geometrically developed carbide inserts ’’, *Journal of Materials Processing Technology*, 162-163 (2005) 596-602.
- [14] Parro, J.; Hanninen, H.; Kauppinen, V.; “Tool wear and machinability of X5CrMnN 1818 stainless steels” *Journal of Materials Processing Technology*, 119-(2001) 14-20.
- [15] Nas, E.; “Frezeleme İşleminde Kesici Uç Sayısının Titreşim Ve Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin İncelenmesi” *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilim Uzmanlığı Tezi*, (2008).
- [16] Camuşcu, N.; Aslan, E.; “A Comparative Study On Cutting Tool Performance In End Milling Of AISI D3 Tool Steel” *Journal of Materials Processing Technology*, 170 (2005) 121-126.
- [17] Bozuakis, K.-D.; Michalidis, N.; Gerardis, S.; Batsiolas, M.; Papa, M.; Lili, E.; Miridis, J.; Mueller, J.; Cremer, R.; “An İnnovative Methodology For The Performance Evaluation Of Coated Cemented Carbide Inserts In Milling Of Inconel 718” *doi:10.1016/j.cirp.2007.05.021*.
- [18] Okada, M., Hosokowa, A., Tanaka, R., Ueda, T., “Cutting Performance Of PVD-Coated Carbide And CBN Tools In Hardmilling” *International Journal Of Machine Tools & Manufacture* 51 (2011) 127-132.
- [19] Shao, H.; Liu, L.; Qu, H.L.; “Machinability Study On 3%Co-12%Cr Stainless Steel İn Milling” *Wear* 263 (2007) 736-744.
- [20] Koshy, P.; Dewes, R.C.; Aspinwall, D.K.; “High Speed End Milling Of Hardened AISI D2 Tool Steel (58 HRC)” *Journal Of Materials Processing Technology* 127 (2002) 266-273.
- [21] Kita, Y.; Furuike, H.; Kakino, Y.; Nakagawa, H.; Hirogaki, T.; “Basic Study Of Ball End Milling On Hardened Steel” *Journal of Materials Processing Technology*, 111 (2001) 240-243.
- [22] Lima, J.G.; Avila, R.F.; Abrao, A.M.; Faustino, M.; Davim, J.Paulo.; “Hard Turning: AISI 4340 High Strength Low Alloy Steel And AISI D2 Cold Work Tool Steel” *Journal of Materials Processing Technology*, 169 (2005) 388-395.
- [23] Richetti, A.; Machado, A.R.; Da Silva, M.B.; Ezugwu, E.O.; Bonney, J.; “Influence Of The Number Of Inserts For Life Evaluation In Face Milling Of Steels” *International Journal Of Machine Tools & Manufacture* 44 (2004) 695-700.
- [24] Ghani, J.A.; Choudhury, I.A.; Masjuki, H.H.; “Performance Of P10 TiN Coated Carbide Tools When End Milling AISI H13 Tool Steel At High Cutting Speed” *Journal of Materials Processing Technology*, 153-154 (2004) 1062-1066.
- [25] Durmaz, S.; “Taguchi Metodunun Kauçuğun Vulkanizasyonu Prosesine Uygulanması” *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek LİSANS Tezi*, (2008).
- [26] Öztop, M.; “Taguchi Deney Tasarımı Yöntemi İle Alüminyum Ekstrüzyon Prosesinin İyileştirilmesi” *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek LİSANS Tezi*, (2007).
- [27] Özçakır, S.; “Toz Metal Yöntemi İle İmal Edilmiş Kalıp Çeliğinin İşlenebilirliği” *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek LİSANS Tezi*, (2012).

BIOGRAPHIES

Biographie of;

Assoc. Prof. Dr. Mustafa AY, was born in BEYPAZARI on 1970.

Educational back ground is below;

Under Graduate: Marmara University, Faculty of Technical Education, Department of Machine Education, 1990-1994

Graduate: Marmara University, Institute for Graduate Studies in Pure and Applied Sciences, Department of Machine Education, 1994-1996

Master Dissertations: "Tane Dağılımlı Metal-Matrisli Kompozitlerin Raylı Taşıtlarda Fren Elemanı Olarak Kullanılması"

PhD.: Sakarya University, Institute for Graduate Studies in Pure and Applied Sciences, Department of Machine Education, 2003.

PhD. Dissertations: "CNC Freze Tezgahında Frezeleme Esnasında Oluşan Kesme Kuvvetlerinin ve Titreşimlerin Yüze Pürüzlülüğüne Etkilerinin İncelenmesi"

Some of his previous publications are ;

1. Ay, M., Yerebakan, M., Kurt, M., "Tane Dağılımlı Metal-Matrisli Kompozit Malzemelerin Raylı Sistemlerde Fren Papucu Olarak Kullanılması", 7. Denizli Malzeme Sempozyumu, 2-4 Nisan 1997.
2. Ay, M., Eldoğan, O., Kurt, M., "CNC Freze Tezgahlarında Yüze Pürüzlülüğüne Etki Eden Faktörlerin Belirlenmesi", 3rd International Advanced Tech. Sym., 18-20 Aug 2003.
3. Uçar, M., Ay, M., "Parmak Freze İle Kanal ve Alın Yüze İşlemede Takım Ekseni ile İşlenen Yüze Arasındaki Paralelliğin Bozulmasına Etki Eden Kesme Parametrelerinin İncelenmesi", Makine-İmalat Teknolojileri Semp., Konya, 14-15 Ekim 1999.
4. Bakır, B., Atakök, G., Ay, M., Kurt, M., "Investigation Effects of Geometry, Dimension and Number of Cutting Edge of Carbur End Mill on Machinability", 11. Uluslararası Malzeme Sempozyumu, 19, 20, 21 Nisan 2006.
5. Ay, M., Sözüo, H., Girit, O., "Investigation Based on The Taguchi Method for The Surface Roughness in Turning with CNC Turning Machine", 11. Uluslararası Malzeme Sempozyumu, 19, 20, 21 Nisan 2006.
6. Ay, M., Karcı, M., Bakır, B., Kaynakla Tamiri Yapılan Kalıpların CNC Freze Tezgahında İşleme Parametrelerinin Belirlenmesi", 13. Uluslararası Malzeme Sempozyumu (IMSP'2010), Pamukkale Üniversitesi, 13-15 Ekim 2010, Denizli, Türkiye.
7. Ay, M., Kalyon, A., "CNC Torna Tezgahında 17-4 PH Paslanmaz Çeliğin İşleme Parametrelerinin Deneysel Olarak Belirlenmesi" 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 16-18 May 2011, Elazığ, Turkey.

Biographie of;

Msc. Serhat ÖZÇAKIR, was born in Sakarya on 1987,

Educational back ground is below;

Under Graduate: Marmara University, Faculty of Technical Education, Department of Machine Education, 2005-2009,

Graduate: Marmara University, Institute for Graduate Studies in Pure and Applied Sciences, Department of Machine Education, 2009-2012,

Master Dissertations: "Toz Metal Yöntemi İle İmal Edilmiş Kalıp Çeliğinin İşlenebilirliği"

Biographie of;

Asist. Prof. Gültekin BASMACI, was born in Isparta on 1973,



16th International Materials Symposium IMSP'2016

12-14 Oct 2016, Pamukkale University – Denizli - Turkey



Educational background is below;

Under Graduate: Marmara University, Faculty of Technical Education, Department of Machine Education, 1993-1997,

Graduate: Marmara University, Institute for Graduate Studies in Pure and Applied Sciences, Department of Machine Education, 1997-2002,

Master Dissertations: “Nikel Esaslı Süper Alaşım Malzemelerin CNC Freze Tezgâhlarında İşlenmesinde Kesme Parametrelerinin İncelenmesi “

PhD.: Marmara University, Institute for Graduate Studies in Pure and Applied Sciences, Department of Machine Education, 2012.

PhD. Dissertations:” Tornalamada Minimum Miktarda Yağlama (MQL) Tekniğinin Takım ve İş Parçası Üzerine Etkilerinin İncelenmesi”