

INVAR36 DEMİR-NİKEL ALAŞIMININ MİNİMUM MİKTARDA YAĞLAMA (MQL) TEKNİĞİ İLE FREZELENMESİNDE KESME PARAMETRELERİNİN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Mustafa KURT^{a*}, Barkın BAKIR^b, Bilçen MUTLU^c, Gürcan ATAKÖK^d, Oğuz GİRİT^e

^{a*}M.Ü., Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, İstanbul, E-Posta: mkurt@marmara.edu.tr

^bM.Ü., Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, İstanbul, E-Posta: barkinbakir@marmara.edu.tr

^cM.Ü., Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, İstanbul, E-Posta: bmutlu@marmara.edu.tr

^dM.Ü., Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, İstanbul, E-Posta: gatakok@marmara.edu.tr

^eM.Ü., Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, İstanbul, E-Posta: ogirit@marmara.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, Invar36 malzemenin DLC kaplamalı parmak freze ve minimum miktarda yağlama tekniği (MMY) kullanılarak frezelenmesinde yüzey pürüzlülüğü üzerinde işleme parametrelerinin etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Dış beslemeli minimum miktarda yağlama (MMY) tekniği için, SKF firmasına ait sistem kullanılmıştır. 25 mm²/s kinematik viskoziteye sahip LubriOil yağı 4 bar basınçla ve 40 ml/h debi ile kesici ile iş parçası ara yüzeyine basınçlı hava ile birlikte püskürtülmüştür. Farklı devir sayıları, ilerleme ve talaş derinliği değerleri göz önünde bulundurularak Taguchi Metodu ile tasarımı yapılan deneyler yapılmıştır. Deneylerde ilerleme arttıkça yüzey pürüzlülüğünün arttığı, fakat devir sayısının yüzey pürüzlülüğü değerine çok az tesir ettiği tespit edilmiştir. Buna ek olarak daha önce yaptığımız kuru işleme göre daha iyi yüzey pürüzlülüğü elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Invar36, minimum miktarda yağlama , yüzey pürüzlülüğü

1. Giriş

Invar36, oda sıcaklığı ile yaklaşık 230 °C sıcaklık aralığında tüm metaller ve alaşımlar arasında en düşük termal genleşme özelliği olan %36 Nikel-Demir alaşımı olan bir malzemedir. Invar, 1896 yılında keşfedildiği zaman, geniş bir sıcaklık aralığında düşük genleşme özelliği ile gaz ocak ve ısıtıcılarda kullanılmaya başlandı. Imphy Charles Edouard Guillaume, 20. yüzyılın başlarında bu malzemeyi keşfi ile Fizik Nobel ödülüne layık görüldü[1].

Telekomünikasyon, havacılık ve uzay mühendisliği, mühendislik kriyojenik (sıvılaştırılmış doğal gaz tankerleri vb) alanlarında kullanılmaktadır. Invar 36, ısı değişimine bağlı ölçüsel değişikliklerin en aza indirilmesi gereken yerlerde kullanılır[2]. Invar 36 Boeing D33028 ve ASTM F1684 gereksinimlerine uygun olarak üretilmektedir. Bundan dolayı daha iyi kaynak kabiliyeti için kimyasal bileşimindeki sülfür ve fosfor sınırlandırılmıştır. Invar 36 özellikle kompozit kalıp üretimi için önemli bir malzemedir. Invar 36, yüksek mukavemet, esnemezlik ve boyutsal kararlılık özelliklerini bir arada taşımaktadır. Bunun yanında Invar 36 termal özellikleri de çok iyi olan bir alaşımdır. Bu nitelikler, kalıp tasarımcılarına, hafiflik ve etkili hava akışı için en iyi şekle getirilebilecek alt yapı tasarımlarında Invar 36 'yı tercih etmelerine olanak sağlamaktadır. Invar 36, aynı zamanda karbon fiberin yataklanıp, reçinenin kalıbın içine enjekte edildiği (RTM) reçine enjeksiyonlu kalıplama tekniğiyle üretilen kalıplarda da kullanılmaktadır[3].

Invar sıcaklık değişimleri ile yüksek boyutsal kararlılık gerektiren uygulamalar için mükemmel bir metal gibi görünüyor. Invar malzemenin işlenmesi nispeten zordur. Düşük kesme hızlarında talaş kaldırılarak şekillendirme yapılması tavsiye edilir. Bu durum şekillendirme zamanının uzamasına ve maliyetin artmasına neden olur.

Invar 36 malzemesi birçok alanda kullanılan pahalı bir malzemedir. Bu malzemenin talaş kaldırılarak şekillendirilmesi konularında akademik çalışma azdır. Bu çalışma ile Invar36 malzemenin yüzey pürüzlülük değeri minimum olacak şekilde frezeleme işleminde minimum miktarda yağlama (MQL) tekniği kullanılarak optimum kesme parametreleri tayin edilmiştir.

2. Materyal ve Metot

FANUC kontrol ünitesi O-M serisi olan freze tezgahı kullanılarak yapılan deneysel çalışmalarda, iş parçası olarak kullanılan Invar36 malzemesinin kimyasal özellikleri Tablo 1 de görülmektedir.

Tablo 1. Invar36 alaşım malzemesinin kimyasal (%) özellikleri [5]

İş parçası	Kimyasal yapı (%)
Invar36	Fe(balance);C(0.05);Ni(31.75);Silicon(0.09);Mn(0.39);Co(5.36);Cr(0.03);Al(0.037);Cu(0.08);Sülfür(0.01);

Kesici takım olarak NACHI firmasına ait 2DLCM List 9330, 8mm çaplı, 2 kesici ağızlı parmak frezeler kullanılmıştır. Çok fazla deney yapmamak ve deney verilerinin değerlendirilmesini daha kolay bir şekilde yapabilmek amacıyla bu çalışmada, deney tasarımı Taguchi yöntemi ile yapılmıştır. Invar36 malzemesi gelecekte birçok alanda kullanılabilir ve stratejik bir malzeme olduğu için modern soğutma sistemlerinin kullanılmasıyla işlenmesinin gerçekleştirilmesi için dış beslemeli minimum miktarda yağ (MMY) kullanarak soğutma ve yağlama işlemi tercih edilmiştir. SKF firmasına ait sistem kullanılmış, DIN51562 25 mm²/s kinematik viskoziteye sahip LubriOil yağı 4 bar basınçla ve 40 mL/h debi ile kesici ile iş parçası ara yüzeyine basınçlı olarak püskürtülmüştür.



Şekil 1. Deney düzeneği

Tablo 2. İşleme parametreleri ve seviyeleri

Seviye	A	B	C
	Devir (dev/min)	İlerleme (mm/min)	Talaş Derinliği (mm)
1	1500	150	1
2	2000	200	1,5
3	2500	250	2

Tablo 3. MMY İşleme Taguchi deney tasarımı

Taguchi Deney Tasarımı				
Deney No:	Değişkenler	Devir (dev/min)	İlerleme (mm/min)	Talaş Derinliği (mm)
1	A1B1C1	1500	150	1
2	A1B2C2	1500	200	1,5
3	A1B3C3	1500	250	2
4	A2B1C2	2000	150	1,5
5	A2B2C3	2000	200	2
6	A2B3C1	2000	250	1
7	A3B1C3	2500	150	2
8	A3B2C1	2500	200	1
9	A3B3C2	2500	250	1,5

3. Sonuçlar ve Tartışma

İşlenen parçaların yüzey pürüzlülüğü MARH-Perthometer ile ölçülmüştür. Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri, ortalama yüzey pürüzlülük değeri (Ra) esas alınarak yapılmış ve sonuçlar Ra' ya göre yorumlanmıştır. Her ölçüm hassasiyeti arttırmak için üç defa tekrarlanmıştır. Kuvvet ölçümü için oluşturulan düzenekteki parçalar; kuartz dinamometre, üç kanallı charge - amplifikatörü, Kistler dinamometreye bağlanabilen uç bağlama aparatı, ölçüm bilgilerinin analizi için program, bilgisayar bağlantısı için ISA tipi A/D kartı ve ara bağlantı kablolarından oluşmaktadır.

Tablo 5. Minimum miktarda yağlama tekniği ile (MMY) işleme deney sonuçları

Taguchi Deney Tasarımı				Ölçümler	
Deney No:	Devir Sayısı (dev/min)	İlerleme (mm/min)	Talaş Derinliği (mm)	Ra (µm)	Fy (N)
1	1500	150	1	0,506	254,80
2	1500	200	1,5	0,511	265,10
3	1500	250	2	0,409	190,40
4	2000	150	1,5	0,516	272,40
5	2000	200	2	0,452	199,20
6	2000	250	1	0,319	289,50
7	2500	150	2	0,542	405,76
8	2500	200	1	0,305	282,70
9	2500	250	1,5	0,317	232,90

Bu çalışmada, deneyin tasarım aşamasında da Taguchi Metodu kullanılmıştır. Kalite karakteristiğini belirlerken, ölçülecek yüzey pürüzlülüğü oranlarının en az olması istendiğinden, deneyler sonucunda

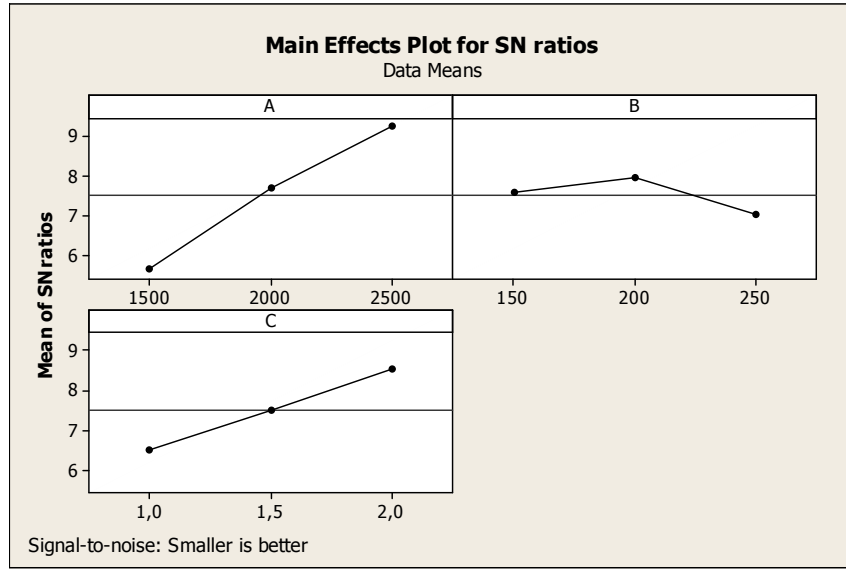
ulaşılması beklenen kalite değerlerinden, en küçük en iyidir prensibi uygulanmıştır. En küçük en iyi karakteristiğinin kayıp fonksiyonu[4];

$$S / N(\eta) = -10x \log\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_{i^2}\right) \quad (1)$$

n: deney sayısını

y: ölçülen karakteristiği (Bağımlı değişkeni)

En küçük en iyidir yaklaşımı ile yapılan optimizasyona göre minimum ortalama yüzey pürüzlülüğü A3-B2-C3 seviyesinde 0,284 µm elde edilmiştir.



Şekil 2. Yüzey pürüzlülük değerleri için kontrol faktörlerinin sinyal gürültü (S/N) oranı grafiği

Taguchi Tekniği ile optimizasyonda son aşama, optimum kesme parametre seviyelerini kullanarak kalite karakteristiklerinin gelişimini tahmin etme ve sonuçların karşılaştırılmasıdır. Bu çalışma ile Invar36 malzemesinin frezelenmesi pürüzlülüğünün kesme parametreleri değişimi ile etkilendiği Taguchi Deneysel Tasarım ve optimizasyon metodu kullanılarak bir kez daha ispat edilmiştir.

Tablo 6. Ra için proses parametreleri ve seviyeleri

Optimum MMY Frezeleme Şartları		
	Tahmin edilen	Doğrulama deney sonucu
Seviye	A3-B2-C3	A3-B2-C3
Ra (µm)	0,284	0,301

Talaş kaldırma işleminde kullanılan bağımsız değişkenler (devir sayısı, ilerleme ve talaş derinliği) ile bağımlı değişken (ortalama yüzey pürüzlülüğü) arasında tahmini denklem oluşturma ve bunlar arasındaki ilişkiyi tanımlayabilmek için regresyon analizi kullanılmıştır. Talaş kaldırma deneyleri neticesinde oluşan ortalama yüzey pürüzlülüğüne (Ra) ait matematiksel model

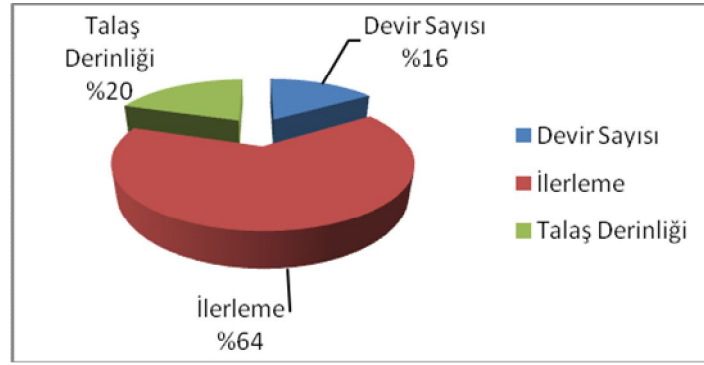
$$Ra = 0,815 - 0,000087x(\text{Devir Sayısı}) - 0,00173x(\text{İlerleme}) + 0,0910x(\text{Talaş Derinliği}) \quad (2)$$

şeklinde elde edilmiştir. Bu denklemdeki sabit katsayılar Minitab R15 paket programı yardımıyla yanıt yüzey (response surface) metodu kullanılarak elde edilmiştir. Modele ait korelasyon katsayısı % 94.61 elde edilmiş ve bu durumda modelin uygun olduğunu göstermiştir.

Tablo 7. Invar36 Malzemesinin Frezelemede Kesme Parametreleri için varyans analizi özeti

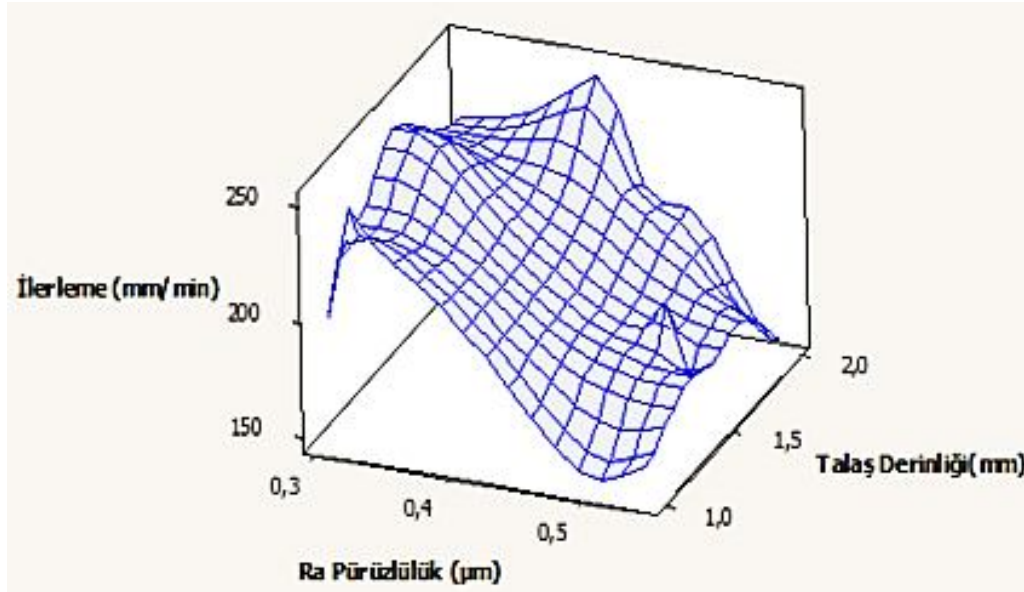
Kod	Proses Parametreleri	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı(SS)	Ortalama Kareler Toplamı	F	Faktör Etkisi(%)
A	Devir sayısı(dev/min)	2	0,011455	0,005727	3,26	16
B	İlerleme(mm/min)	2	0,045190	0,022595	12,87	64
C	Talaş Derinliği(mm)	2	0,013756	0,006878	3,92	20
Hata (e)		2	0,003511	0,001755		
Toplam		8	0,073912			

Tablo 7' de gösterilen F oranı kesme parametresinin yüzey kalitesi üzerinde ne derece önemli etkisi olduğunu göstermektedir. Buna göre, F oranı büyüklüğüne göre önem sıraları deneysel hatalar göz ardı edilerek ilerleme, talaş derinliği ve devir sayısı şeklinde sıralanabilir.

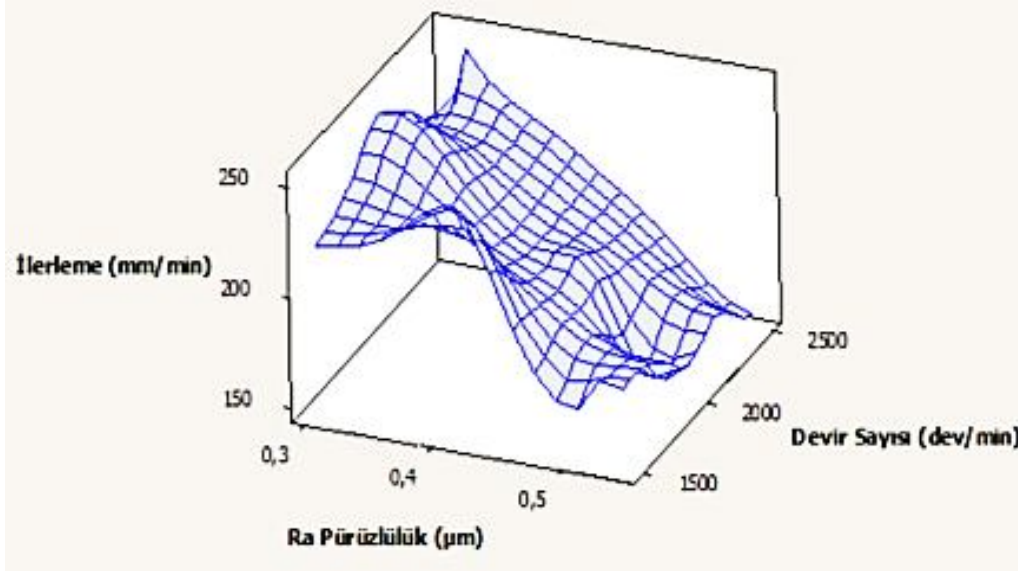


Şekil 3. Kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerinde katkı payları

İlerlemenin değişiminin ortalama yüzey pürüzlülüğüne olan etkisi Şekil 4' de görülmektedir. İlerleme arttıkça ortalama yüzey pürüzlülüğünün arttığı görülmektedir. Varyans analizi neticesinde de ortalama yüzey pürüzlülüğü değerine en çok tesiri ilerlemenin yaptığı belirlenmiştir.



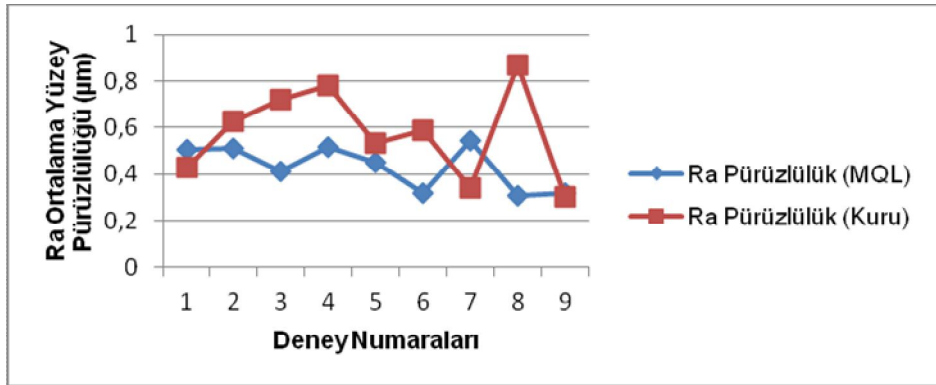
Şekil 4. İlerleme ve talaş derinliğinin değişimine göre yüzey pürüzlülüğünün değişimi



Şekil 5. İlerleme ve devir sayısının değişimine göre yüzey pürüzlülüğünün değişimi

Yapılan çalışma aralıklarında; ilerlemenin arttığında yüzey pürüzlülüğünün arttığı, devir sayısının yüzey pürüzlülüğü üzerine fazla tesiri olmadığı görülmektedir. Düşük ilerleme ve yüksek devirler altında yapılacak frezeleme işlemlerinde daha kaliteli yüzeyler elde edilecektir.

Invar36 malzemesinin frezede işlenmesi esnasında daha önce yaptığımız kuru işleme neticeleri ile karşılaştırıldığında özellikle minimum miktarda yağlama sıvısı sistemi kullanıldığında ortalama yüzey pürüzlülük değerinin önemli oranda azaldığı görülmektedir. (Şekil 6)



Şekil 6. Invar36 Malzemesinin Kuru ve Minimum Miktarda Yağlama (MMY) Sistemi ile İşlenmesi Neticesinde Ölçülen Ortalama Yüzey Pürüzlülük Değerleri

Tablo 8. Invar36 Malzemesinin Frezelemede Kuru ve MMY Frezeleme Parametreleri

Seviye	Kuru İşleme Parametreleri ve Seviyeleri		
	A	B	C
	Devir (dev/min)	İlerleme (mm/min)	Talaş Derinliği (mm)
1	1000	100	0,5
2	1250	125	1
3	1500	150	1,5

MMY İle İşleme Parametreleri ve Seviyeleri		
A	B	C
Devir (dev/min)	İlerleme (mm/min)	Talaş Derinliği (mm)
1500	150	1
2000	200	1,5
2500	250	2

Invar36 malzemesinin kuru ve minimum miktarda soğutma ve yağlama yöntemi ile işlenmesi neticesinde elde edilen yüzeylerin ortalama yüzey pürüzlülük değerlerine bakıldığında önemli farkların olduğu görülmektedir. MMY tekniği ile yapılan işlemede daha düşük yüzey pürüzlülük değerlerinin elde edildiği tesbit edilmiştir. Özellikle işleme şartlarına bakıldığında MMY tekniği ile şartlar ağırlaştırıldığı halde yine de iyi bir yüzey kalitesi elde edilmiştir. MMY tekniği ile 40 ml/h lık bir debi ile kullanılan yağ, yüzey kalitesinin artmasını, kesme şartları daha yüksek değerlerde kullanıldığı için işleme zamanının ve maliyetinin düşmesini, takımda olabilecek aşınmaların azalmasını sağlamıştır. İşlem esnasında kullanılan yağ miktarı daha az olduğu için çevre kirliliği ve maliyet de düşüktür.

Invar 36 malzemesi sıcaklık değişimi nedeniyle boyutsal değişikliğe uğramadığı için, elektronik cihazlar, uçak kontrol sistemleri, optik ve lazer sistemleri gibi önemli stratejik yerlerde kullanılmaktadır. Bu alaşımların işlenmesinde özelliklerinin değişime uğramaması için şekillendirme şartlarının özel olarak seçilmesi gereklidir. Bu alaşımların şekillendirilmesi esnasında kullanılacak soğutma sıvısının özellikleri çok önemlidir. Soğutma sıvısı içerisindeki kükürt malzemenin manyetik özelliklerinin kaybına ve daha gevrek bir yapı meydana gelmesine neden olabilmektedir.

Bu çalışmada; Invar 36 malzemesinin, DLC kaplamalı parmak freze ile minimum miktarda soğutma tekniği kullanılarak işlenmesi gerçekleştirilmiştir. Çok düşük ortalama pürüzlülük değerlerine ulaşıldığı ve daha sonra herhangi bir işleme gerek kalmayacak şekilde yüzey kalitesi elde edildiği belirlenmiştir.

Kullanım alanı gün geçtikçe artan Invar36 malzemesinin işlenmesi ile ilgili çalışma literatürde yok denecek kadar azdır. Bundan sonra bu malzemenin işlenmesinde MMY tekniği ile değişik yağlar kullanılarak ve farklı basınçlarda püskürtülerek deneyler yapılabilir ve malzemenin özelliklerine etkileri incelenebilir.

Kaynaklar

- [1] Lement , B. S., Averbach, B. L. and Cohen, M., "The Dimension Stability of Invar, Trans. ASM, 43, 1071, 1950.
- [2] Jacobs, S.F., "Dimensional Instability of Invars, Applied Optics, 1984
- [3] Yoder , Jr. P. R., Opto-Mechanical Systems Design, Third Edition, CRC Press, 2006.
- [4] Montgomery, D.C., Design and Analysis of Experiments, John Wiley & Sons, Toronto Singapore,1991.
- [5] Bağcı, E., Kurt,M.,Bakır,B., Basmacı,G., Aslan,E., Invar36 Demir-Nikel Alaşımının CNC Freze Tezgahında İşlenmesinde Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğü Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi, 14.uluslararası Denizli Malzeme Sempozyumu, 2012.