



AA7075 alaşımının işlenebilirliğine suni yaşlandırmanın etkisinin analizi ve kesme parametrelerinin optimizasyonu

Optimization of cutting parameters and analysis of effects of artificial aging on machinability of AA7075 alloy

Mahir AKGÜN^{1*}, Hakan YURTKURAN², Hasan Basri ULAS³

¹Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Aksaray Üniversitesi, Aksaray, Türkiye.

mahirakgun@aksaray.edu.tr

²Akdağmadeni Meslek Yüksekokulu, Bozok Üniversitesi, Yozgat, Türkiye.

hakan.yurtkuran@bozok.edu.tr

³İmalat Mühendisliği, Teknoloji Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye.

bulas@gazi.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 16.12.2018, Kabul Tarihi/Accepted: 18.07.2019

* Yazışılan yazar/Corresponding author

doi: 10.5505/pajes.2019.71224

Araştırma Makalesi/Research Article

Öz

Bu çalışmada, AA7075 alüminyum alaşımında yaşlandırma ısıl işleminin işlenebilirliğe etkisi araştırılmıştır. Ticari olarak T6 ısıl işlem şartlarında temin edilen ana malzeme ve yaşlandırılan malzeme üzerinde tormalama deneyleri yapılarak, kesici takım uç yarıçapının ve kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri araştırılmıştır. İşleme şartları Taguchi yöntemine göre L18 dizininde tasarlanmıştır. İşleme deneyleri kuru kesme şartlarında CNC torna tezgâhında gerçekleştirilmiştir. Yüzey pürüzlülüğü (Ra) üzerinde işleme parametrelerinin etkisini belirlemek amacıyla varyans analizi (Anova) yapılmıştır. Varyans analiz sonuçlarına göre yüzey pürüzlülüğü üzerinde en etkili kesme parametresi ana malzeme için %68.28 katkı oranı ve yaşlandırılan malzeme için %55.21 katkı oranı ile ilerleme miktarı olmuştur.

Anahtar kelimeler: AA7075 alaşımı, İşlenebilirlik, Taguchi, Anova

Abstract

In this study, The effect of aging heat treatment on machinability of AA7075 aluminum alloy is investigated. Turning experiments were performed on the aluminium test pieces obtained commercially as T6 heat treated and the aged test materials to investigate the effects of cutting tool tip radius and cutting parameters on surface roughness. Machining conditions are designed in the L18 array according to the Taguchi method. The machining tests were carried out at without coolant on CNC turning. Variance analysis (ANOVA) was used to determine the effect of cutting parameters on the surface roughness. According to the variance analysis results, it has been determined that the most efficient cutting parameter on surface roughness (Ra) is the feed rate with 68.28% for the main material and 55.21% for the aged material.

Keywords: AA7075 alloy, Machinability, Taguchi method, Anova

1 Giriş

Günümüzde alüminyum ve alaşımları otomotiv, savunma ve havacılık gibi birçok endüstriyel alanda oldukça sık kullanılmaktadır. Özellikle uçakların gövde, iskelet ve kanat sisteminde ağırlık tasarrufunun kritik olduğu yapısal parçalarda kullanılan alüminyum ve alaşımlarının, düşük yoğunluğu ve ekonomikliği tercih nedenidir [1]. Ayrıca birçok alüminyum alaşımının yaşlandırma ısıl işlemi yoluyla mukavemeti artırılabilir. Alüminyum ve alaşımlarının ısıl işlem ile mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi ve işlenebilirliğinin belirlenmesi amacıyla çalışmalar yapılmaktadır. Gülyüz ve Kaçar, deformasyon yaşlanmasının AA7075 alüminyum alaşımının mekanik özelliklerine etkisinin araştırmışlardır. Sonuç olarak T6 ısıl işlemi uygulandıktan sonra yeniden bir ısıl işlem prosesine tabi tutulan AA7075 alaşımının mekanik özelliklerinin deformasyon yaşlanması ile geliştirilebileceğini tespit etmişlerdir [2]. Yüksel, 6063 alüminyum alaşımının sertliği ve taneler arası korozyonu üzerine suni yaşlandırmanın etkisini araştırmıştır. Sonuç olarak sertliğin zaman ve sıcaklıktaki değişimler ile değiştiğini ve korozyon direncinin kuvvetli olarak suni yaşlandırma zamanına bağlı olduğunu gözlemlemiştir [3]. Demir ve Gündüz, 6061 alüminyum alaşımının işlenebilirliği üzerinde yaşlanmanın etkisini araştırmışlardır. Sonuç olarak işlenmiş yüzeyin ve kesme kuvvetlerinin, 180 °C'de yaşlanma süresine

bağlı olarak artan sertlikten önemli ölçüde etkilendiğini belirlemişlerdir [4]. Krishna ve arkadaşları, AA6061 alaşımının tormalanmasında ısıl işlemin mekanik özelliklere ve işlenebilirliğe etkisini araştırmışlardır. Isıl işlem çalışması; çözeltili alma ve çökeltme sertleşmesini içermektedir. Tormalama deneyleri sonuçlarına göre yaşlanma süresinin artması ile artan sertliğe bağlı olarak yüzey pürüzlülüğü değerlerinin azaldığını gözlemlemiştir [5]. Al-Saadi ve Tunay, suni yaşlandırma işleminin alüminyum esaslı Al-25Zn-1Mg alaşımının sertliği üzerine etkisini araştırmışlardır. Yaşlandırma prosesine bağlı olarak sertliğin değiştiğini belirlemişlerdir. 180 °C'de 12 sa. fırında bekletilen numunede en yüksek sertlik değerini belirlemişlerdir [6]. Türkmen ve arkadaşları, AA6063 alaşımının mekanik özelliklerine soğuma hızının etkisini araştırmışlardır. Farklı soğuma hızı elde edebilmek için numuneleri 520 °C'de 2 sa. solüsyona aldıktan sonra fırın, kum, hava, yağ ve su ortamlarında soğutmuşlardır. Sonuç olarak farklı soğuma hızları ile bu tür malzemelerin mekanik özelliklerinin geliştirilebileceğini belirlemişlerdir [7]. Sivasankaran ve arkadaşları, AA 7075-ZrB₂ kompozit malzemenin tormalanmasında uç radyüsünün ve grafit eklentisinin etkisini araştırmışlardır. Sonuç olarak burun uç radyüsünün artmasıyla işlenebilirliğin iyileştiğini gözlemlemiştir. Buna ek olarak grafit eklentisi yardımcı yağlama özelliği sergileyerek malzemenin işlenebilirliğini kolaylaştırdığını belirlemişlerdir

[8]. Sekmen ve arkadaşları, AA2011 ve AA7075 alaşımlarının tornalanmasında kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ve talaş oluşumu üzerine etkisini araştırmışlardır. Tornalama deneyleri sonuçlarına göre yüzey pürüzlülüğü üzerinde talaş açısının önemli bir etkisi olduğunu ancak kesme hızındaki artış ile yüzey pürüzlülüğünde (Ra) önemli bir değişimin olmadığını belirlemişlerdir [9]. Teimouri ve arkadaşları, AA7075 alaşımının tornalanmasında ultrasonik titreşimin etkisini deneysel olarak araştırmışlardır. Deney sonuçlarına göre yüksek frekanslı titreşimde yapılan tornalamada temas mekanizmasının değişimine bağlı olarak yüzey kalitesinin iyileştiğini belirtmişlerdir [10]. Dişbudak ve Şensoy, AA7075 alaşımının tornalanmasında yüzey pürüzlülüğü üzerinde kesme parametrelerinin etkilerinin analizi üzerine bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Deney sonuçlarına göre yüzey pürüzlülüğü (Ra) üzerinde en önemli etkiye sahip işleme parametresinin ilerleme miktarı olduğunu tespit etmişlerdir. Bitirme işlemlerinde düşük yüzey pürüzlülüğünün elde edilmesinde kesme hızının artırılması ve ilerleme miktarının azaltılması gerektiğini vurgulamışlardır [11].

Literatür araştırması değerlendirildiğinde, alüminyum ve alaşımlarının yaşlandırma ısıl işlemi uygulanarak mekanik özelliklerinin geliştirilmesi üzerine birçok araştırma gerçekleştirilmiştir. Ancak alüminyum alaşımlarının işlenebilirliği üzerinde yaşlandırma işleminin etkisini inceleyen çalışmalar sınırlı kalmıştır. Literatür incelemesinde, 6xxx serisi üzerine çalışmaların yoğunluğunun arttığı ancak 7xxx serisi alaşımlarında yaşlandırma işlemi sonucunda geliştirilen mekanik özelliklerin işlenebilirliği nasıl etkilediği üzerine kapsamlı bir çalışmanın olmadığı belirlenmiştir. Bu çalışmada, ticari olarak temin edilen AA7075 alaşımının işlenebilirliğine ve sertliğine yaşlandırma ısıl işleminin etkileri değerlendirilmiştir. Kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne olan etkileri istatistiksel olarak araştırılarak Taguchi optimizasyonu ile optimum kesme parametreleri belirlenmiştir.

1.1 Yaşlandırma ısıl işlemi

Deneysel çalışmada, T6 ısıl işlemi uygulanmış ticari olarak temin edilen 40 mm çapında ve 120 mm boyunda AA 7075 alaşımı kullanılmıştır. Tablo 1'de AA7075 T6 alaşımının kimyasal bileşimi % ağırlık olarak yer almaktadır. Numunelere solüsyona alma ısıl işlemi, 480 °C sıcaklıkta ısıl işlem fırınında 5 saat bekletilerek uygulanmıştır. Numuneler 5 sa. sonunda oda sıcaklığında 2 sa. suda soğutulmuştur. Yaşlandırma ısıl işlemi, 140 °C 12 sa. fırında bekletilerek uygulanmıştır. Fırından çıkarılan numuneler oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır.

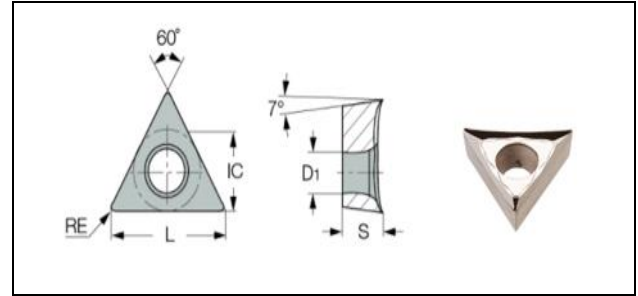
1.2 Sertlik ölçümü ve mikroyapı incelemesi

Ticari olarak temin edilen ana malzeme, solüsyona alma ısıl işlemi uygulanmış malzeme ve yaşlandırılan malzemeler üzerinde sertlik ölçümleri yapılmıştır. Malzemelerin sertliğini

belirlemek için 5 ölçüm yapılarak ortalamaları alınmıştır. Mikroyapı incelemeleri, ticari olarak T6 ısıl işlem şartlarında temin edilen ana malzeme ve solüsyona alınmış ve suda soğutulmuş malzeme üzerinde yapılmıştır. Metalografik inceleme için numuneler sırasıyla 180, 320, 600, 800 ve 1200 grit zımparalar ile yüzeyleri hazırlanarak 3 µm ve 1 µm elmas solüsyon ile parlatılmıştır. Dağlama işlemi; 90 ml H₂O, 5 ml HNO₃, 3 ml HCl ve 2 ml HF solüsyonunda 30 sn süre ile yapılmıştır. Mikroyapı resimleri, Leica DFC290 model kamera sistemli Leica DM ILM model optik ışık mikroskopunda elde edilmiştir.

1.3 İşleme şartları

Deney numuneleri üzerindeki işlenebilirlik testleri, kuru kesme şartlarında CNC torna tezgâhında gerçekleştirilmiştir. İşleme deneylerinde Şekil 1'de yer alan ISCAR firmasının LC610M (HC-K10) kalitesinde TCGT 110204-AS IC20 ISO kodlu kesici takımlar ile yavaşma açısı 90° olan STGC L 2020K16 kodlu takım tutucu kullanılmıştır.



Şekil 1: Kesici takım formunun görüntüsü [12].

Deney parametreleri, ISO 3685 standardında belirtilen sınırlar içerisinde seçilmiştir [13]. İşlenmiş yüzeyler üzerinde üç farklı noktada MAHR-Perthometer M1 yüzey pürüzlülük cihazı ile ölçümler yapılmıştır.

2 Deney tasarımı

Mühendislik malzemelerinin işlenmesinde yüzeyin kalitesini doğrudan etkileyecek olan etkin kesme parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Kesme parametrelerinin optimizasyonunda Taguchi deney tasarımı metodunda, S/N yanıt tablolarından, Anova ve Regrasyon analizlerinden yararlanılmaktadır. Mühendislik uygulamalarının analizinde bu yaklaşım deney sayısını azaltması, üretim ve test maliyetlerini düşürmesi sebebiyle yaygın olarak kullanılmaktadırlar [14],[15]. Takım uç yarıçapı, kesme hızı ve ilerleme miktarı dikkate alınacak parametreler olarak belirlenmiştir. Deneylerde kullanılan işleme parametreleri ve seviyeleri Tablo 2'de yer almaktadır. İşleme deneyleri Taguchi L₁₈ dizinine göre işleme parametreleri ve seviyelerinde gerçekleştirilmiştir. Deney dizini Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 1: AA7075 T6 alaşımının (%) kimyasal bileşimi.

Si	Fe	Cu	Mn
0.523	0.521	1.401	0.12
Mg	Zn	Diğer	Al
2.38	5.924	0.15	88.98

Tablo 2: Kesme parametreleri ve seviyeleri.

Kontrol Faktörleri	Sembol	Seviye I	Seviye II	Seviye III
Uç yarıçapı (mm)	A	0.4	1.2	-
Vc (m/min)	B	100	150	200
F (mm/dev)	C	0.07	0.14	0.21

Tablo 3: Taguchi L₁₈ deney tasarımı.

Deney No	Kontrol Faktörleri		
	A	B	C
1	1	1	1
2	1	1	2
3	1	1	3
4	1	2	1
5	1	2	2
6	1	2	3
7	1	3	1
8	1	3	2
9	1	3	3
10	2	1	1
11	2	1	2
12	2	1	3
13	2	2	1
14	2	2	2
15	2	2	3
16	2	3	1
17	2	3	2
18	2	3	3

3 Deney sonuçları ve analiz

3.1 S/N oranlarının analizi

Yaşlandırma ısıl işlemi görmüş deney malzemeleri üzerinde tormalama metoduyla işleme deneyleri yapılmıştır. İşleme deneylerinde kullanılan kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne bağlı olarak optimizasyonları yapılmaya çalışılmıştır. S/N oranları kullanılarak en iyi işlenmiş yüzeyi, ve optimum kesme parametrelerinin seviyeleri belirlenmiştir. Taguchi L₁₈ deney dizininde yapılan tormalama deneylerinde, elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerine göre S/N oranlarının hesaplanmasında, Eşitlik 1'de verilen "en küçük en iyidir" metoduna karşılık gelen denklem kullanıldı.

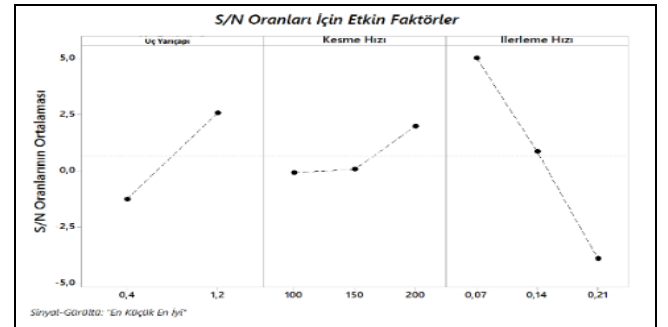
$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right) \quad (1)$$

Tablo 4'te işleme sonrası elde edilen Ra ve S/N oranları yer almaktadır. İşleme deneyleri sonucunda elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinin aritmetik ortalaması (TRa) 1.109 µm hesaplanmıştır. Aynı zamanda S/N oranı aritmetik ortalaması da 1.299 dB hesaplanmıştır. S/N yanıt tablosuna göre kontrol faktörlerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi analiz edilmiştir. Tablo 5'te yüzey pürüzlülüğü için S/N yanıt yer almaktadır. Taguchi yöntemiyle oluşturulan tablo en iyi yüzey pürüzlülüğü değeri için kesme parametrelerinin en uygun seviyelerini göstermektedir. Tablo 5 incelendiğinde yüzey pürüzlülüğünün en küçük değeri için kontrol faktörlerinin optimum seviyeleri A kesici takım uç yarıçapı 1.2 mm (Seviye 2), B kesme hızı 200 m/min (Seviye 3) ve C ilerleme miktarı 0.07 mm/dev (Seviye 1) olarak görülmektedir. Bu parametrelerde ana malzeme ve yaşlandırılan malzemenin tormalanmasında yüzey pürüzlülük değeri sırasıyla 0.357 µm ve 0.300 µm ölçülmüştür. Şekil 2'de ticari olarak T6 ısıl işlem şartlarında temin edilen ana malzemenin, Şekil 3'te yaşlandırılan malzemenin tormalanmasında kesme parametrelerinin seviyeleri görülmektedir.

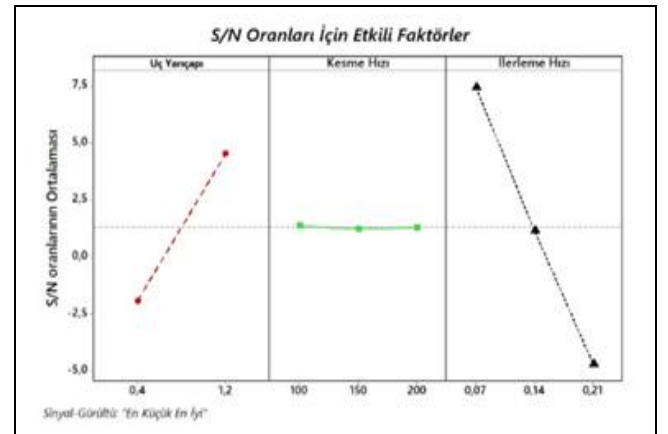
3.2 Varyans analizi (Anova)

Yüzey pürüzlülüğü üzerindeki kesici takım uç yarıçapının ve kesme parametrelerinin etkilerini analiz etmek için varyans analizi yapılmıştır. Varyans analizi sonuçları Tablo 6'da

görülmektedir. Yapılan bu analiz %95 güven seviyesinde gerçekleştirilmiştir. Kontrol faktörlerinin çıktı üzerindeki etkisi istatistiksel olarak ifade edilmeye çalışılmıştır. Varyans analiz sonuçlarına göre yüzey pürüzlülüğü (Ra) üzerinde ana malzeme için %68.28 katkı oranı ile yaşlandırılan malzeme için %55.21 katkı oranı ile ilerleme miktarı en etkili kesme parametresi olmuştur. İstatistiksel analiz sonuçları ile deneysel çalışmada elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında birbirlerini doğrular niteliktedir.



Şekil 2: Ticari olarak T6 ısıl işlem şartlarında temin edilen ana malzeme, yüzey pürüzlülüğü için kontrol faktörlerinin seviye değerler.



Şekil 3: Yaşlandırılan malzemenin yüzey pürüzlülüğü için kontrol faktörlerinin seviye değerler.

Tablo 4: İşleme sonrası elde edilen Ra ve S/N oranları.

Deney No	Kontrol Faktörleri			Ana malzeme Ra (μm)	Ana malzeme için S/N Oranı (dB)	Yaşlandırılan malzeme Ra (μm)	Yaşlandırılan malzeme için S/N Oranı (dB)
	A Uç yarıçapı	B Kesme hızı	C İlerleme miktarı				
1	0.4	100	0.07	0.875	1.15984	0.492	6.160
2	0.4	100	0.14	1.100	-0.82785	1.25	-1.938
3	0.4	100	0.21	1.878	-5.47391	2.72	-8.691
4	0.4	150	0.07	0.574	4.82176	0.584	4.671
5	0.4	150	0.14	1.215	-1.69153	1.124	-1.015
6	0.4	150	0.21	2.125	-6.54718	2.548	-8.123
7	0.4	200	0.07	0.600	4.43697	0.512	5.814
8	0.4	200	0.14	1.117	-0.96106	1.72	-4.710
9	0.4	200	0.21	2.050	-6.23508	2.978	-9.478
10	1.2	100	0.07	0.542	5.32001	0.342	9.319
11	1.2	100	0.14	0.815	1.77685	0.612	4.264
12	1.2	100	0.21	1.320	-2.41148	1.112	-0.922
13	1.2	150	0.07	0.585	4.65688	0.385	8.290
14	1.2	150	0.14	0.698	3.12289	0.498	6.055
15	1.2	150	0.21	1.575	-3.94561	1.328	-2.463
16	1.2	200	0.07	0.357	9.70904	0.300	10.457
17	1.2	200	0.14	0.652	3.71505	0.614	4.236
18	1.2	200	0.21	0.870	1.20961	0.845	1.462

Tablo 5: Ra için S/N yanıt tablosu.

Seviyeler	Kontrol Faktörleri		
	A	B	C
Ana Malzeme			
1	-1.257	-0.076	5.017
2	2.572	0.069	0.855
3	-	1.979	-3.900
Delta	3.829	2.055	8.918
Yaşlandırılan Malzeme			
1	-1.923	1.297	7.452
2	4.522	1.236	1.149
3	-	1.366	-4.703
Delta	6.446	0.130	12.155

Tablo 6: Yüzey pürüzlülüğü için Anova tablosu.

Kontrol Faktörleri	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri	Katkı Oranı %
Ana Malzeme						
A	1	0.9568	0.95681	22.04	0.001	18.94
B	2	0.1239	0.06195	1.43	0.278	2.47
C	2	3.4489	1.72447	39.72	0.000	68.28
Error	12	0.5209	0.04341			10.31
Total	17	5.0506				100
Yaşlandırılan Malzeme						
A	1	3.4602	3.46020	20.09	0.001	28.100
B	2	1.0250	0.01251	0.07	0.929	8.322
C	2	6.7996	3.39980	20.45	0.000	55.211
Error	12	1.0305	0.16921	-	-	8.367
Total	17	12.3153				100

3.3 Deney sonuçlarının değerlendirilmesi

3.3.1 Sertlik ve mikroyapı sonuçları

Ticari olarak T6 ısıl işlem şartlarında temin edilen ana malzeme, solüsyona alma ısıl işlemi uygulanmış malzeme ve yaşlandırılan malzemeler üzerinde sertlik ölçümleri yapılmıştır. Ticari haliyle T6 ısıl işlem şartlarında temin edilen malzemenin sertliği 187 HV5 ölçülmüştür. Solüsyona alma ısıl işlemi uygulandıktan sonra suda soğutulan malzemenin sertliği

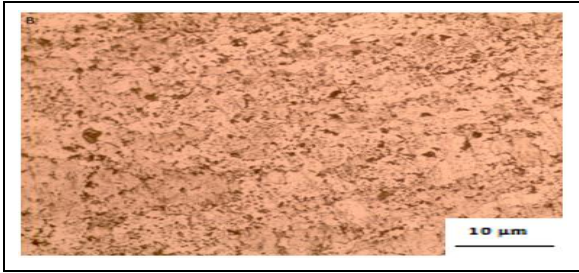
150 HV5 ölçülmüştür. Güleryüz ve Kaçar, sertliğin düşme nedeninin T6 ısıl işlem durumunun giderilmesi olarak belirtmişlerdir [2]. 140 °C'de 12 sa. fırında bekletilerek yaşlandırılan malzemenin sertliği 210 HV5 olarak ölçülmüştür. Yaşlandırma ısıl işlemine bağlı olarak meydana gelen GP (vacancy rich cluster) zonları sertlik artışındaki neden olarak görülmektedir. Chen ve diğ. GP zonlarının farklı yapıda GP1 ve GP2 olmak üzere iki çeşit olduğunu, GP1 zonlarının oda sıcaklığından 140-150 °C sıcaklık aralığında oluşurken, GP2

zonunun 70 °C sıcaklığının üzerinde meydana geldiğini ve yarı kararlı ıf fazını oluşturarak sertlik artışına neden olduğunu belirtmişlerdir [16].

Ticari olarak T6 ısıl işlem şartlarında temin edilen ana malzemenin ve solüsyona alınmış ve suda soğutulmuş malzemenin mikroyapı incelemeleri yapılmıştır. Şekil 4(a)'da ticari olarak T6 ısıl işlem şartlarında temin edilen ana malzemenin Şekil 4(b)'de solüsyona alınmış ve suda soğutulmuş malzemenin mikroyapı görüntüsü yer almaktadır. Şekil 4(a)'da görüldüğü gibi ticari olarak T6 ısıl işlem şartlarında temin edilen malzemenin mikroyapısı uzun tanelerden meydana gelmektedir. Şekil 4(b)'de 480 °C sıcaklıkta beş saat solüsyona alma ısıl işlemine tabi tutulan T6 ısıl işlem görmüş malzemenin mikroyapısının bozulduğu ve Yapı beta atomlarının zengin alfa katı eriyiğinden oluştuğu görülmektedir [2].



(a)

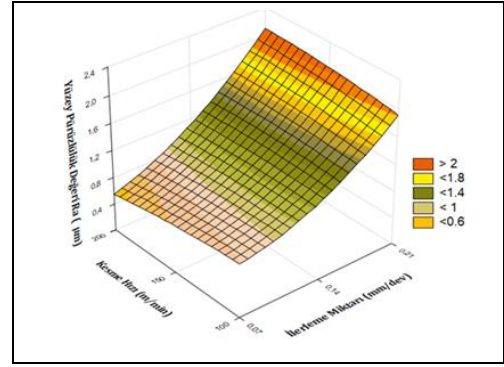


(b)

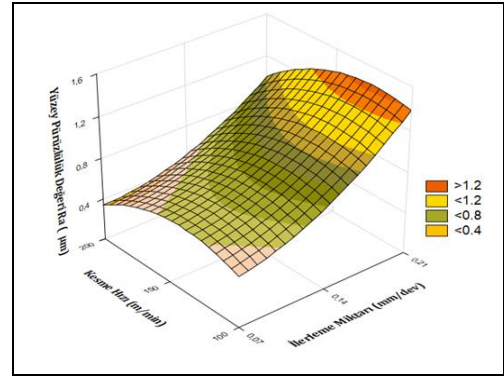
Şekil 4(a): Ana malzeme. (b): Solüsyona alınmış ve suda soğutulmuş malzemenin mikroyapı görüntüsü.

3.3.2 Tortalama deneyleri sonuçları

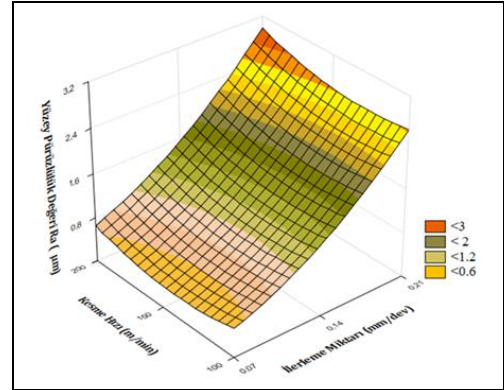
Şekil 5'te ticari olarak T6 ısıl işlem şartlarında temin edilen ana malzeme ve Şekil 6'de yaşlandırılan malzeme üzerinde yapılan deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen yüzey pürüzlülüğündeki değişimler görülmektedir. Şekil 5 ve Şekil 6'ya (a)'da 0.4 mm uç yarıçapında Şekil 5 ve Şekil 6'ya (b)'de 1.2 mm uç yarıçapında yüzey pürüzlülüğündeki değişimler görülmektedir. Alüminyum alaşımlarının işlenmesinde, takımın aşınmasından çok takıma yapışan talaşın engellenmesi gerekmektedir. Şekil 5 ve Şekil 6 genel olarak incelendiğinde her iki uç yarıçapında ilerleme miktarının artması ile yüzey pürüzlülük değerleri artmıştır. 200 m/min kesme hızında, ilerleme miktarının 0.07 mm/dev'den 0.14 mm/dev artırılmasıyla yüzey pürüzlülük değeri yaklaşık olarak %54 oranında 0.14 mm/dev'den 0.21 mm/dev artırılmasıyla da yaklaşık olarak %93 oranında yüzey pürüzlülüğü artmıştır. Bu artışa yüksek kesme hızlarında ve ilerleme miktarlarında takım tezgâhında meydana gelen titreşimlerin neden olduğu düşünülmektedir.



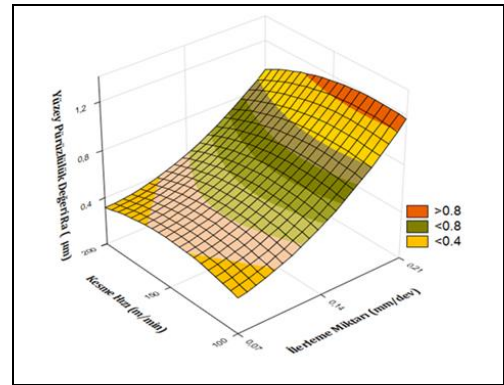
(a)



Şekil 5: Ticari olarak T6 ısıl işlem şartlarında temin edilen ana malzeme için yüzey pürüzlülüğünde kesme parametrelerinin etkisi.



(a)



(b)

Şekil 6: Yaşlandırılan malzeme için yüzey pürüzlülüğünde kesme parametrelerinin etkisi.

Kesme hızının 100 m/min'den, 200 m/min'e artırılmasıyla yüzey pürüzlülük değerlerinin her iki uç yarıçapı için de azaldığı görülmektedir. En düşük yüzey pürüzlülüğü değeri kesme parametrelerinin optimum seviyesi olan 1.2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımlarla 200 m/min kesme hızında ve 0.07 mm/dev ilerleme miktarında yapılan deneylerde Ticari olarak T6 ısıl işlem şartlarında temin edilen ana malzeme ve yaşlandırılan malzeme için sırasıyla 0.357 µm ve 0.300 µm ölçülmüştür. Ticari olarak T6 ısıl işlem şartlarında temin edilen ana malzemeye göre yaşlandırılan malzemedeki sertlik artışı işlenebilirliği olumlu etkilemiştir. Tornalama deneylerinde bu sertlik artışına bağlı olarak yaşlandırılan malzemedeki yüzey pürüzlülüğü değerleri ticari olarak T6 ısıl işlem şartlarında temin edilen ana malzeme göre daha düşük çıkmıştır. Buna ek olarak, 1.2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımlarla yapılan deneylere göre 0.4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımlarla yapılan deneylerde yüzey pürüzlülüğü değerlerinin daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç Akgün ve diğ. Mg2Si partikül takviyeli magnezyum alaşımları üzerine yapmış oldukları çalışmada elde ettikleri kesici takım uç yarıçapının büyümesiyle yüzey pürüzlülük değerleri azaldığı sonucuna benzerdir [17]. Ayrıca Kopac ve Bahor, bir çalışmalarında büyük uç yarıçaplı kesici takım kullanıldığında, düşük yüzey pürüzlülüğü değerlerine ulaşıldığını vurgulamışlardır [18].

4 Sonuçlar

Bu çalışmada, Ticari olarak T6 ısıl işlem şartlarında temin edilen AA7075 alüminyum alaşımında yaşlandırma ısıl işleminin işlenebilirliğe etkisi araştırılmıştır. Kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne olan etkileri istatistiksel olarak araştırılarak Taguchi optimizasyonu ile optimum kesme parametreleri belirlenmiştir. Yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda belirtilmiştir.

- Ticari haliyle T6 ısıl işlem şartlarında temin edilen malzemenin sertliği 187 HV5 ölçülmüştür. Solüsyona alma ısıl işlemi uygulandıktan sonra suda soğutulan malzemenin sertliği 150 HV5 ölçülmüştür. 140 °C'de 12 sa. fırında bekletilerek yaşlandırılan malzemenin sertliği 210 HV5 olarak ölçülmüştür,
- Yüzey pürüzlülüğünün en küçük değeri için kontrol faktörlerinin optimum seviyeleri A kesici takım uç yarıçapı 1.2 mm (Seviye 2), B kesme hızı 200 m/min (Seviye 3) ve C ilerleme miktarı 0.07 mm/dev (Seviye 1) olarak belirlenmiştir. Bu parametrelerde ana malzeme ve yaşlandırılan malzemenin tornalanmasında yüzey pürüzlülük değeri sırasıyla 0.357 µm ve 0.300 µm ölçülmüştür,
- Varyans analiz sonuçlarına göre yüzey pürüzlülüğü (Ra) üzerinde en etkili kesme parametresi, ana malzeme için %68.28 katkı oranı ve yaşlandırılan malzeme için %55.21 katkı oranı ile ilerleme miktarı olmuştur,
- Uç yarıçapının büyümesiyle yüzey pürüzlülük değerleri azalmıştır,
- Ticari olarak T6 ısıl işlem şartlarında temin edilen ana malzemeye göre yaşlandırılan malzemedeki sertlik artışı işlenebilirliği olumlu etkilemiştir.

5 Kaynaklar

- [1] Çağan S. Ç, Uğurlu M, Buldum B. B, Sevim İ. "Alüminyum ve alaşımlarının asker araçlarda kullanımı". *II Uluslararası Savunma Sanayi Sempozyumu*, Kırıkkale, Türkiye, 06-08 Nisan 2017.
- [2] Gülerüz K, Kaçar R. "Deformasyon yaşlanmasının AA7075 alüminyum alaşımının mekanik özelliklerine etkisinin incelenmesi". *6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11)*, Elazığ, Türkiye, 16-18 Mayıs 2011.
- [3] Yüksel B. "6063 alüminyum alaşımının sertliği ve taneler arası korozyonu üzerine suni yaşlandırmanın etkisi". *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23(4), 395-398, 2017.
- [4] Demir H, Gündüz S. "The effects of aging on machinability of 6061 aluminium alloy". *Materials & Design*, 30(5), 1480-1483, 2009.
- [5] Krishna N. N, Praveen M, Mangam V. "Study on influence of heat treatment on mechanical properties and machinability during CNC turning of AA6061 alloy". *Materials Science and Engineering*, 377(1), 12-25, 2018.
- [6] Al-Saadı H. I. A, Tunay R. F. "Sunı yaşlandırma işleminin alüminyum alaşımının sertliği üzerine etkisi". *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 5(3), 525-532, 2017.
- [7] Türkmen M, Akdemir O, Taşpınar Y, Yıldız M, Gündüz S. "Al-Mg-Si alaşımının mikroyapı ve mekanik özelliklerine soğuma hızının etkisi". *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 21(1), 11-14, 2015.
- [8] Sivasankaran S, Harisagar PT, Saminathan E, Siddharth S, Sasikumar P. "Effect of nose radius and graphite addition on turning of AA 7075-ZrB2 in-situ composites". *Procedia Engineering*, 97, 582-589, 2014.
- [9] Sekmen M, Günay M, Şeker U. "Alüminyum alaşımlarının işlenmesinde kesme hızı ve talaş açısının yüzey pürüzlülüğü yığıntı talaş ve yığıntı katmanı oluşumu üzerine etkisi". *Politeknik Dergisi*, 18(3), 141-148, 2015.
- [10] Teimouri R, Saeid A, Nasrobin M. "Experimental study and empirical analysis on effect of ultrasonic vibration during rotary turning of aluminum 7075 aerospace alloy". *Journal of Manufacturing Processes*, 26, 1-12, 2017.
- [11] Dişbudak T, Şensoy S. "7075 Alüminyum alaşımının tornalamasında kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkilerinin analizi". *Mühendislik ve Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 2(1), 13-29, 2014.
- [12] Iscar Manufacturer of Metalworking Tools. "Cutting Tools Catalog". <https://www.iscar.com/eCatalog/Index.aspx> (21.01.2020).
- [13] Türk Standartları Enstitüsü. "Torna Kalemleri-Ömür Deneyi" TS 10329 (ISO 3685), (1992).
- [14] Kıvak T. "Optimization of surface roughness and flank wear using the taguchi method in milling of hadfield steel with PVD and CVD coated inserts". *Measurement*, 50, 19-28, 2014.
- [15] Mandal N, Doloi B, Mondal B, Das R. "Optimization of flank wear using zirconia toughened alumina (ZTA) cutting tool: taguchi method and regression analysis". *Measurement*, 44, 2149-2155, 2011.

- [16] Chen J, Zhen L, Yang S, Shao W, Dai S. "Investigation of precipitation behavior and related hardening in AA 7055 aluminum alloy". *Materials Science and Engineering: A*, 500(1-2), 34-42, 2009.
- [17] Akgün M, Demir H, Çiftçi İ. "Mg₂Si partikül takviyeli magnezyum alaşımlarının tornalanmasında yüzey pürüzlülüğünün optimizasyonu". *Politeknik Dergisi*, 21(3), 645-650, 2018.
- [18] Kopac J, Bahor M. "Interaction of the technological history of a workpiece material and the machining parameters on the desired quality of the surface roughness of a product". *Journal of Materials Processing Technology*, 92-93, 381-387, 1999.