

1. GİRİŞ

Talaşlı imalat yıllardır uygulanan bir yöntem olup, önemini günümüzde de korumaktadır. Talaşlı imalatın yaygın bir kolu olan tornalamada özellikle işleme parametrelerindeki değişkenler ürünün kalitesini doğrudan etkileyen etmenlerin başında gelmektedir[1-6]. İşleme değişkenlerinin tespitinde bir takım elkitablarının yardımını almak başvurulması gereken en önemli yardımcı kaynaklardan biri olmakla beraber, her zaman için teorik uygulama ile pratik uygulama tam anlamıyla örtüşmeyebilir. Bilimde çok fazla karşılaşılan bir durum olan bu hususta birçok çalışmalar yapılmış, bu çalışmalar işleme parametrelerinin optimizasyonu konularında sürdürülmektedir[7-12].

Tornalamada gezer punta gibi bir merkezleme aracının kullanımı, özellikle parçanın silindirik değerinin üzerine etki etmektedir. Parça işleme sırasında kesici takımdan kaynaklanan birçok kuvvete maruz kalmaktadır. Bu kuvvetlerin parçanın geometrik yapısı üzerine etkileri sonucu, iş parçası istenilen silindiriklik değerinde üretilemeyebilir[1, 2, 4].

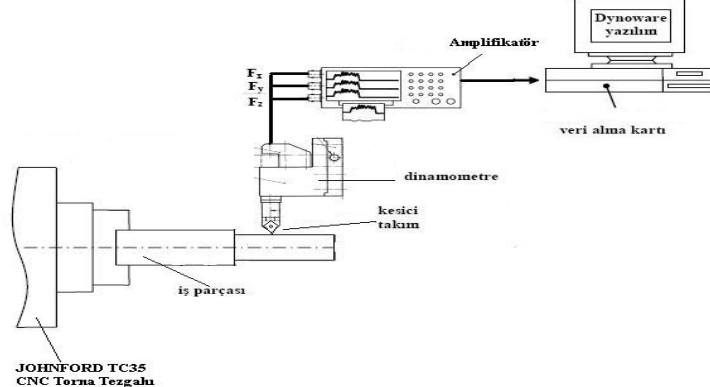
Kesme kuvvetlerinin parçanın silindirikliğine etkisi yanında parçadaki yüzey pürüzlülüğüne etkisi ve titreşime etkilerinin incelenmesidir[1, 2, 4]. Alüminyum yapı itibariyle kesit atalet momenti değeri düşük bir parçadır. Bu malzemelerde işleme şartlarına bağlı olarak parça üzerinde burkulma medya gelmektedir. Bu burkulma sehimle beraber silindirikliği oluşturmaktadır.

Deneylerde Taguchi metodu kullanılarak gereksiz yapılacak deneylerden kaçınılmakta zaman ve maliyet tasarrufu sağlanmaktadır [15-17]. Taguchi yöntemiyle gerçekleştirilen deneylerde parça üzerine uygulanan kuvvetlerde maksimum ve minimum değerler aralığında oluşan kesme kuvvetleri ve titreşim ölçülmüştür. Yine Taguchi metodu ile gerçekleştirilen deneylerde, bağımlı - bağımsız değişkenler arasındaki ilişki regresyon analiz yöntemiyle modellenmiş ve böylece daha sonraları benzeri çalışmalarda deneysel olmaksızın tahmini değerlere ulaşılabilmesi sağlanmıştır [18].

2. MATERYAL ve YÖNTEM

2.1. Sistem Donanımı

Deneylerde kullanılan silindirik iş parçaları, 150 mm uzunluğunda ve 25 mm çapında Al 2017 alüminyum malzemedir. Deneylerde Motor gücü 20 HP, ayna çapı 250 mm, fener mili çapı 75 mm, 1/1000 mm hassasiyetinde iki boyutlu(x-z), JOHNFORD TC 35 CNC Fanuc 0T CNC Torna Tezgahı kullanılmıştır. Deneysel çalışmada Safety Groupe firmasına ait DNMG 150608-2C KX20 insert uçlar kullanılmıştır. Deneysel çalışmada, işleme sonrası elde edilen iş parçasının yüzeyindeki pürüzlülük değeri MAHR-Perthometer ile ölçülmüştür. Deneylerde kuvvet ölçümü için KISTLER 9121 kuvvet sensörü, KISTLER 5019b tipi yük amplifikatörü ve DynoWare analiz programı kullanılmıştır (Şekil 1). Deney malzemelerinin boyut ve konum ölçüleri Mitutoyo Crysta-Apex C574 cihazı ile kesme esnasında oluşan titreşimlerde Brüel&Schenk firmasına ait Vibrotest 60 cihazı ile ölçülmüştür.



Şekil 1. Deney Düzenegi

2.2 Faktörlerin Belirlenmesi ve Ortogonal Dizin

Bu çalışmanın en önemli amaçlarından biride endüstriyel uygulamalara katkı sağlayarak, reel çözümler üretmektir. Bu amaç dikkate alınarak, faktör seçiminde günümüz imalat sanayinde kullanılan işleme parametreleri, işleme koşulları ve kesici takımlar tercih edilmeye çalışılmıştır. Bu bağlamda, endüstriyel uygulaması, hafiflik, yüksek mukavemet ve kolay şekillendirilebilirlik gibi özelliklerinden dolayı alüminyum malzemesinin işlenmesinde kullanılabilecek parametrelerden; ilerleme oranı, talaş derinliği, iş parçası boyu ve çapı gibi özellikler dikkate alınmıştır. En uygun parametreler seçilerek, en uygun kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülüğü ve minimal titreşim edilmesi amaçlanmıştır. Belirlenen parametreler ve bunların seviyeleri Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. Deney Faktörleri ve Seviyeleri

Faktörler	Birim	1. Seviye	2. Seviye	3. Seviye
1 Boy (A)	mm	50	70	90
2 Çap (B)	mm	25	20	15
3 Talaş Derinliği (C)	mm	0.5	1.0	1.5
4 İlerleme (D)	mm/dev	0.15	0.30	0.45

Bu çalışmada, kesme hızı $n = 2500$ dev/min olarak sabit tutulmuştur. Tablo 2’deki parametreler göz önünde bulundurularak, deneysel çalışma için en uygun tasarım olarak 9 deneysel Taguchi L_9 ortogonal dizin seçilmiştir. Tablo 2’de Minitab 13 istatistik yazılımı yardımı ile belirlenen L_9 lik deney tasarımı görülmektedir.

Tablo 2. Taguchi L_9 Deney Tasarımı

Deney Numarası	Değişkenler	(A)	(B)	(C)	(D)
		Boy (mm)	Çap (mm)	Talaş Derinliği (mm)	İlerleme (mm/dev)
1	$A_1B_1C_1D_1$	1	1	1	1
2	$A_1B_1C_2D_2$	1	2	2	2
3	$A_1B_1C_3D_3$	1	3	3	3
4	$A_2B_2C_1D_1$	2	1	2	3
5	$A_2B_2C_2D_2$	2	2	3	1
6	$A_2B_2C_3D_3$	2	3	1	2
7	$A_3B_3C_1D_2$	3	1	3	2
8	$A_3B_3C_2D_3$	3	2	1	3
9	$A_3B_3C_3D_1$	3	3	2	1

2.3. Deney Sonuçları

2.3.1. Kesme Kuvveti, Titreşim, Yüzey Pürüzlülüğü ve Silindiriklik Ölçüm Sonuçları

Deneysel çalışmada, her işleme şartı için kesme kuvvetleri ve titreşimler ölçülmüştür. Ayrıca, her bir numunenin yüzey pürüzlülüğü ve silindiriklik değerleri de büyük bir hassasiyetle ölçülmüştür. Kesme prosesi esnasında oluşan kesme kuvvetleri, titreşim, yüzey pürüzlülüğü (Ra) ve Silindiriklik değerleri Tablo 3’de sunulmuştur.

Tablo 3. Kesme Kuvveti (F), Titreşim ve Ra değerleri

Deney No.	Değişkenler	F (N)	Ra (μm)	Titreşim-ivme (m/s^2)
1	A ₁ B ₁ C ₁ D ₁	94	0,831	0,168
2	A ₁ B ₁ C ₂ D ₂	482	7,824	4,940
3	A ₁ B ₁ C ₃ D ₃	999	6,228	0,173
4	A ₂ B ₂ C ₁ D ₁	666	7,135	0,131
5	A ₂ B ₂ C ₂ D ₂	483	1,660	5,696
6	A ₂ B ₂ C ₃ D ₃	269	3,560	1,559
7	A ₃ B ₃ C ₁ D ₂	841	3,394	0,104
8	A ₃ B ₃ C ₂ D ₃	565	9,970	1,760
9	A ₃ B ₃ C ₃ D ₁	791	2,708	2,838

2.3.2. Deney Sonuçlarının Analizi ve Optimizasyonu

2.3.2.1. Kesme Kuvvetleri Sonuçları

Talaşlı imalat, talaş kaldırılarak şekillendirme prosesi olmasından dolayı kesme kuvvetleri önemli bir unsurdur. İdeal kesme kuvvetlerinin belirlenmesi ile kesme prosesi bir çok açıdan iyileştirmiş olacaktır. Bu durum dikkate alındığında, kesme kuvvetlerinin optimizasyonu, bu proseslerde vazgeçilmez unsurlar arasında sayılabilmektedir. Bu çalışmada, Taguchi Metodunun Kalite karakteristiklerinden oranı en küçük en iyidir prensibi kesme kuvvetlerinin optimizasyonu içinde kullanılmıştır. Tablo 4’de Alüminyum malzemenin işlenmesinde oluşan kesme kuvvetlerinin S/N oranları görülmektedir. Bu tornalama yönteminde ölçülen max. Kesme kuvveti 999 N iken minimum Kesme kuvveti ise 94 N olmuştur. Elde edilen bu sonuç, tornalama yönteminde optimizasyonun kazanımlarına ışık tutmaktadır.

Tablo 4. Kesme Kuvveti (F) değerleri

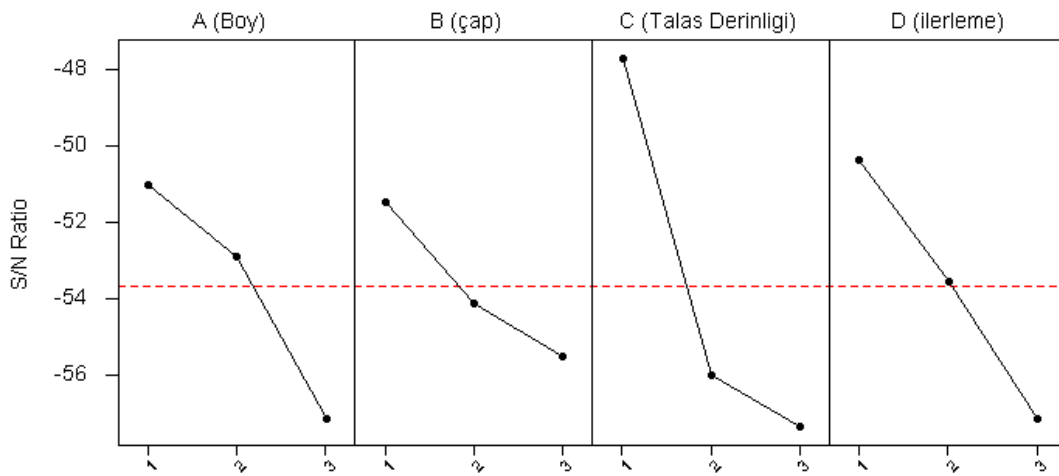
Deney No.	Değişkenler	F (N)	S/N Oranı (dB)
1	A ₁ B ₁ C ₁ D ₁	94	-39,4626
2	A ₁ B ₁ C ₂ D ₂	482	-53,6609
3	A ₁ B ₁ C ₃ D ₃	999	-59,9913
4	A ₂ B ₂ C ₁ D ₁	666	-56,4695
5	A ₂ B ₂ C ₂ D ₂	483	-53,6789
6	A ₂ B ₂ C ₃ D ₃	269	-48,5950
7	A ₃ B ₃ C ₁ D ₂	841	-58,4959
8	A ₃ B ₃ C ₂ D ₃	565	-55,0410
9	A ₃ B ₃ C ₃ D ₁	791	-57,9635

Taguchi Deney Tasarımı’nda kalite karakteristiklerinin değerlendirilmesinde S/N oranları kullanılmaktadır. Ölçülmek istenilen Sinyalin gürültü faktörüne oranı belirlenerek ölçüm gerçekleştirilmektedir. Gürültü istenilmeyen bir orandır.

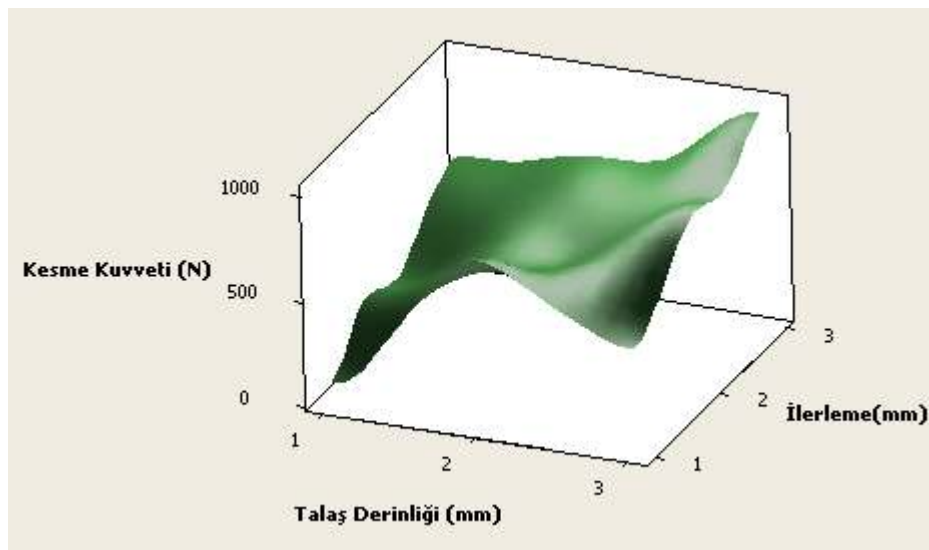
Tablo 5. F Değerlerinin S/N oranları

Seviye	A	B	C	D
1	-51,0383	-51,4760	-47,6995	-50,3683
2	-52,9145	-54,1270	-56,0313	-53,5840
3	-57,1668	-55,5166	-57,3887	-57,1673
$\Delta_{\text{max-min}}$	6,1285	4,0406	9,6892	6,7989
Rank	3	4	1	2

Şekil 2’de iş parçası boyu, çapı, talaş derinliği ve ilerleme oranının Max. Kesme Kuvveti zerindeki etkisini ifade eden sinyal gürültü oranları grafiksel olarak sunulmuştur.

**Şekil 2 .** Sinyal gürültü oranları

Yapılan optimizasyona ilave olarak, aşağıda alüminyum malzemenin tornalanmasında, kesme kuvvetinin oluŐumda en etkin iki parametre Şekil 3’de sunulmuştur.

**Şekil 3.** Talaş derinliği ve ilerleme oranının Kesme Kuvvetine etkisi

2.3.2.2. Yüzey Pürüzlülüğü (Ra) Sonuçları

Yüzey kalitesinin belirlenmesinde en çok dikkate alınan; iş parçasının işlenen yüzeyinde oluşan yüzey pürüzlülüğüdür. Alüminyum malzemenin tornalanması sonucu elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri ve S/N oranları Tablo 6'da verilmiştir. Ölçülen maksimum yüzey pürüzlülüğü değeri (Ra) 10,590 μm ve en küçük yüzey pürüzlülüğü değeri (Ra) ise 0.798 μm olmuştur.

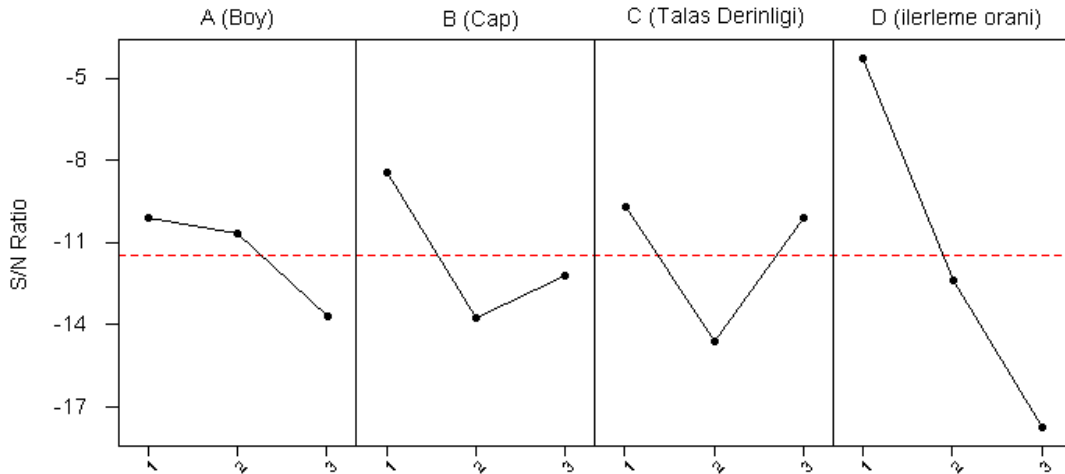
Tablo 6. Ra Değerlerinin S/N Oranları

Deney No.	Değişkenler	Ra (μm)	S/N Oranı (dB)
1	A ₁ B ₁ C ₁ D ₁	0,798	1,9599
2	A ₁ B ₁ C ₂ D ₂	6,624	-16,4224
3	A ₁ B ₁ C ₃ D ₃	6,123	-15,7393
4	A ₂ B ₂ C ₁ D ₁	7,149	-17,0849
5	A ₂ B ₂ C ₂ D ₂	1,652	-4,3602
6	A ₂ B ₂ C ₃ D ₃	3,375	-10,5655
7	A ₃ B ₃ C ₁ D ₂	3,244	-10,2216
8	A ₃ B ₃ C ₂ D ₃	10,590	-20,4979
9	A ₃ B ₃ C ₃ D ₁	3,289	-10,3413

Tablo 6'da faktörlerin her bir seviyesi için S/N değerleri görülmektedir. S/N değerlerine bağlı olarak, Rank ve Delta değerleri de Tablo 7'de verilmiştir. Şekil 4'de sinyal gürültü oranları grafiksel gösterimle sunulmuştur.

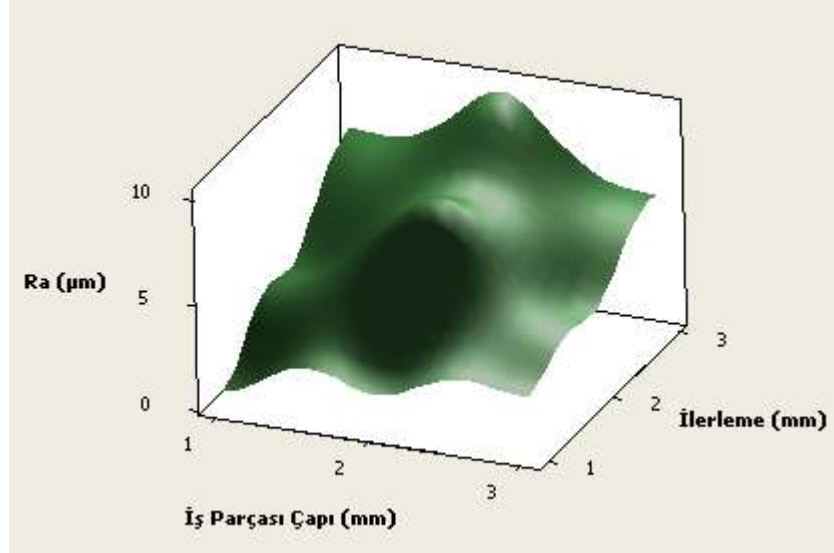
Tablo 7. Ra Değerlerinin S/N Oranları

Seviye	A	B	C	D
1	-10,0672	-8,4489	-9,7012	-4,2472
2	-10,6702	-13,7602	-14,6162	-12,4032
3	-13,6869	-12,2153	-10,1070	-17,7740
$\Delta_{\text{max-min}}$	3,6197	5,3113	4,9150	13,5269
Rank	4	2	3	1



Şekil 4. Sinyal Gürültü Oranları

Talaşlı imalatta, iş parçası malzemesi önemli bir faktör olmakla beraber, genel olarak talaşlı şekillendirmede bazı işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü oluşumuna etkisi, yıllardır yapılan çalışmalar sonucunda ortaya konulmuştur. Bu çalışmada, işlenmiş iş parçası yüzey pürüzlülük değerinde etkin rol oynayan iki parametre ve yüzey pürüzlülüğüne etkime oranları şekil 5’de sunulmuştur.



şekil 5. İlerleme oranı ve iş parçası çapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi

2.3.2.3. Titreşim sonuçları

Takım tezgahlarının, kesici takım tutucusu ve diğer bağlama aparatlarının rijit olması mevcut teknoloji ile mümkün olmadığından dolayı, talaş kaldırma süresince titreşimin oluşması hala üzerinde çalışılan bir araştırma konusudur. Bu çalışmada, talaş kaldırma esnasında meydana gelen titreşim ölçülmüş ve minimal titreşim oluşumu için optimal kesme koşulları belirlenmeye çalışılmıştır. Tablo 8’de kesme esnasında oluşan titreşim ve bu değerler için S/N oranları gösterilmiştir.

Tablo 8. Kesme esnasında oluşan titreşim ve bu değerler için S/N Oranları

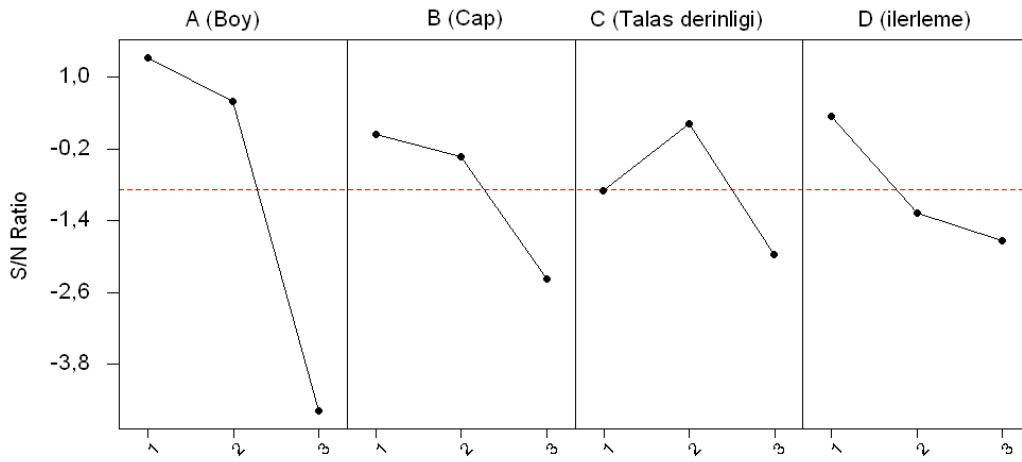
Deney No.	Değişkenler	Titreşim-ivme (m/s^2)	S/N Oranı (dB)
1	$A_1B_1C_1D_1$	0,6680	15,4938
2	$A_1B_1C_2D_2$	0,7400	-13,8745
3	$A_1B_1C_3D_3$	1,2730	15,2391
4	$A_2B_2C_1D_1$	0,8131	17,6546
5	$A_2B_2C_2D_2$	0,8600	-15,1114
6	$A_2B_2C_3D_3$	1,1590	-3,8569
7	$A_3B_3C_1D_2$	1,8040	19,6593
8	$A_3B_3C_2D_3$	1,7600	-4,9103
9	$A_3B_3C_3D_1$	1,5380	-9,0602

Talaş kaldırmada bağımsız değişken olarak kabul edilen ve dikkate alınan her bir parametre için titreşime bağlı S/N oranları Tablo 9’da sunulmuştur.

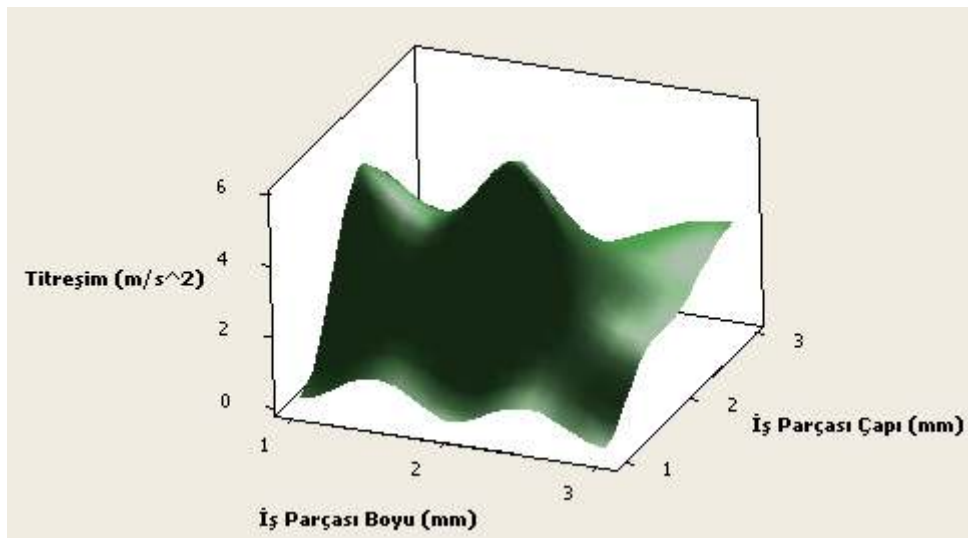
Tablo 9. Her parametre için titreşime bağlı S/N Oranları

Seviye	A	B	C	D
1	1,34109	0,05895	-0,89582	0,35846
2	0,60849	-0,32829	0,22445	-1,26368
3	-4,59137	-2,37245	-1,97042	2,09503
$\Delta_{\text{max-min}}$	5,93246	2,43141	2,19488	2,09503
Rank	1	2	3	4

Bu parametrelerin S/N oranları grafiksel olarak Şekil 6'da görülmektedir.

**Şekil 6.** Sinyal Gürültü Oranları

Diğer ölçülebilir büyüklüklerin oluşumunda etkin parametrelerden ikisinin tayini ve grafiksel gösterimi yapıldığı gibi, talaş kaldırma yönteminde; titreşimin oluşumu ve bu oluşumda etkili olan iki parametre ve etkime oranları Şekil 7'de sunulmuştur.

**Şekil 7.** İlerleme oranı ve iş parçası çapının titreşim oluşumuna etkisi

2.4. Tahmini Değerlerin Belirlenmesi

2.4.1. Minimum F Değerlerinin Tahmini

Yapılan deneysel çalışmalarda elde edilen sonuçlardan S/N oranlarına bağlı olarak faktörlerin optimal seviyeleri Tablo 10'da sunulmuştur.

Tablo 10. F_{max} için optimal sonuçlar

Faktörler	Seviye	F yanıt değeri
A	1	525
B	1	533,667
C	1	309,333
D	1	456

Yukarıdaki tablolarda verilen bu değerler dikkate alınarak optimal F değerleri aşağıdaki şekilde tahmin edilmiştir. Tahmini min. F değerleri;

$$\begin{aligned} \text{Min. F} &= A_1 + B_1 + C_1 + D_1 - 3 (Y) & (1) \\ &= 525 + 533,667 + 309,333 + 456 - 3 (576,41) = 94,8 \text{ N} \end{aligned}$$

2.4.2. Minimum Ra Değerlerinin Tahmini

Yapılan deneysel çalışmalarda elde edilen sonuçlardan S/N oranlarına bağlı olarak faktörlerin optimal seviyeleri Tablo 11'de sunulmuştur.

Tablo 11. Ra için Optimal Sonuçlar

Faktörler	Seviye	Ra yanıt değeri
A	1	4,51500
B	1	3,73033
C	1	4,92100
D	1	1,91300

Yukarıdaki tablolarda verilen bu değerler dikkate alınarak optimal Ra değerleri aşağıdaki şekilde tahmin edilmiştir.

Tahmini min. Ra değerleri;

$$\text{Min. Ra} = A_1 + B_1 + C_1 + D_1 - 3 (Y) \quad (2)$$

$$\text{Min. Ra} = 4,5150 + 3,7303 + 4,9210 + 1,9130 - 3 (4,7580) = 0.805 \mu\text{m}$$

2.4.3. Minimum Titreşim Değerlerinin Tahmini

Tablo 12. Titreşim için minimal Sonuçlar

Faktörler	Seviye	Yanıt değeri
A	1	0,89367
B	1	1,09503
C	2	1,03037
D	1	1,02200

$$\text{Min. Titreşim Oranı} = A_1 + B_1 + C_3 + D_3 - 3 (Y) \quad (3)$$

$$\text{Min. Titreşim Oranı} = 0,89367 + 1,09503 + 1,03037 + 1,022 - 3 (1,17945) = 0.502$$

2.5. Doğrulama Deneyleri

Taguchi optimizasyon metodunu kullanarak, yapılan deneysel çalışmada optimal sonuçları elde edilmektedir. Elde edilen bu sonuçlar bazı zamanlarda mevcut deneylerden herhangi biri olabilirken, bazı zamanlarda ise yapılan deneylerin haricinde bir deney yaparak optimal sonuca ulaşmayı da gerektirebilir. Doğrulama deneyinden elde edilen sonuçlar, yapılan optimizasyonun başarısını yansıtmaktadır. Bu bağlamda optimal şartların tahmin edildiği ve hesaplamalar sonucu elde edilen değerler ile doğrulama deneyleri sonucunda elde edilen kesme kuvvet, yüzey pürüzlülüğü ve titreşim değerleri Tablo 13, Tablo 14 ve Tablo 15’de sunulmuştur.

Deney sonuçlar incelendiğinde, elde edilen sonuçların yeterli olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar, yapılan deneylerde Taguchi Optimizasyon metodunun başarı ile uygulanabileceğini göstermiştir.

Tablo 13. F İçin Optimal Sonuçlar

	Tahmin Edilen	Doğrulama Deneyi
Seviye	A ₁ B ₁ C ₁ D ₁	A ₁ B ₁ C ₁ D ₁
Kesme Kuvveti değerleri (N)	94,8 N	93 N

Tablo 14. Ra İçin Optimal Sonuçlar

	Tahmin Edilen	Doğrulama Deneyi
Seviye	A ₁ B ₁ C ₁ D ₁	A ₁ B ₁ C ₁ D ₁
Pürüzlülük değeri (µm)	0.805	0,824

Tablo 15. Titreşim İçin Optimal Sonuçlar

	Tahmin Edilen	Doğrulama Deneyi
Seviye	A ₁ B ₁ C ₂ D ₁	A ₁ B ₁ C ₂ D ₁
Titreşim-İvme değerleri (m/s ²)	0.502	0,4962

2.6. Regresyon Analizi

Regresyon modeli, neden sonuç ilişkisinin olduğu tahmin edilen değişkenler arasındaki ilişkinin belirlenmesini amaçlayan bir modeldir. Bu bağlamda, Regresyon modelinin uygulanmasında; bağımsız faktörler ile bağımlı faktörler arasında kuramsal ilişkinin olduğunun tahmini veya model kurucu tarafından bilinmesi hayli önemlidir. Regresyon modelinde bu prensipler dikkate alındığında, yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetini; talaş kaldırmada optimal şartların sağlanmasına katkı sağlayan en önemli iki bağımlı değişken olarak kabul etmek doğru bir yaklaşımdır. Bu modelde kullanılan bağımsız değişkenler; iş parçası boyu (A), çapı (B), talaş derinliği (C), İlerleme oranı (D) şeklinde ifade edilmiştir. Bu bağlamda, yapılan çalışmada yüzey pürüzlülüğü, kesme kuvvetleri ve kesme anındaki titreşim oluşmasında etkin faktörler arasındaki etkileşimden faydalanarak, bunların Doğrusal Regresyon Modeli aşağıda sunulmuştur.

F Kesme Kuvveti için Regresyon analizi

$$F = - 536 + 104A + 76,3 B + 233C + 144 D + (\epsilon) \quad R^2 = 0,846 \quad (4)$$

Ra Yüzey pürüzlülüğü için Regresyon analizi

$$Ra = - 1,76 + 0,596A + 0,266 B - 0,624C + 3,02 D + (\epsilon) \quad R^2 = 0,777 \quad (5)$$

Titreşim için Regresyon analizi

$$\text{Titreşim} = - 0,233 + 0,403 A + 0,114 B + 0,058 C + 0,130 D + (\epsilon) \\ R^2 = 0,756 \quad (6)$$

Denklem 4-6'da doğrusal regresyon denklemleri elde edilmiştir. ϵ hatayı ifade etmektedir. R^2 ; regresyon denkleminin uygunluğunu ifade eden katsayıdır. Her bilim dalında veya modelde kullanılan bağımlı ve bağımsız değişkenlerin ilişki oranına bağlı olarak R^2 nin kabul edilebilir değeri değişmekle beraber en optimal değer 1 e en yakın olan değerdir. R^2 1'e yaklaştıkça; bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi ifade eden regresyon modelinin, istatistiksel olarak reel ilişkiye yakınlığının arttığı kabul edilmektedir. Pearson katsayısına göre; R^2 nin 0.80 ve üzeri olması; kuvvetli ilişki olarak kabul edilmekle beraber, % 50 - % 75 arası orta seviyeli ilişki derecesi olarak sayılmaktadır. Bu durumda, modellenen istatistiksel regresyonlar (Denklem 4-6) incelendiğinde, kabul edilebilir sınırlarda olduğu görülmektedir. Özellikle, Denklem 4'de değişkenler arasında kurulan ilişki kuvvetlidir. Buradan yola çıkarak, deneysel çalışmada bağımlı değişkenlerin (yüzey pürüzlülüğü, kesme kuvveti ve titreşim gibi) oluşma oranında kuvvetli etkiye sahip olduğu düşünülerek seçilen faktörler (bağımsız değişkenler) doğru tahmin edildiği anlaşılmaktadır. Bu durumda, Regresyon modeli ile de yapılan çalışmada iyi bir öngörude bulunulduğu ve yapılan analizler deney sonuçları ile paralel olduğu sonucuna varılmaktadır.

3. SONUÇLAR

Bu çalışmada, talaşlı imalatın önemli bir uygulama alanı olan tornalama ile üretimi gerçekleştirilen alüminyum parçanın yüzey kalitesi üzerinde durulmuş ve bu bağımlı değişkenler üzerinde etkili olabilecek; iş parçası boyu, iş parçası çapı, talaş derinliği ve ilerleme oranı gibi değişkenlerin etkisi irdelenmiştir. Ayrıca, tornalamada önemli bir işleme parametresi olan kesme hızı, bu çalışmada sabit tutulmuştur. Daha önceki tecrübeler ve literatürdeki çalışmaların incelenmesi sonucu bu parametrenin belirlenen bağımlı değişkenlere etkisinin ihmal edilebileceğine karar verilmiştir.

Yapılan çalışmada, sonuçların daha sağlıklı ve kabul edilebilir değerlerde olmasına yardımcı olacağı ve optimal sonuçlara ulaşarak zaman ve maliyetten kazanımların olacağı düşünülerek, istatistiksel bir yöntem olan Taguchi metodu kullanılmıştır. Taguchi ile hem deney tasarımı yapılarak daha az deney ile daha verimli sonuçlara ulaşılmış ve gereksiz deneylere harcanacak zaman ve maliyetten tasarruf edilmiş hem de deney sonuçlarında elde edilen veriler optimize edilerek en iyi iyileşme gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, bağımlı değişkenler ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişki matematiksel olarak regresyon analizi yöntemi ile modellenmiş ve böylece daha sonraları benzeri çalışmalarda deneysel çalışmaya gerek kalmaksızın tahmini değerlere ulaşmak mümkün olmuştur.

Bu çalışma ile ulaşılan sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

- Deneysel ve istatistiksel yöntemler kullanılarak yapılan bu çalışmada, elde edilen sonuçlar; deney tasarımı aşamasında belirlenen parametreler ile bu çalışma ile hedeflenen, iş parçası yüzey pürüzlülüğünün iyileştirilmesi için gerekli olan parametreler uyumu ve böylece çalışma başarıyla tamamlanmıştır. Kısaca, bağımlı değişkenler için tahmin edilen bağımsız değişkenler probleme çözüm getirmiştir.

- Yüzey pürüzlülüğü gibi literatürde çok irdelenen ve üzerinde araştırma yapılan konu için sadece işleme parametrelerinin değil aynı zamanda, işlenecek iş parçasının boyutlarının da yüzey kalitesinde önemli bir faktör olduğu yapılan çalışma ile ulaşılan bir sonuçtur.
- Bu çalışma ile alüminyum malzemelerin, bağlama boyları ve işlenecek parçaların çaplarındaki değişimin iş parçasının yüzey pürüzlülüğünde önemli rol oynadığı gözlemlenmiştir.
- Talaşlı imalatta bir diğer önemli araştırma konusu olan kesme kuvvetlerinin oluşumunda da sadece işleme parametreleri değil aynı zamanda iş parçası boyutlarının etkileri bu çalışmada gözlemlenmiştir..
- İmalatta yüzey pürüzlülüğü oluşumunda önemli sayılan titreşim bu çalışma ile irdelenmiş ve titreşimin minimizasyonu için uygun kesme parametreleri ortaya konulmuştur.
- Taguchi optimizasyon yönteminin başarı ile uygulandığı bu çalışmada, kesme kuvveti, yüzey pürüzlülüğü ve titreşim gibi etkenler işleme prosesinde minimize edilip proses performansı arttırılmış ve elde edilen ürün kalitesi iyileştirilmiştir.

KAYNAKLAR

1. Segonds, S., Cohen, G., Landon, Y., Monies, F., Lagarrigue, P., 2006, "Characterising the behaviour of workpieces under the effect of tangential cutting force during NC turning. Application to machining of slender workpieces", Journal of Material Processing Technology 171, 471-479.
2. Benardos, P.G., Mosialos, S., Vosniakos, G. C., 2006, " Prediction of workpiece elastic deflection under cutting forces in turning" Robotics and Computer Integrad Manufacturing, 22, 505-514.
3. Gao, W., Tano, M., Araki, T., Kiyano, P.C.H , 2006, " Measurement and compensation of a diamond Turing machine ." Precision Engineering .
4. Carrino. L., Gierleo, G., Polini, W., Prisco, U., 2002, " Dimensional errors in longitudinal turning based on the unifed generalized mechanics of cutting approach", International Journal of Machine Tools & Manufacture, 42, 1517 -1525.
5. Özçatalbaş, Y., Baş, A., 2006, " Tornalama da hava püskürtme ile soğutmanın kesme kuvvetleri ile takım ömrüne etkilerinin araştırılması ", Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 21 No:3 451-455.
6. Çiftçi, İ., 2005, " Östenitik paslanmaz çeliklerin işlenmesinde kesici takım kaplamasının ve kesme hızının, kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğüne etkisi" Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 20, No:2, 205-209.
7. Işık, Y., Çakır, M.C., 2002, " Tornalama işlemlerinde hız çeliği takımlar ömürlerini tamamladığı anın tespiti", Uludağ Üniv. Müh. Mim.Fak. Cilt:7 Sayı :1 .
8. Duran, A., Nalbant, M., 2005, " Finite element analys of bending occuring while cutting tools" Material and Design, 26, 549-554.
9. Lin, W.S., Lee, B.Y., Wu, C.L., 2001, " Modelling the surface roughness and cutting force for turning", Journal of Materials Processing Technology, 108, 286-293.
10. Sağlam, H., Yaldiz, S., Unsaçar, F., 2007. " The effect of tool geometry and cutting speed on mail cutting force and tool tip temperature", Materials and Design, 101- 111

11. Atakök, G., 2003, “ Döküm poliamid malzemelerin cnc takım tezgahlarında işlenebilirliği“ Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
12. Davim, J. P., 2003, “A note the determination of optimal cutting conditions for surface finish obtained in turning using design of experiments”, Journal of Materials Processing Technology, 116 , 305-308.
13. Akkurt, M., 1991, “ Talaş kaldırma yöntemleri ve takım tezgahları “ Birsen Yayınevi, 81-103.
14. Şen, İ. Z., Özçilingir, N., 1992, “ Temel teknik resim“, Ders Kitaplar Anonim Şirketi İstanbul
15. Roy, R. K., 1990, “A primer on taguchi method”, Compentitive Manufacturing Series, 7-80, New York.
16. Danacıoğlu, N., Muluk, Z., 1999, “Taguchi teknikleri“, İstatistik Konferansı , Gazi Üniversitesi , 261-272, Ankara.
17. Kurt, M., Bağci, E., Kaynak, Y., 2007, “Application of Taguchi metods in the optimization of cutting parameters for surface finish and hole diameter accuracy in dry drilling processes“, Int J. Adv. Manuf. Technology.
18. Turan, A., 2009, “Tornalama İşleminde Kesme Parametrelerinin ve İş Parçası Uzunluğunun Geometrik Toleranslara Etkilerinin İncelenmesi”, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü , Makine Eğitimi Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.