

## **TIG KAYNAĞINDA KAYNAK DAYANIMININ TAGUCHİ METODUYLA OPTİMİZASYONU**

**Uğur Eşme<sup>1</sup>, Melih Bayramoğlu<sup>2</sup>, Necdet Geren<sup>3</sup>, Hasan Serin<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Çukurova Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü-ADANA

[uesme@cu.edu.tr](mailto:uesme@cu.edu.tr)

<sup>2</sup> Çukurova Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü-ADANA

[bayramog@cu.edu.tr](mailto:bayramog@cu.edu.tr)

<sup>3</sup> Çukurova Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü-ADANA

[gerendr@cu.edu.tr](mailto:gerendr@cu.edu.tr)

<sup>4</sup> Çukurova Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü-ADANA

[hserin@cu.edu.tr](mailto:hserin@cu.edu.tr)

### **Özet**

Taguchi Metodu, ortogonal dizileri kullanarak kontrol edilemeyen faktörlerin etkilerini minimize, kontrol edilenlerin ise maksimize etmeye yarayan bir deneysel tasarım tekniğidir. Bu teknikte faktör seviyelerinin tespit edilmesinde çeşitli yöntemler kullanılır. Bu çalışmada, gazaltı tungsten ark (TIG) kaynağında kaynak parametrelerinin (kaynak hızı, kaynak akımı, gaz akış hızı ve ark sıçrama boşluğu), kaynak kalitesinin belirlenmesinde önemli bir ölçüt olan kaynak dayanımına etkileri Taguchi metodunun en yüksek-en iyi kalite kontrol karakteristiği ile optimize edilmiş olup sonuçlar grafiksel yöntemlerle analiz edilmiştir.

*Anahtar Terimler: TIG kaynağı, Taguchi Metodu, Optimizasyon*

### **Abstract**

Optimization of process parameters is the key step in the Taguchi Method to achieve high quality without increasing cost. Taguchi method uses the orthogonal arrays to maximize the effect of controllable parameters and to minimize the effect of uncontrollable process parameters. In this study, Taguchi method was used to optimize the effect of TIG welding parameters (welding speed, welding current, gas flow rate and gap distance) on the Transverse Tensile strength of the joints.

*Key Words: TIG welding, Taguchi Method, Optimization*

## **1. GİRİŞ**

Üretim yapan işletmeler, mamullerini müşterilerinin beklentilerinin ötesindeki kalite standartlarında daha ucuza sunabilmek için sürekli rekabet içerisindeydirler. İşletmelerin, müşterilerine fonksiyonunu yerine getirebilen, daha kaliteli, daha ucuz ve yenilikçi ürünleri daha hızlı bir şekilde pazara ulaştırabilmek için gösterdikleri çaba, kalite geliştirme bilincinin hızla yayılmasına sebep olmuştur. İşletme yöneticileri işletmelerinin verimliliklerini arttırmak ve rekabet avantajlarını yükseltmek için, kalitenin sadece üretim hattında değil mamul ve proses tasarımı aşamalarında da doğru bir şekilde planlanmasının gerektiği bilincindedirler [1].

Tasarımda kalitenin esası müşteri odaklıdır. Tasarımda kalite yaklaşımlarıyla, müşteri istek ve beklentilerinin ürüne uygun ürünler inşa edilmesi ve oluşabilecek hataların önlenmesi hedeflenir.

Rekabete dayanan pazarda, işletmelerin varlıklarını sürdürebilmeleri ve pazar paylarını arttırabilmeleri için kalite geliştirme çalışmalarına önem vermeleri gerekmektedir. Kalite iyileştirme ve geliştirme, pek çok organizasyonun rekabet edebilmesi ve ayakta kalabilmesi için en temel faaliyetler haline gelmiştir [2].

Bu doğrultuda üretim yönetimi araçlarında da gelişmeler olmuş ve günümüz gereksinimleri için teknikler ortaya konmuş, ya da yıllardır teoride kalmış yöntemler uygulama alanına geçirilmiştir. Bunlardan biri de, özellikle sanayileşmiş ülkelerde kullanılmakta olan deney tasarım teknikleridir. Tasarım için teklif edilen istatistiksel deneyler, ürün parametrelerinin ve parametre sayılarının artması sonucu, ürün maliyetinin yükselmesine ve hızlı bir şekilde neticeye ulaşamadığından dolayı da uygulanabilirliğini tamamen yitirmektedir [1]. Ancak Taguchi uzun yıllar yaptığı çalışmalar sonucunda, çok az deneme ile çok iyi neticeler veren ortogonal dizileri geliştirmiştir. Genichi Taguchi tarafından 1940'lı yıllarda geliştirilmiş olan Güçlü Tasarım (Robust Design) kavramı ile, tasarım faaliyetlerine odaklanarak, düşük maliyetle, ürün ve proses performansının hızlı bir şekilde artırılması hedeflenir.

Etkin bir tolerans belirleme, müşteri isteklerinden yola çıkarak hedef değer in etkin bir şekilde belirlenmesi, sahip olunan teknoloji ve üretim yeteneğinin bilinmesini gerektirir. Tolerans aralığının dar belirlenmesi kaliteyi yükseltirken maliyeti arttırır. Tolerans aralığının geniş belirlenmesi ise kaliteyi zayıflatırken maliyeti azaltır. Taguchi metodu ve ortogonal diziler kullanılarak, kontrol edilemeyen faktörlere karşı tasarımın duyarlılığı en aza indirgenerek, maliyet ve kalite faktörlerinde optimum bir tolerans aralığının belirlenmesi hedeflenir [3].

Ortogonal diziler, faktör seviyelerini, teker teker değiştirmek yerine, eş zamanlı değiştirmeyi önermektedir. Bu sayede, deney tasarımında Taguchi yaklaşımı kimya, elektronik ve makine sektöründe olduğu gibi üretim sektöründe de kabul görmüştür.

Taguchi, deneysel tasarıma yönelik yöntem açısından önemli bir yenilik getirmesine rağmen, sanayi uygulamalarına yönelik yeni fikirler ortaya atarak ve başarılı uygulamalar sergileyerek, deney tasarımı yönteminin imalat sektöründe kabul görmesinde büyük katkılarda bulunmuştur [4].

## **1.1. TIG Kaynağı**

TIG kaynağı, esas olarak bir ark kaynağı şeklindedir. Özellikle alüminyum, magnezyum, titanyum gibi hafif metallerin kaynağına uygundur. 1940-1960 yılları arasında geliştirilen bu yöntem, günümüzde önemli bir kaynak yöntemi olarak geçerli hale gelmiştir.

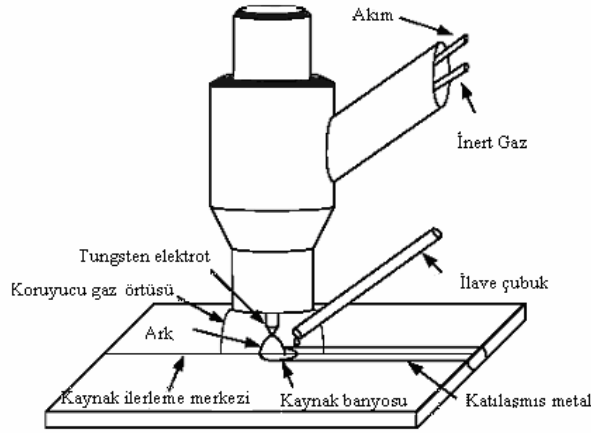
TIG kaynak yöntemi için elektrik akımı, gaz akış debisi, kaynak ilerleme hızı ve elektrot uç geometrisi gibi kaynak parametreleri her an kontrol edilmesi gerektiğinden, bu yöntemde kullanılan ekipman, ark kaynağında kullanılanlara göre daha karmaşık ve pahalıdır.

Bu kaynak yöntemi yaygın olarak TIG (Tungsten Inert Gas) adıyla anılır. TIG kaynağı, elektrik ark kaynağı yönteminin daha ileri bir aşamasıdır. Bu prosesin tam adında Tungsten kelimesi; arka elektrik akımını iletmeyi sağlayan erimeyen elektrotu, Inert kelimesi; diğer elementlerle kimyasal olarak birleşmeyen bir gazı ve Gas kelimesi de; erimiş banyo ve arkı örten, kaynak bölgesini çevreleyen havayı ortamdan uzak tutan malzemeyi simgeler. Bu kaynak yöntemi, Heliarc veya Argonarc olarak da adlandırılır. TIG yöntemiyle, genellikle diğer kaynak yöntemleriyle oluşturulan kaynaklara göre daha üstün özellikte dikişler elde edilir [5].

TIG kaynağında ark, tungsten elektrot ile parça arasında serbestçe yanar. Koruyucu gaz (Argon veya Argon + Helyum karışımı) kaynak havuzunu çevreler. Enerji üreticinin bir kutbu tungsten elektroda diğeri parçaya bağlıdır. Ark, sadece bir elektrik iletkeni ve ark taşıyıcısı olan

tungsten elektrot (sürekli elektrot) ile parça arasında yanar. İlave malzeme, kural olarak akım yüklenmemiştir; kaynak bölgesine yandan veya önden, ya elle sevkedilen çubuk veya ayrı bir sevk aparatından sevkedilen tel formundadır. Şekil 1'de TIG kaynağının prensip şeması gösterilmektedir.

TIG kaynağında en yaygın koruyucu gaz olarak Argon kullanılır. Elektrodun tatminkar şekilde korunabilmesi için koruyucu gazın saflık derecesi en az % 99.95 olmalıdır. Hafif metallerde geniş ve derin nüfuziyet nedeniyle son yıllarda Argon/Helyum karışımlarının kullanılmasına doğru bir eğilim mevcuttur [5].



Şekil 1. TIG kaynağının prensip şeması

Her bir kaynak yönteminde kaynak parametreleri ve ortam şartları, kaynak işleminin sonucuna etki yapar ve kaynak kalitesini belirleyen en önemli unsurlardır. Kaynak parametreleri, kaynaklanan metal veya alaşım ile kaynak metalinin türü ve kaynak ağız geometrisi göz önünde bulundurularak saptanır. Bu parametrelerin seçimi kaynakçının çalışma koşullarını kolaylaştırdığı gibi gereken özellikte kaynaklı bağlantı elde edebilme olasılığını da artırır.

TIG kaynağında kaynak kalitesini etkileyen kaynak parametreleri:

1. kaynak öncesi saptanan ve kaynak süresince değiştirilmesi mümkün olmayan parametreler,
  2. birinci derecede ayarlanabilir,
  3. ikinci derecede ayarlanabilir,
- olmak üzere üç ayrı grupta incelenebilir [5].

Birinci gruba giren parametreler kaynağın uygulamasından önce saptanan, kaynak koruyucu gaz türü ve akış debisi, elektrot tür ve çapı gibi etmenlerdir ve bunların kaynak işlemi sırasında değiştirilmesine olanak yoktur. Bu parametreler, kaynaklanan malzemenin türü, kalınlığı, kaynak pozisyonu, erime gücü ve bağlantıdan beklenen mekanik özellikler göz önüne alınarak saptanır.

Birinci derecede ayarlanabilir diye adlandırılan, ikinci gruba giren parametreler, ilk gruba giren parametreler seçildikten sonra, kaynak dikişini ve havuz geometrisini kontrol altında tutan, dikişin biçimini, kaynak havuzu boyutlarını, ark stabilitesini ve kaynaklı bağlantının emniyetini etkileyen değişkenlerdir. TIG kaynağında bu parametreler, kaynak ilerleme hızı, akım şiddeti ve polaritedir.

Üçüncü gruba, kaynak işlemi süresince sürekli olarak değişen ve uzun süreli kaynak pasolarında kaynak havuzunu şiddetli bir şekilde etkileyen parametreler girer. Bu parametrelerin

önceden seçilip değerlendirilmeleri oldukça zordur ve bazı hallerde etkileri de açık bir şekilde görülmez. TIG kaynağında bunlar elektrot uç geometrisi ve torç açısıdır [5].

Bu çalışmada, TIG kaynağında kaynak parametrelerinin kaynak dayanımına etkileri, Varyans Analizi Metodu (ANOVA) ile gerçekleştirilen Taguchi metodunun "en büyük-en iyi" kalite kontrol karakteristiği ile çözülmüş olup sonuçlar grafiksel yöntemlerle analiz edilmiştir.

## 2. ORTOGONAL DİZİ VE PARAMETRELERİN SEÇİLMESİ

TIG kaynağında kaynak dayanımını direkt olarak etkileyen kaynak parametreleri şunlardır;

1. Kaynak ilerleme hızı,
2. Kaynak akımı,
3. Gaz akış hızı,
4. Ark sıçrama boşluğu.

Kaynak dayanımı kalite karakteristiği olarak "en büyük en iyi" kalite karakteristiği kullanılmıştır. En büyük en iyi kalite karakteristiğinin kayıp fonksiyonu [2];

$$L_j = \left( \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right) \quad (1)$$

$$\eta_j = -10 \log L_j \quad (2)$$

n: test sayısı,

$y_i$ : ilgili deney numarasındaki kalite karakteristiği değeri,

$L_j$ : toplam kayıp fonksiyonu,

$\eta_j$ : ilgili deneydeki kayıp fonksiyonu değeri (S/N oranı)

Performans karakteristiğini etkileyecek faktör ve bunların seviyeleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Performans Karakteristikleri ve Faktör Seviyeleri

Malzeme (AISI)	Kalınlık (mm)	Sembol	Proses Parametreleri	Birim	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3	Seviye 4
304	4 mm	A	Kaynak hızı	mm/s	1.612	1.785	1.923 <sup>a</sup>	2.040
		B	Kaynak akımı	A	60 <sup>a</sup>	70	80	90
		C	Gaz akış hızı	l/min	8	10	12 <sup>a</sup>	14
		D	Ark boşluğu	mm	1	2	3	4 <sup>a</sup>

<sup>a</sup>Başlangıç parametreleri

TIG kaynağı optimizasyon problemine uygun ortogonal dizi seçiminde, öncelikle faktör grubunun toplam serbestlik derecesine bakılmıştır. Toplam serbestlik derecesi dizilerden hangisine uygunluk sağlıyorsa o dizi tercih edilmiştir.

Faktör grubunun toplam serbestlik derecesi; gruptaki tüm faktörlerin ve etkileşimlerin ayrı ayrı serbestlik dereceleri toplamıdır. Bu etkileşimler aşağıda Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2. Faktörler ve Serbestlik Dereceleri

Faktör	Serbestlik Derecesi
A	$V_A = K_A - 1 = 3 - 1 = 2$
B	$V_B = K_B - 1 = 3 - 1 = 2$
C	$V_C = K_C - 1 = 3 - 1 = 2$
D	$V_D = K_D - 1 = 3 - 1 = 2$
Toplam Serbestlik Derecesi= 8	

Serbestlik derecesi hangi dizinin deneme sayısına uygun düşüyorsa o tercih edilmiştir. Toplam serbestlik derecesi en fazla, seçilecek olan dizinin deneme sayısından bir eksik olabilir [6]. Bu çalışmada  $L_{16}$  ortogonal dizisi kullanılmıştır. Kullanılan dizinin serbestlik derecesi ise ( $V_{L16}=16-1=15>8$ ) 15'tir.

Deneylerde kullanılan  $L_{18}$  ortogonal dizisi ve faktör yerleştirme planı Çizelge 3'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.  $L_{16}$  Ortogonal Dizisi Deneysel Tasarım Planı

Deney Sırası	Proses Parametre Seviyesi			
	A Kaynak Hızı	B Kaynak Akımı	C Gaz Akış Hızı	D Ark Boşluğu
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	1	4	4	4
5	2	1	2	3
6	2	2	1	4
7	2	3	4	1
8	2	4	3	2
9	3	1	3	4
10	3	2	4	3
11	3	3	1	2
12	3	4	2	1
13	4	1	4	2
14	4	2	3	1
15	4	3	2	4
16	4	4	1	3

### 3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

#### 3.1. Malzemeler

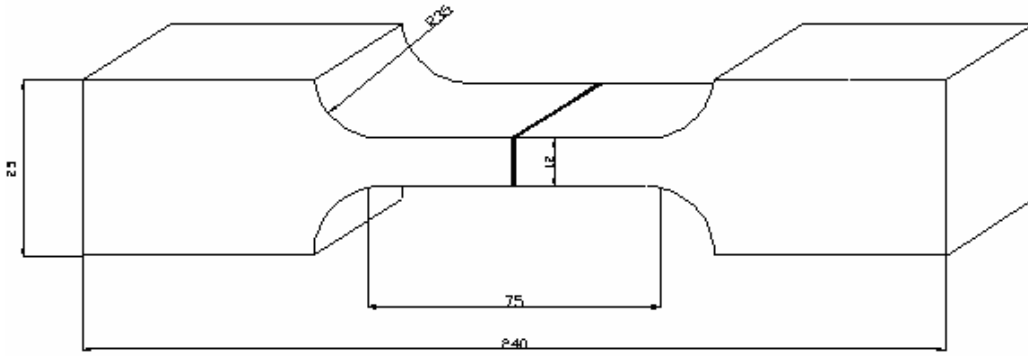
Deneylerde iş parçası malzemesi olarak, kimyasal bileşimi ve mekanik özellikleri Çizelge 4'de verilen 4 mm kalınlığında AISI 304 paslanmaz çelik sac malzeme kullanılmıştır. İş parçası üzerindeki yağ ve kir tabakaları kaynak öncesi mekanik yöntemlerle temizlenmiştir.

Çizelge 4. Deney Numunelerinin Kimyasal Bileşimi ve Mekanik Özellikleri

Bileşim (% Ağırlık)	C	Mn	P	S	Si	Cr	Mo	Ni	Cu
	0.08	2.00	0.04	0.030	1.00	19	0.20	10.5	0.02
Mekanik Özellikler	Akma (Mpa)		Çekme (MPa)		% Uzama	% Kesit Daralması		Elastisite Modülü (GPa)	
	290		570		55	65		250	

Kaynak işlemleri ve kullanılan numune boyutları TS 287 EN 895 standardına göre hazırlanmış, Şekil 2'de görülen, alın altına gelen sac çifti üzerinde yapılmıştır.

Bu çalışmada, Toryum oksitli EWTh-2 tip (kırmızı renk kodlu) 2.4 mm kalınlığında ve 30°lik uç açısına sahip tungsten elektrotlar kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan elektrot geometrisi Şekil 3'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Malzeme Boyutları ve Kaynak Pozisyonu



Şekil 3. Deneysel Kullanılan Elektrot Geometrisi

#### 4. DENEYSEL SONUÇLARIN ANALİZİ

Deneysel sonuçlarda elde edilen çekme dayanımları Çizelge 5’te verilmiştir. Çizelge 6’da verilen dayanım değerlerini kullanarak S/N hesabının yapılması sonucunda Çizelge 6’da gösterilen S/N oranları elde edilmiştir

Çizelge 5. Deneysel Edilen Çekme Dayanımları

Deneysel Sıra	Çekme Dayanımı (kg)
1	2500
2	3000
3	3300
4	3100
5	2000
6	2950
7	3300
8	3000
9	2000
10	3200
11	3600
12	3200
13	2000
14	2300
15	3100
16	3000

Çizelge 6. Proses Parametreleri için S/N Karşılıkları

Deneysel Sıra	S/N Oranı (dB)
1	67.95
2	69.54
3	70.37
4	69.82
5	66.02
6	69.39
7	70.37
8	69.54
9	66.02
10	70.10
11	71.12
12	70.10
13	66.02
14	67.23
15	69.82
16	69.54

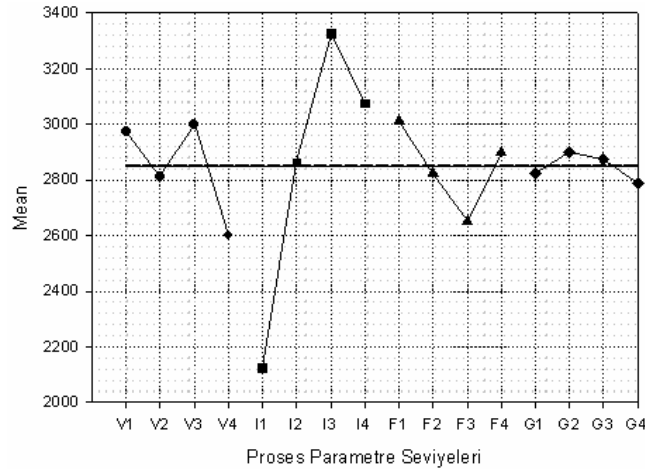
S/N oranlarına ek olarak, her bir parametre seviyesinin kaynak dayanımı üzerinde etkilerini araştırmak amacıyla ilgili parametre seviyelerinin S/N karşılıkları Çizelge 7’de gösterilmiştir.

Çizelge 7. Proses Parametreleri için S/N Sonuçları

Kod	Proses Parametreleri	S/N Oranı dB				Toplam Ortalama S/N	Maksimum-Minimum
		Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3	Seviye 4		
A	Kaynak İlerleme Hızı	69.34	68.83	69.42	68.16	68.9	1.26
B	Kaynak Akımı	66.51	69.07	70.42	69.75		3.91
C	Gaz Akış Hızı	69.51	68.87	68.29	69.08		1.22
D	Ark Boşluğu	69.36	68.87	68.97	68.55		0.81

Varyans analizinde, deneysel tasarımda bütün noktalarda (çeşitli faktörlerin çeşitli seviyelerinin kombinasyonlarında) değişkenliğin aynı olduğu farz edilmektedir. Fakat mühendislik tasarımlarında bu doğru olmayabilir. Deneysel tasarım kullanımının en önemli sebebi, sonuçlardaki değişkenliği minimize edecek faktör seviyelerinin kombinasyonu bulmaktır. Bu sebeple varyans analizi metodu yerine faktör etkilerinin grafiksel gösterimi tavsiye edilmektedir [7].

Faktör etkilerinin grafiksel gösterimi metoduna uygun olarak Şekil 4 ve Şekil 5'te gösterilmiştir. Bu şekilde, her bir faktör ya da etkileşimin ortalama üzerindeki etkisi, grafiksel ve sayısal olarak gösterilmiştir.

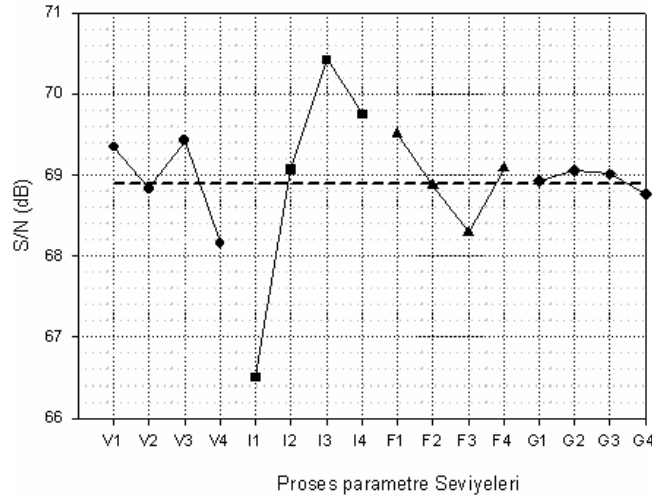


Şekil 4. Ortalamalar için sonuç grafiği

Şekil 4 ve Şekil 5'teki grafikler incelendiği zaman, seçilen kaynak parametrelerinin kaynak dayanımı üzerinde kuvvetli etkisi olduğu görülmektedir. Faktör seviyelerinin tespit edilmesinde, sonuca etki etme derecelerinin dikkate alınması gereklidir. Daha önce grafiksel verilen, parametrelerin sonuca etki etme dereceleri Çizelge 8'de özetlenmiştir. Çizelge 7 ve Çizelge 8'deki verilere göre 4 mm AISI 304 paslanma çelik sac için en yüksek-en- iyi kalite karakteristiğine göre seçilen parametre seviyeleri Çizelge 9'da verilmiştir.

Çizelge 8. Veri Analiz Özeti

Kalınlık	Parametre	Ortalamlar için Sonuç		S/N Oranı için Sonuç (En Büyük En İyi)	
		Etki Derecesi	Uygun Seviye	Etki Derecesi	Uygun Seviye
AISI 304 t=4 mm	V	2	3	2	3
	I	1	3	1	3
	F	3	1	3	1
	G	4	2	4	2



Şekil 5. S/N Oranları Sonuç Grafiği

Çizelge 9. Optimum Parametre Seviyeleri ve S/N Karşılıkları

AISI 304	Çekme Dayanımı için optimum Proses Parametre Seviyeleri	
	Seviye	S/N
t=4 mm	V <sub>3</sub> I <sub>3</sub> F <sub>1</sub> G <sub>2</sub>	71.6

#### 4.1. Varyans Analizi (ANOVA)

Hangi parametrenin hangi oranda etkilediğini göstermek için Çizelge 10'da 4 mm'lik AISI 304 sac için Varyans Analiz özeti gösterilmiştir. Bu Çizelgelere göre, kaynak ilerleme hızı, kaynak akımı, gaz akış hızı ve ark sıçrama boşluğu gibi TIG kaynağı parametreleri çekme dayanımı üzerinde önemli derecede rol oynamaktadır. Burada bulunan F oranı hangi kaynak parametresinin kaynak kalitesi üzerinde önemli etkisi olduğunu göstermektedir. Buna göre, F oranı büyüklüğüne göre önem sıraları deneysel hatalar göz ardı edilerek kaynak akımı, kaynak ilerleme hızı, gaz akış hızı ve ark sıçrama boşluğu şeklinde sıralanabilir.

Çizelge 10. 4 mm Sac için Varyans Analiz Özeti

Kod	Proses Parametreleri	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı (SS)	Ortalama Kareler Toplamı	F	Katkı Payı %
A:V	Kaynak Hızı	3	407969	135990	4.92	10.4
B:I	Kaynak Akımı	3	3207969	1069323	38.66	81.7
C:F	Gaz Akış Hızı	3	277969	92656	3.35	7.08
D:G	Ark Sıçrama Boşluğu	3	30469	10156	0.37	0.7
Hata (e)		3	82968	27656		
<b>Toplam</b>		<b>15</b>	<b>4007344</b>			

#### 4.2. Doğrulama Testi

Taguchi tekniği ile optimizasyonda son aşama, optimum kaynak parametre seviyelerini kullanarak kalite karakteristiklerinin (kaynak hızı, akım, gaz akış hızı, ark sıçrama boşluğu) gelişimini tahmin etme ve sonuçların karşılaştırılmasıdır. Başlangıç ve optimum kaynak seviyelerinin deneysel sonuçlar kullanılarak karşılaştırılması Çizelge 11'de gösterilmektedir. Bu çalışma ile TIG kaynağında kaynak dayanımının kaynak parametrelerinin değişimi ile etkilendiği Taguchi deneysel tasarım ve optimizasyon metodu kullanılarak bir kez daha ispat edilmiştir.



Çizelge 11. Doğrulama Testi sonuçları

	Başlangıç Kaynak Parametreleri	Optimum Kaynak Parametreleri
<b>Parametre Seviyesi</b>	V <sub>3</sub> I <sub>1</sub> F <sub>3</sub> G <sub>4</sub>	V <sub>3</sub> I <sub>3</sub> F <sub>1</sub> G <sub>2</sub>
<b>Kaynak Dayanımı (kg)</b>	2000	3672
<b>S/N Oranı (dB)</b>	66.02	71.6
S/N Oranındaki artış= 5.58 dB		

## 5. SONUÇLAR

Üretimde zaman ve maliyet açısından bilimsel metotların kullanılması bir zorunluluktur. Deneysel tasarım metotları da, işletmelerin artan rekabet şartlarında pazar paylarını arttırabilmeleri ve etkin çalışabilmeleri için önemli bir rol oynamaktadır.

Taguchi metodunun parametre tasarımı aşamasında uygulanması, yani ürüne doğrudan müdahale yerine, üretimin başlamasından önce uygulanması işletmeler açısından büyük bir avantaj sağlamaktadır. Çünkü daha işe başlamadan, sonuç hakkında bilgi sahibi olunabilmektedir. Böylece, işletmeler sistemlerini, zaman ve maliyet kaybı oluşturmadan etkin ve verimli bir şekilde kurabilirler [4].

Bu çalışmada, TIG kaynağında kaynak parametrelerinin (kaynak hızı, kaynak akımı, gaz akış hızı, ark sıçrama boşluğu) kaynak dayanımı üzerine etkileri gösterilerek Taguchi Kalite Kontrol yönteminin en yüksek en iyi kalite karakteristiği ile seçimi yapılmış, ve 4 mm kalınlığındaki AISI 304 paslanmaz sac için elde edilen optimum kaynak parametreleri ve Çekme dayanımı Çizelge 12’de gösterilmiştir.

Çizelge 12. 4 mm AISI 304 Paslanmaz Çelik Sac için Optimum Kaynak Parametreleri

Kalınlık (mm)	Kaynak İlerleme Hızı (mm/s)	Akım (A)	Gaz Akış Hızı (l/dak)	Ark Boşluğu (mm)	Elektrot Çapı (mm)	Çekme Dayanımı (kg)
4	1.612	80	8	2	EWTh-2.4	3672

## 5. KAYNAKÇA

- [1] Canıylmaz, E., "Kalite Geliştirmede Taguchi Metodu ve Bir Uygulama", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, 2001.
- [2] Montgomery, D.C., "Design and Analysis of Experiments", John Wiley & Sons, 1991, Toronto Singapore.
- [3] Şirvancı, M., "Kalite için Deney Tasarımı Yaklaşımı, Taguchi Yaklaşımı", Wisconsin Üniversitesi İşletme Fakültesi, ABD.
- [4] Canıylmaz, E., Kutay, F., "Taguchi Metodunda Varyans Analizine Alternatif Bir Yaklaşım", Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi, Cilt 18, No 3, 51-63, 2003.
- [5] Anık, S., Vural, M., "Gazaltı Ark Kaynağı (TIG, MIG, MAG)", Gedik Eğitim Vakfı Kaynak Teknolojisi Eğitim, Araştırma ve Muayene Enstitüsü, Yayın No: 3.
- [6] Taguchi, G., Elsayed, A. and Hsiang, T., "Quality Engineering in Production Systems", McGraw Hill, New York., 1989.
- [7] Lochner, J.H. and Matar, J.E., "Designing for Quality", ASQC Quality Press, 190, 1990.