

Alüminyum 6xxx Ekstrüzyon Birleştirmelerinde Optimize Edilmiş Darbeli MIG (PMC) Parametrelerinin Kök Nüfuziyetine Olan Etkilerinin Taguchi ve Anova ile Analizi

Barış Kara¹, Kemal Oruç¹, Hakan Aydın² ve Meryem Altay²

¹Yeşilova Holding

²Bursa Uludağ Üniversitesi

Özet – Kök nüfuziyeti standartlarda önemli isterlerden biridir. Bu çalışma kapsamında Fronius tarafından geliştirilmiş optimize edilmiş darbeli ark modu olan PMC parametrelerinin kök nüfuziyetine olan etkileri Taguchi ve Anova analizleri incelenmiştir. Kök nüfuziyeti için Taguchi analizinde parametre seviyelerine göre elde edilen Sinyal/Gürültü oranları tablo ve grafik halinde gösterilmiştir. İlave olarak tüm deneyler için elde edilen Sinyal/Gürültü oranlarında tablo olarak ortaya konulmuştur. Elde edilen optimum değerler: robot hızı için 10 mm/s, tel besleme hızı için 12 m/dk, ALC için -5 , PDC için 0 ‘dır. Regresyon analizine göre parametrelerin etki oranları belirlenmiştir; en etkin parametre tel besleme hızı %70.32, sonraki etkin parametreler ALC %4.84, PDC %0.81 ve robot hızı %0.09’dir. Analizin hata oranı %23.93’tür.

Anahtar Kelimeler – Alüminyum, 6063, Ekstrüzyon, Kaynak, PMC

I. GİRİŞ

Otomobil endüstrisi karbon emisyon değerlerinin azaltılması hedefi ve aynı zamanda elektrik araç üretim artışına paralel ağırlık azaltma çalışmalarına hız vermiştir. Bu çalışmalarda düşük yoğunluğu ve uygun mekanik özellikleri nedeniyle alüminyum alaşımları sıkça tercih edilmektedir. Çarpışma sistemleri ve motor beşiği gibi parçalara ilave olarak elektrikli araç üretiminin en kritik parçalarından biri olan batarya taşıyıcı iskeletinde de alüminyum alaşımları tercih edilmektedir. Bu parçalarda ekstrüzyon yöntemi ile üretilmiş alüminyum 6xxx serisi malzemeler özellikle de 6063 alaşımından üretilmiş profiller sıkça kaynaklı olarak kullanılmaktadır. Robotik ark kaynak yöntemi otomobil endüstrisinde yaygın olarak tercih edilmektedir [1]. Ark kaynak yönteminin farklı modları bulunmakta olup, bu modlar belli avantajlar içermektedir. Darbeli (Pulse) modu ise düşük ısı girdisi sağlayarak uygun penetrasyonu elde etmek için otomobil parçalarının birleştirilmesinde kullanılmaktadır. Fronius optimize edilmiş darbeli

(PMC) ark modu fronius tarafından geliştirilmiş bir pulse kaynak versiyonudur [2]. Ark kaynak sonrası ana sanayilerin isterlerine paralel kaynak dikiş ölçümleri yapılmaktadır. Uygun kök penetrasyonu elde etmek standartların en önemli beklentilerindedir. Bu çalışma kapsamında Fronius PMC yöntemi ile robotik olarak bindirme geometrisinde kaynak yapılmış alüminyum 6063 ekstrüzyon lama profillerin kaynak kalitesi kök penetrasyonu özelinde incelenmiştir. TAGUCHI ve ANOVA analizleri yapılarak 4 farklı parametrenin (Robot Hızı, Tel Besleme hızı, ark boyu düzeltme ve Pulse-dinamik optimizasyon) kök penetrasyonuna olan etkileri ortaya konulmuştur.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada 5 mm kalınlığında alüminyum 6063-T66 ekstrüzyon lama profiller kullanılmıştır. Profiller bindirme kaynak geometrisinde alüminyum 5554 kaynak teli ile birleştirildikten sonra Struers Weld Expert cihazında kök nüfuziyetleri ölçülmüştür. Taguchi deney

tasarımında 4 farklı parametre 3 farklı seviyede incelenmiştir.

Tablo 1 Taguchi deney tasarımında kullanılan parametre ve seviyeleri

	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
Robot Hızı	8	10	12
Tel Besleme Hızı	8	10	12
ALC	-5	0	5
PDC	-5	0	5

Tablo 2 Taguchi deney tasarımı

	Robot Hızı	Tel Besleme Hızı	ALC	PDC
	mm/s	m/dak		
Deneme 1	1	1	1	1
Deneme 2	1	2	2	2
Deneme 3	1	3	3	3
Deneme 4	2	1	2	3
Deneme 5	2	2	3	1
Deneme 6	2	3	1	2
Deneme 7	3	1	3	2
Deneme 8	3	2	1	3
Deneme 9	3	3	2	1



Şekil 1 Bindirme kaynak geometrisi

Tablo 3. Deney tasarımına parametrelerin işlenmiş hali

	Robot Hızı	Tel Besleme Hızı	ALC	PDC
	mm/s	m/dak		
Deneme 1	8	8	-5	-5
Deneme 2	8	10	0	0
Deneme 3	8	12	5	5
Deneme 4	10	8	0	5
Deneme 5	10	10	5	-5
Deneme 6	10	12	-5	0
Deneme 7	12	8	5	0
Deneme 8	12	10	-5	5
Deneme 9	12	12	0	-5

III. BULGULAR

Parametre seviyelerine göre sinyal/gürültü oranları Tablo 4'de gösterilmiştir.

Tablo 4. Kök Nüfuziyeti için Sinyal/Gürültü Oranları – Parametre seviyeleri

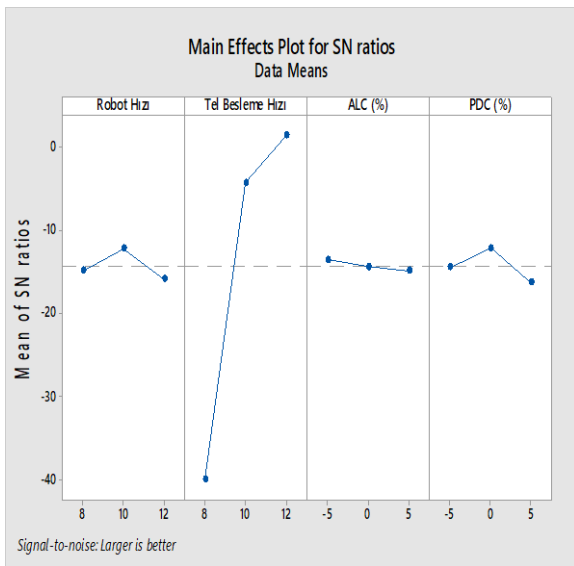
Level	Robot Hızı	Tel Besleme	ALC	PDC
1	-14,895	-40	-13,59	-14,473
2	-12,205	-4,32	-14,433	-12,164
3	-15,859	1,362	-14,935	-16,32
Delta	3,654	41,362	1,345	4,156
Rank	3	1	4	2

Tüm deneyler için sinyal/gürültü oranları Tablo 5'de gösterilmiştir.

Tablo 5. Kök Nüfuziyeti için Sinyal/Gürültü Oranları – Tüm deneyler

Robot Hızı (mm/s)	Tel Besleme Hızı (m/dk)	ALC	PDC	Kök Nüfuziyeti	S/N Gürültü Oranları
8	8	-5	-5	0,01	-40
8	10	0	0	0,72	-2,85335
8	12	5	5	0,81	-1,8303
10	8	0	5	0,01	-40
10	10	5	-5	0,71	-2,97483
10	12	-5	0	2,08	6,361267
12	8	5	0	0,01	-40
12	10	-5	5	0,44	-7,13095
12	12	0	-5	0,95	-0,44553

Parametre seviyelerine göre sinyal/gürültü oranları grafik hali aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 2. Kök Nüfuziyeti için Sinyal/Gürültü oranları grafik gösterimi

Regresyon analizine göre parametrelerin etki oranları Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6. Kök Nüfuziyeti için regresyon analizi sonuçları

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	4	2,6173	76,07%	2,6173	0,65432	3,18	0,144
Robot Hızı	1	0,00327	0,09%	0,00327	0,00327	0,02	0,906
Tel Besleme Hızı	1	2,41935	70,32%	2,41935	2,41935	11,76	0,027
ALC (%)	1	0,16667	4,84%	0,16667	0,16667	0,81	0,419
PDC (%)	1	0,02802	0,81%	0,02802	0,02802	0,14	0,731
Error	4	0,82326	23,93%	0,82326	0,20581		
Total	8	3,44056	100,00%				

Regresyon denklemi elde edilmiştir.

$$\text{Regresyon Denklemi Kök Nüfuziyeti} = -2,42 - 0,0117 \text{ Robot Hızı} + 0,3175 \text{ Tel Besleme Hızı} - 0,0333 \text{ ALC} - 0,0137 \text{ PDC}$$

IV. SONUÇLAR

Kök nüfuziyeti için Taguchi analizinde parametre seviyelerine göre elde edilen Sinyal/Gürültü oranları Tablo 4'de, grafik hali Şekil 2'de yer almaktadır. Tüm deneyler için elde edilen Sinyal/Gürültü oranları Tablo 5'de yer almaktadır. Elde edilen optimum değerler: robot hızı için 10 mm/s, tel besleme hızı için 12 m/dk, ALC için -5 , PDC için 0 'dır.

Regresyon analizine göre parametrelerin etki oranları belirlenmiştir (Tablo 6): en etkin parametre tel besleme hızı %70.32, sonraki etkin parametreler ALC %4.84, PDC %0.81 ve robot hızı %0.09'dir. Analizin hata oranı %23.93'tür.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Yeşilova Holding, Bursa Uludağ Üniversitesi ve Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) ortaklığında yürütülen 119C207 numaralı TÜBİTAK-2244 projesi ile desteklenmektedir. İlgili kurumlara değerli destekleri için teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] <https://european-aluminium.eu/blog/aluminium-automotive-manual/>
- [2] <https://www.fronius.com/en/welding-technology/world-of-welding/fronius-welding-processes/pmc-old>