

## Alüminyum Döküm Ve Ekstrüzyon Malzemelerin Sürtünme Karıştırma Kaynağı Sonrası Kaynak Kalitesinin İncelenmesi

Barış Kara<sup>1</sup>, Melih Boz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Yeşilova Holding

**Özet** – Bu çalışma kapsamında katı hal kaynak yöntemlerinden olan sürtünme karıştırma kaynağı (FSW) ile birleştirilmiş döküm ve ekstrüzyon plakaların mekanik özellikleri çekme ve eğme testleri ile incelenmiştir. Mekanik testlere paralel kaynak dikişinin makroyapı görüntüleri değerlendirilmiştir. Mekanik test sonuçları incelendiğinde ekstrüzyon-ekstrüzyon ve ekstrüzyon-döküm kombinasyonlarında döküm ve ekstrüzyon ana metale kıyasla çekme dayanımlarında düşüş gözlemlenirken eğme açısı değerinde ise kaynaklı parçalar her iki kombinasyon içinde ana metallere kıyasla daha yüksek bir değere sahiptir.

**Anahtar Kelimeler** – Alüminyum, Ekstrüzyon, HPDC, Kaynak, FSW

### I. GİRİŞ

Alüminyum döküm ve ekstrüzyon ürünleri özellikle motor beşiği uygulamalarında kaynaklı olarak kullanılmaktadır. Alüminyum döküm yöntemiyle kompleks geometrideki parçalar üretilebilmektedir. Farklı döküm yöntemleri mevcut olup, yüksek basınçlı döküm yöntemi (HPDC) üretim verimliliği nedeniyle sıkça tercih edilmektedir. Yüksek basınçlı döküm yöntemi ile parça üretimi esnasında alüminyum eriyiğinin hidrojen emilimini minimum seviyede tutmak gerekmektedir [1]. Bu durum geleneksel HPDC preslerinde sağlamak çok mümkün olmamakla birlikte bazı pres üreticilerinin sağladığı vakumlu ve kapalı sistemler sayesinde elde edilebilmektedir. Alüminyum eriyik halde yüksek hidrojen çözünürlüğüne sahipken katı halde ise hidrojenin alüminyum içindeki çözünürlüğü düşer. HPDC yönteminde katılaşma çok hızlı olduğu için gaz katılan parçayı terk etmeden içerde hapsolür. Bu tür parçaların ark kaynağı esnasında kaynak dikişinin eriyik bölgesinde benzer şekilde gözenek oluşum riski yüksektir. Sürtünme Karıştırma kaynağı katı hal kaynağı olmasından dolayı

katılaşma kaynaklı çatlak ve gözenek oluşum gibi riskleri ortadan kaldırır. FSW yönteminin en önemli avantajları ise düşük ısı girdisine paralel düşük çarpılma ve yüksek kaynak kalitesine paralel sızdırmazlık performansdır [2]. Bu avantajlarından dolayı HPDC parçalarının kaynağında riskleri doğası gereği minimize eder ve döküm parçalarının birleştirilmesinde yüksek potansiyele sahiptir. Ekstrüzyon yöntemi ile uzunlamasına alüminyum profiller uygun bir maliyet ile üretilebilmektedir. Bu çalışma kapsamında 3 mm kalınlığındaki 6xxx serisi alüminyum ekstrüzyon plaka ile aynı kalınlıkta 4xxxx serisi alüminyum döküm plakalar FSW yöntemi ile farklı kombinasyonlarda birleştirilmiştir. Eğme ve çekme testleri gerçekleştirilerek kaynak kalitesi makroyapı görüntüleride kullanılarak incelenmiştir.

### II. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma kapsamında KUKA sürtünme karıştırma kaynak cihazı stationary takım ile kullanılmıştır. Plaka kalınlıkları 3 mm olmakla birlikte döküm plaka 4xxxx alaşımı ile üretilmiş yüksek basınçlı döküm parçasından çıkarılmış olup

ekstrüzyon plaka ise 6xxx serisi alüminyum alaşımından üretilmiştir.

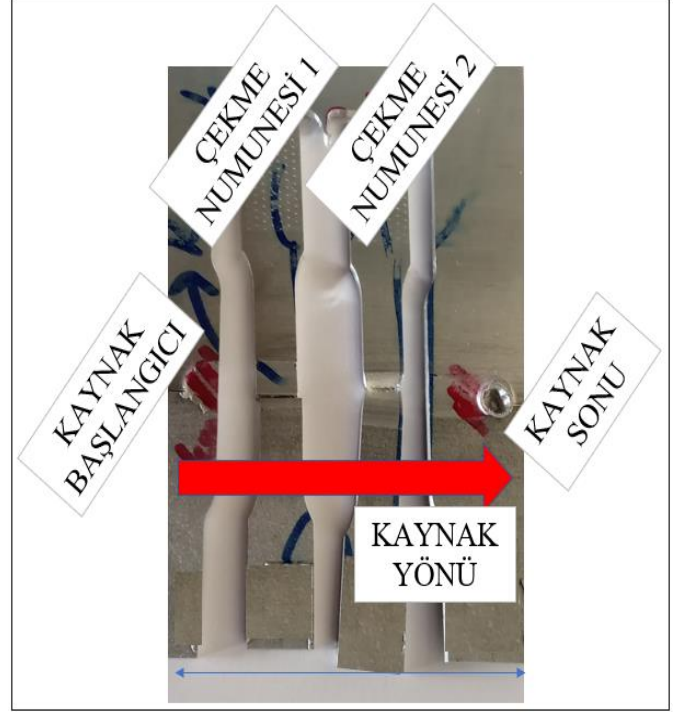


Şekil 1. KUKA FSW kaynak robotu

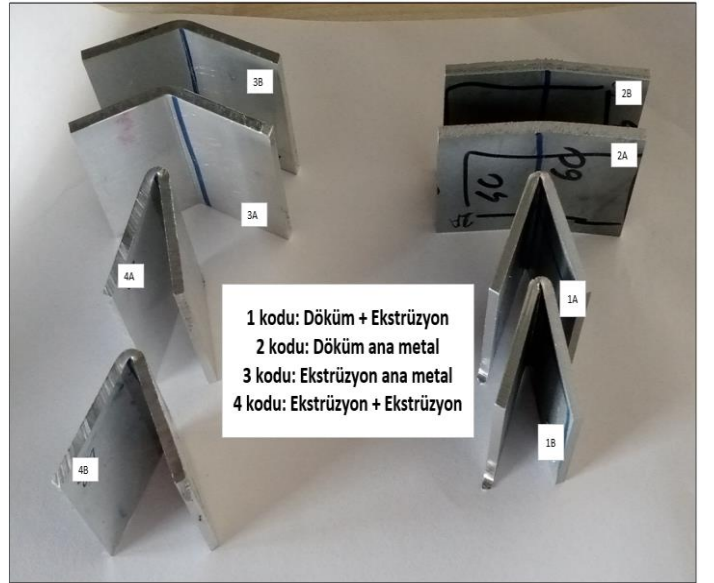


Şekil 2. FSW Stationary takım

Döküm-Ekstrüzyon ve Ekstrüzyon-ekstrüzyon olmak üzere iki farklı kaynak gerçekleştirilmiştir. Kaynak sonrası çekme testleri, eğme testleri ve makroyapı incelemesi kaynaklı numunelerde gerçekleştirilmiş olup döküm ve ekstrüzyon ana metalin sonuçları ile kıyaslanmıştır.



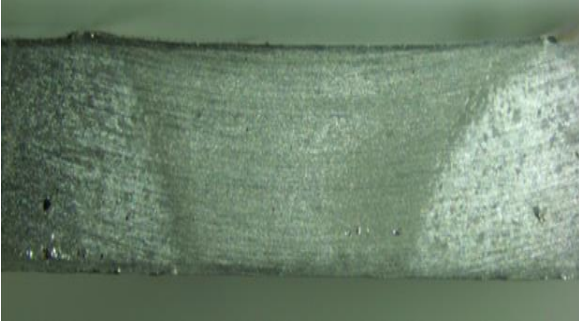
Şekil 3. Döküm-Ekstrüzyon kaynaklı parça ve çıkarılmış çekme test numuneleri (Plaka boyutları 60 x 90 mm)



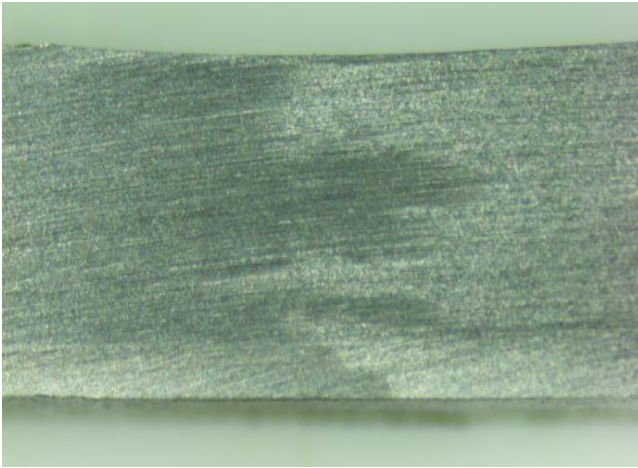
Şekil 4. Eğme test görselleri

### III. BULGULAR

Makroyapı görüntüleri her iki kombinasyon için aşağıda verilmiştir.



Şekil 5. Ekstrüzyon + Ekstrüzyon kaynaklı parça makro görüntü



Şekil 6. Döküm + Ekstrüzyon kaynaklı parça makro görüntü

Ekstrüzyon-Ekstrüzyon kaynaklı parçanın mekanik özellikleri ana metale kıyasla aşağıdaki tabloda ortaya konulmuştur.

Tablo 1. Ekstrüzyon-Ekstrüzyon kaynaklı parçanın ana metal ile kıyaslanması

PARÇA	Kalınlık	Genişlik	Akma Dayanımı	Ortalama Akma Dayanımı	Çekme Dayanımı	Ortalama Çekme Dayanımı	Uzama	Ortalama Uzama	Eğme Açısı	Ortalama Eğme Açısı
	mm	mm	MPa	MPa	MPa	MPa	%	%	°	°
Ekstrüzyon ana metal	2,8	10	207	202,5	239	238,5	14,4	14,7	36	33,5
Ekstrüzyon ana metal	2,8	10	198		238		15		31	
Kaynaklı parça (Eks. + Eks.)	2,8	10	107	108	182	183	9,2	12,1	136	117,5
Kaynaklı parça (Eks. + Eks.)	2,8	10	109		184		15		99	
Kaynak sonrası düşüş ve kazanç (Ekstrüzyon ana metale kıyasla)	DÜŞÜŞ			47%		23%		18%	KAZANÇ	251%

Ekstrüzyon-Döküm kaynaklı parçanın mekanik özellikleri her iki ana metale (ekstrüzyon ve döküm) kıyasla aşağıdaki tabloda ortaya konulmuştur.

Tablo 2. Ekstrüzyon-Döküm kaynaklı parçanın ana metaller ile kıyaslanması

PARÇA	Kalınlık	Genişlik	Akma Dayanımı	Ortalama Akma Dayanımı	Çekme Dayanımı	Ortalama Çekme Dayanımı	Uzama	Ortalama Uzama	Eğme Açısı	Ortalama Eğme Açısı
	mm	mm	MPa	MPa	MPa	MPa	%	%	°	°
Ekstrüzyon ana metal	2,8	10	207	202,5	239	238,5	14,4	14,7	36	33,5
Ekstrüzyon ana metal	2,8	10	198		238		15		31	
Kaynaklı parça (Dök. + Eks.)	2,8	10	106	106,5	162	156,5	7,8	4,7	142	133
Kaynaklı parça (Dök. + Eks.)	2,8	10	107		151		16		124	
Kaynak sonrası düşüş/ artış (Ekstrüzyon ana metale kıyasla)	DÜŞÜŞ			47%		34%		68%	KAZANÇ	297%
Döküm ana metal	2,8	10	161	161	291	291	2,88	2,88	8	8
Döküm ana metal										
Kaynaklı parça (Dök. + Eks.)	2,8	10	106	106,5	162	156,5	7,8	4,7	142	133
Kaynaklı parça (Dök. + Eks.)	2,8	10	107		151		16		124	
Kaynak sonrası düşüş/ artış (Döküm ana metale kıyasla)	DÜŞÜŞ			34%		46%		KAZANÇ	63%	1563%

Not: Döküm ve ekstrüzyon birleşiminde 90 mm genişliğinde numuneler birleştirilmiştir. Numune boyutu çok kısa olduğu için uzama değeri %1,6 çıkan çekme numunesi (Çekme numunesi 1) kaynak başlangıcına çok yakın noktadan çıkarıldığı için yeterli ısı girmediği için ve bu nedenle uzama değeri düşük çıkması olabilir.

#### IV. SONUÇLAR

Ekstrüzyon-Ekstrüzyon kaynak parçasının mekanik özellikleri ekstrüzyon ana metal ile kıyaslandığında zaman akma dayanımı, çekme dayanımı ve uzama değerinde bir düşüş gözlemlenmiştir. Çekme dayanımındaki düşüş % 23'ler civarındadır. Eğme testinde ise kaynaklı parça ana metale kıyasla çok daha iyi performans sergilemiş ve yüksek eğme açısı değerlerine ulaşmıştır. Benzer bir trend döküm-ekstrüzyon kaynaklı parçanın ekstrüzyon ana metal ile kıyaslandığında da gözlemlenmiştir. Eğme açısında yüksek iyileşme gözlemlenirken çekme dayanımında %34'lük bir düşüş gözlemlenmiştir.

Döküm-Ekstrüzyon kaynaklı parçanın mekanik özellikleri döküm ana metal ile kıyaslandığında akma ve çekme dayanımında düşüş fakat uzama değerinde iyileşme gözlemlenmiştir. İlave olarak eğme açısı olarak çok yüksek bir iyileşme gözlemlenmiştir.

Ekstrüzyon-Ekstrüzyon ve Ekstrüzyon-Döküm kaynaklı parçaların kaynak bölgesinin makroyapı görüntüleri incelendiğinde ciddi bir kaynak kusuruna rastlanmamıştır.

## TEŐEKKÜR

Bu alıŐma, Yeşilova Holding, Bursa UludaĐ Üniversitesi ve Türkiye Bilimsel ve Teknolojik AraŐtırma Kurumu (TÜBİTAK) ortaklığında yürütölen 119C207 numaralı TÜBİTAK-2244 projesi ile desteklenmektedir. İlgili kurumlara değerli destekleri için teŐekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

[1] <https://www.starrapid.com/blog/porosity-in-pressure-die-casting-and-how-to-control-it/>

[2] <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/job-knowledge/friction-stir-welding-147>