SAPLAMA KAYNAK YÖNTEMİ İLE INCONEL 718 SÜPERALAŞIM MALZEMENİN KAYNAKLANABİLİRLİĞİ

Elif Selen Atmaca[1,a], İrem Burcu Algan[1,b], Adem Kurt[1,c]

[1a,1b,1c] Gazi University
[a]elifselenatmaca@gmail.com, [b] irembalgan@gazi.edu.tr, [c] ademkurt@gazi.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, Inconel 718 süperalaşım malzemeye 5 mm çapında çelik saplamalar kondansatör boşaltmalı saplama kaynak yöntemi ile 130, 150 ve 180 V kaynak yapılmıştır. Kaynaklı numunelere mikroyapı, sertlik incelemesi uygulanarak kaynak parametrelerinin birleşme özelliklerine etkisi belirlenmiştir. Düşük ve yüksek voltajlarda kaynak arayüzeyinde hataların olduğu, en iyi birleşme arayüzeyinin 180 V gerilimde elde edildiği görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Inconel 718, saplama kaynak

1. Giriş

Süperalaşımlar, ergime sıcaklığının %70'ine kadar olan yüksek çalışma sıcaklık değerlerinde bile çok iyi mekanik mukavemet ve sürünme direncine, çok iyi yüzey stabilitesine ve korozyon ve oksidasyon direncine sahip metalik alaşımlardır (Dal, 1993). Bu nedenle süperalaşımlar son yıllara kadar özellikle sürünme ve oksidasyon dirençleri öncelikli dizayn kriterleri olarak göz önünde tutulmuştur. Ancak son yıllarda çok düşük elektrik direncine sahip olduğu ve bu özelliğini yüksek sıcaklıklarda büyük oranda koruyabildiği, yüksek ergime sıcaklığı ve çok iyi oksidasyon direnci olduğu için başta kaynak ve elektrik-elektronik endüstrisi olmak üzere tıp ve dişçilik alanında da (implant olarak) kullanılmaktadır [1].

Nikel esaslı süperalaşımlar genel olarak düşük alaşımlı çelikler ve paslanmaz çeliklere göre yüksek sıcaklıklarda daha iyi mekanik özellik vermektedirler. Bu alaşımlar % 30–75 oranında nikel ve % 30'a kadar krom içerirler. Nikel ve kromun birleşimi bu alaşımlara önemli bir oksidasyon direnci kazandırmaktadır. Sınıf olarak nikel esaslı alaşımlar, mekanik mukavemet açısından özellikle 650^{o} C üzerinde paslanmaz çeliklerden daha üstün özelliktedirler [2].

Ni esaslı süperalaşımların mukavemetlendirilmesi iki yolla gerçekleştirilir. Bunlardan birincisi katı ergiyik sertleştirmesi iken; ikincisi ikincil-faz intermetelik çökelti tarafından mukavemetlendirmedir. İntermetalik çökelti oluşturarak mukavemeti arttıran elementler ise; alüminyum, titanyum ve niobyumdur.

Çökelme-dayanımlı nikel alaşımlar, ikinci bir fazın çökelmesi ile elde edilir. Çökelen faz, (genellikle γ' veya γ'') alaşımın sertliğini ve dayanımını önemli derecede artırır. Bu alaşımların

çoğunda, γ' intermetalik $Ni_3(Al,Ti)$ fazın şekillenerek çökelti-sertleşmesini sağlamak amacıyla alüminyum, titan-yum kullanılır. Bazı alaşımlarda alüminyum ve ti-tanyumun yanında niobiyum kullanılır. Bunun sonu-cunda ise γ'' Ni_3Nb oluşur. Niobiyum dayanımlı alaşımlar (Inconel 718), çökelme-sertleşmesi sıcak-lığını geciktirir. Kaynak sıcaklığının sertleşmeye neden olmaması ve ön kaynak çatlaması görülmemesi nedeniyle bu alaşımların kaynak kabiliyeti yüksektir (Şekil 2.1 ve 2.2). (Dye, ve diğ., 2001; Huang, ve diğ., 1996) [3].

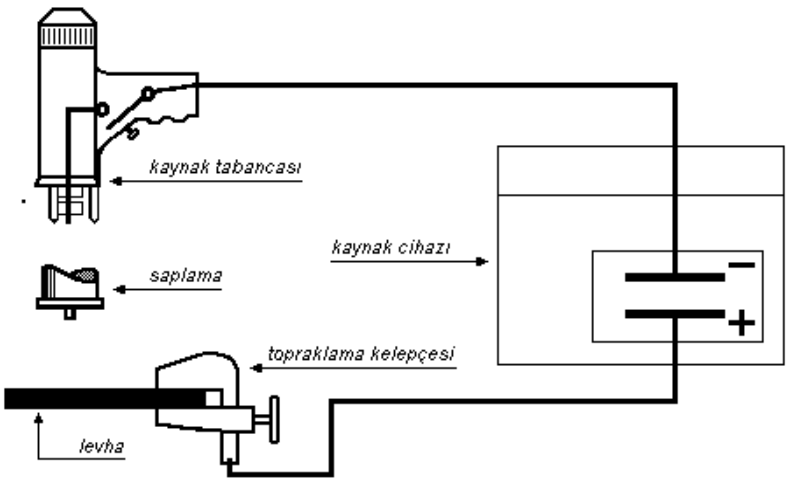
Süper alaşım malzemelerin genellikle gazaltı kaynak yöntemleriyle ergitmeli kaynaklarına literatürde daha çok rastlanmaktadır. Bu malzemelerin saplama kaynağına rastlanmamıştır. Bu çalışma bundan sonraki araştırmacılara referans niteliği de taşıyacaktır.

Saplama kaynak yönteminde kaynatılacak saplamalar kaynak torcuna takıldıktan sonra üzerinden akım geçmeye başlar ve kısa süre içerisinde kaynak banyosu oluşur [4].

Başka bir deyişle ark metal çivi ile iş parçası arasında oluşturulur. Dolgu malzemesi kullanılmaz. Koruyucu gaz veya örtü (flux) kullanılabilir. Bunun yanında çiviyi çevreleyen koruyucu seramik yüzükte kullanılabilir. Saplama veya civata birleştirileceği yüzeye temas ettirilip çekilerek ark başlatılır. Cıvata veya saplama çapı boyunca ve birleştirileceği yüzeyde erime gerçekleştiğinde basınç uygulanarak yüzeyler kaynak yapılır [5].

Kaynak yapılacak malzemelerde bulunulan ortam koşulları göz önünde tutularak saplama ve parça yüzeylerini yağ, boya, pas, oksit ve tufal gibi yabancı tabakalardan arındırılmış olması, ön şart olarak gerekmektedir.

Saplama kaynağı teknolojisi ile çeşitli kalınlık ve biçimlerde saplama, çubuk, pim vb. bağlama elemanları metal yüzeylere kolayca ve ekonomik olarak kaynaklanabilir. Saplama çelik, paslanmaz çelik, alüminyum, pirinç vb. malzemelerden yapılmış olabilir. 0,5 mm 'lik saclara bile kaynak yapılabilir sac kalınlığı için üst sınır yoktur. Şekil 1'de saplama kaynağının şematik görünümü verilmiştir.



Şekil 1. Saplama kaynağının şematik görünümü [6]

Kondansatör boşaltmalı cihazlar, bir kondansatörde depolanmış enerjinin çok kısa süre içerisinde boşaltılması sırasında akım değerinin teorik olarak sonsuz değerde olacağı esasına dayanır. Bu işlem için ucu özel olarak biçimlendirilmiş saplamalar kullanılır. Saplamanın ucu kondansatörün boşalma akımını taşıyamayacak kesitte silindirlik bir çıkıntıdan oluşur (Şekil 2). Uç, kaynaklanacağı levhaya dokununca, ya da yay kuvveti ile basılı tutulurken tetiğe basıldığında, kondansatördeki enerjiyi boşaltan bir akım geçer; bu akım, ucun tümü ile buharlaşıp iyonlaşmasına neden olur. Birbirine hızla yaklaşmakta olan iki yüzey arasında oluşan bu iyonize ortam sonuçta iki yüzeyin eriyip kaynaklanmasını sağlayan arkı başlatır. Bu yöntem de ark ve dolayısıyla kaynak süresi çok kısadır. (birkaç mili saniye); bu nedenle çok ince sacların bile arka yüzlerinde deformasyon ve kararma olmaksızın kaynak işlemi tamamlanır [6].



Şekil 2. Kondansatör boşaltmalı saplama kaynak cihazında kullanılan saplamalar

2. Deneysel Çalışmalar

Bu çalışmada Inconel 718 süperalaşım malzemeye 5 mm çapında çelik saplamalar 130, 180 ve 200 V gerilimlerde birleştirilerek, kaynak gerilimlerinin ITAB'a etkileri incelenmiştir.

15x5x10 mm boyutlarındaki, Tablo 2'de kimyasal kompozisyonu verilmiş olan, Inconel 718 süperalaşımı kondansatör boşaltmalı saplama kaynak cihazı ile korumasız ortamda kaynaklanmışlardır. Kaynaklanan numunelerin makro muayeneleri elle ve gözle yapıldıktan sonra, mikro incelemeler için hazırlanmışlardır.

Tablo 2. Inconel 718 süperalaşımının kimyasal kompozisyonu

Ni	Fe	Cr	Cu	Mo	Nb	C	Mn
50.00-55.00	Geri kalanı	17.00-21.00	.30 max	2.80-3.30	4.75-5.50	.08max	.35 max
P	**S**	**Si**	**Ti**	**Al**	**Co**	**B**	
.015 max	.015 max	.35 max	.65-1.15	.20-.80	1.00 max	.006 max	

Kaynaklanmış parçalar, mikroyapı incelemesinde kaynak arayüzeyinin görülebileceği şekilde kesilerek, bakalit ile sıcak gömme işlemi uygulanmıştır. Daha sonra 180, 240, 400, 600, 800 ve 1200 meshlik zımparalarla zımparalama işlemi uygulanmış, zımparalanan numuneler 1μ'luk elmas pasta ile parlatılmıştır. Parlatılan numuneler dağlanırken çelik saplama ve esas metal için iki farklı dağlayıcı kullanılmıştır. Optik mikroskop ile farklı büyütmelerde görüntüler alınmış, mikrosertlik ölçümleri alınmıştır.

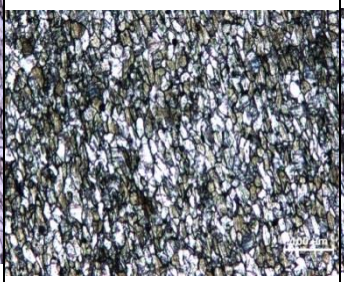
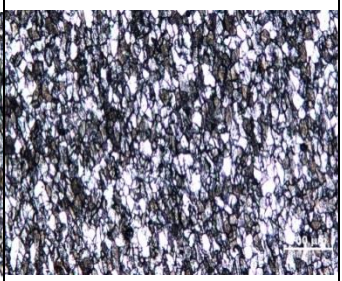
3. Sonuçlar ve Tartışma

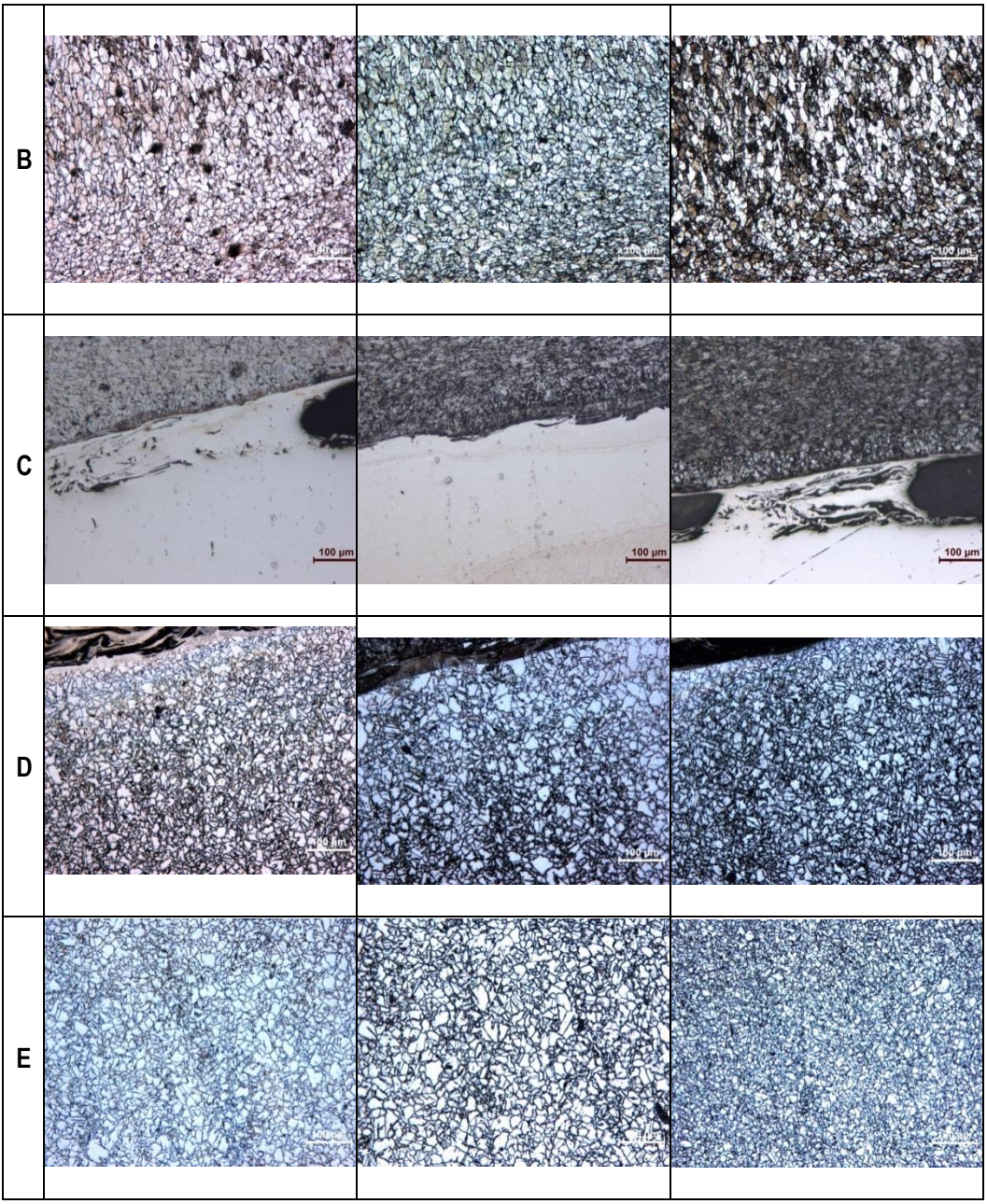
3.1. Metalografik İncelemeler

Kaynaklı birleştirmelere ait mikroyapı görüntüleri saplama (A), saplama değişim bölgesi (B), kaynak bölgesi (C), esas metal değişim bölgesi (D) ve esas metal (D) bölgelerinden alınmıştır.

Tablo 3'te 130, 180 ve 200 V'larda yapılan kaynaklı birleştirmelerin 10 X büyütme ile çekilen görüntüleri verilmiştir.

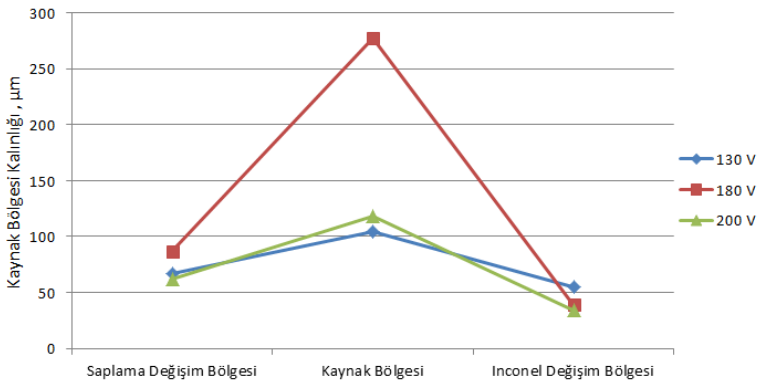
Tablo 3. Değişen kaynak gerilimine bağlı olarak elde edilen mikroyapı görüntüleri

	130 VOLT	180 VOLT	200 VOLT
A			



Mikroyapı incelemeleri sonucunda Inconel 718'in ortalama 25 µm boyutlarında homojen tanelerden oluştuğu gözlenmiştir. Kaynak arayüzeyine yaklaştıkça; tane boyutlarında küçülmelerin olduğu, kaynak arayüzeyinden itibaren Inconel 718 tarafında doğru boyutu kaynak gerilimine bağlı olarak değişen bir bölge gözlenmiştir. İncelmiş tanelerin bulunduğu bölgenin tabaka kalınlığı artan kaynak gerilimi ile artmıştır. Bununla ilgili değişim grafiği Şekil 2 'de gösterilmiştir.

Grafikten görüleceği gibi 130 V 'ta düşük ısı girdisine bağlı olarak; yetersiz ergime sonucu 104,494 µm kaynak bölgesi kalınlığı ölçülürken, benzer bir etki yüksek kaynak voltajında görülmüştür. Burada da yüksek ısı girdisine bağlı ark patlaması ile sıvı metal kayıpları oluşarak, kaynak bölgesi tabaka kalınlığını azaltmıştır. Ancak, 180 V 'ta yeterli ergimeye bağlı olduğu düşünülen homojen kalınlıkta yaklaşık 277,777 µm kalınlığında bir kaynak bölgesi oluşmuştur.



Şekil 3. Kaynak gerilimi ve kaynak bölgesi ilişkisi

Genellikle bütün kaynak değerlerinde düşük ısı girdisine bağlı olduğu düşünülen mikroyapısal değişimlerin kaynak sonrası fazla görülmediği bir mikroyapı oluşmuştur. Ergitmeli kaynaklarda yüksek ısı girdisine bağlı olarak farklı tane yapılı bölgeler görülürken; saplama kaynağında birleşme arayüzeyine yakın bölgede dar bir bant şeklinde ince taneli yapı görülmektedir. Bunun dışında iri taneli bölge ve kısmen dönüşmüş bölge gibi sıcaklık ve zamana bağlı dönüşümler gözlenmemiştir. Bu özellik, saplama kaynak yönteminin bir avantajı olarak düşünülmektedir.

3.2. Sertlik Sonuçları

Inconel 718 malzemeye farklı voltajlarla yapılan saplama kaynağın arayüzey sertlik sonuçları (HV-1) Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Inconel 718 malzemenin bölgelere göre sertlik değerleri (HV1)

Kaynak gerilimi V	Saplama	Değişim bölgesi	Kaynak bölgesi	Inconel 718
130	180	172	221,5	238
180		196	237	
200		183	213	

Burada görüleceği gibi, en düşük ve en yüksek voltajlarda sertlik değerleri düşmüş; orta değerde (180 V) sertliğin hem değişim bölgesinde hem de kaynak bölgesinde arttığı

görülmüştür. Sertlik değişiminin farklı sebepleri olmakla birlikte; düşük voltajlarda (130 V) yetersiz ergimeye bağlı boşlukların ve birleşmemiş bölgelerin fazla olduğu birleşme arayüzeyi elde edilmiş ve sertlik değerlerinin boşluk miktarlarının fazlalığına bağlı olarak düşük çıktığı düşünülmektedir. Benzer durum yüksek voltajda (200 V) da görülmüş olup; bunun da sebebi ark patlamasına bağlı sıvı metalin boşluk oluşturarak kaynak arayüzeyinde birleşmemiş bölgeler oluşturması olduğu düşünülmektedir.

Düşük ve yüksek voltajlarda birbirine yakın sertlik değerlerinin elde edilmesi de arayüzey boşluklarına bağlı olduğu tezini güçlendirmektedir.

Bu çalışma için uygun parametre olan 180 V' ta saplama değişim bölgesinden Inconel malzemeye doğru sertlik artışı olduğu, kaynak bölgesinin sertliğinin Inconel malzeme sertliğine çok yakın olduğu (237 HV1) arayüzeyin, uyumlu bir bağlantı gösterdiğini de ifade etmektedir.

Kaynak için gerekli olan ısı, voltajla doğrudan ilgili olduğundan; düşük voltajlarda yetersiz ergime, yüksek voltajlarda ise ark patlaması sonucu metal kayıpları görülmektedir. Bu faktörler, kaynak arayüzeyine yansımış, dolayısıyla düşük ve yüksek voltajlarda değişken sertlik ölçülürken, orta voltaj değerinde (180 V) kararlı bir sertlik değişimi ve kaynak arayüzeyi gözlenmiştir.

4. Sonuçlar

Yüksek korozyon ve ısıl direnci sebebiyle geniş kullanım alanına sahip olan süperalaşım malzemelerden Inconel 718 levha üzerine farklı voltajlarda yapılan saplama kaynağı sonucu aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Bu çalışma için 130 V gerilim yetersiz ergimeye yol açarak, birleşme olmasına rağmen, arayüzeyin boşluklu bir yapıda oluşmasına sebep olmuştur.
- Bu çalışma için kullanılan en yüksek voltaj değeri olan 200 V da yüksek ısı girdisine bağlı ark patlaması ile metal kayıpları gözenekli bir mikroyapı oluşturmuştur.
- Uygun bir kaynak birleşme arayüzeyi 180 V gerilimde elde edilmiş, bu parametrede gerek saplama ve Inconel tarafında gerekse kaynak bölgesinde farkedilir derecede düzenli geçişli bölgeler gözlenmiştir.
- Uygun parametreler belirlendiğinde Inconel 718 ile düşük karbonlu çeliklerin birbirleri ile kaynak edilebilecekleri görülmüştür.

5. References

[1] F. Kahraman: Süperalaşımların nitrürlenerek yüzey özelliklerinin incelenmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Makina Mühendisliği Bölümü, Konstrüksiyon İmalat Anabilim Dalı, Ekim 2008, pp.30.
[2] A.Çelik: Nikel esaslı süperalaşımların talaşlı işlenmesi için SiAlON esaslı kompozit malzemelerin geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Seramik Mühendisliği Anabilim Dalı, Ağustos 2006, pp.4.
[3] V. V. Çay, S. Ozan: Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları; 2005 :Süperalaşımlar ve uygulama alanları, pp.181.
[4] S.Anık: Kaynak Tekniği El Kitabı, İTÜ, İstanbul,1991.
[5] M. Asarkaya: Tershanelerde Uygulanan ve Uygulanabilecek Kaynak Yöntemleri, Gemi Mühendisliği ve Sanayimiz Sempozyumu ,Aralık, 2004 ,pp.24-25.
[6] E.Gündoğdu: Saplama Kaynağı İle Birleştirilmiş Saplamaların Kaynak Bölgesinin Mekanik Ve Metalurjik Özelliklerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Metal Eğitimi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Haziran 2011, pp.32.