

Kalın Kesitli 5083 Serisi Alüminyum Alaşımlarının Kaynağında Yüzey İşlemler ile Gaz Porozitesi Ve Pasolar Arası Birleşme Sorununun Giderilmesi

*¹Ekrem Altuncu, ²EnisTürkmen and ³Oğulcan Kabakcı

*¹Sakarya Uygulamalı Bilimler Üni.,Malzeme ve Üretim Tek. Uyg.ve Araş. Merkezi -SUMAR, Sakarya, Türkiye

²MEG Gemi Arge Merkezi, Kocaeli, Türkiye

³Akademi NDT, Kartal, Türkiye

Özet

Alüminyum alaşımları havacılık, uzay, savunma ve otomotiv endüstrisinde konstrüksiyonlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Alüminyum alaşımlarının kaynağında sıkça karşılaşılan problemlerin başında gaz boşlukları, çatlak ve çarpılmalarıdır. Farklı boyut, form ve yoğunlukta gaz porozitesi olması durumunda kaynak bölgesinden arzulan mukavemet elde edilememektedir. Alüminyum alaşımlarının yüzeyinde kendiliğinden oluşan oksit tabakası kaynak kabiliyetini kontrol etmekte ve zorlaştırmaktadır. Bu nedenle kaynak işlemi öncesi yüzey işlemler (kimyasal ve mekanik) önem kazanmaktadır. Bu çalışmada farklı kalınlıklarda 5083 (Al-Mg alaşımı) alaşımı plakaların kaynağı öncesinde uygulanan yüzey işlemler sonucunda kaynak kontrolü ve muayenesi tahribatsız yöntemler ile gerçekleştirilmiştir. Test sonuçları karşılaştırmalı olarak tartışılmakta ve irdelenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Alüminyum kaynağı, Gaz porozitesi, Yüzey İşlem, Tahribatsız Muayene

1. Giriş

Alüminyum (Al)-Magnezyum (Mg) alaşımları, havacılık, gemi, savunma, inşaat sanayi ve otomotiv sanayilerinde konstrüksiyonlarda yüksek korozyon direnci, kaynak kabiliyeti ve mekanik özellikleri nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Alüminyuma alaşımların kaynaklarında sıklıkla karşılaşılan problemlerin başında gaz boşluğu, çatlak, çarpılma oluşumu gelmektedir. Gaz boşlukları, kaynak yapılacak malzemelerin kesit kalınlıklarına bağlı olarak farklı oranlarda ve bölgelerde oluşabilmektedir. Kaynak bölgesinde istenilen mukavemet değerlerinin elde edilmesinde gaz boşluklarının boyutu, şekli ve yoğunluğu etkili olmaktadır. Alüminyum alaşımlarının yüzeyinde kendiliğinden oluşan ince, yoğun ve ergime noktası yüksek oksit tabakası kaynak işlemini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle kaynak öncesi ön yüzey işlemlere gereksinim duyulmakta ve kimyasal veya mekanik yüzey temizleme, hazırlama işlemleri önem kazanmaktadır. Bu çalışmada 5083 (Al-Mg alaşım) serisi alaşımlardan farklı kalınlıklarda plakalar arasında kaynak işlemleri ön yüzey işlemleri (kimyasal + mekanik temizleme) ve yüzey işlem yapılmaksızın uygulanmıştır [1-4]. Kaynak işlemleri sonrasında tahribatsız yöntemler (gözle muayene, sıvı penetrant, radyografik muayene ve ultrasonik muayene gibi) ile muayene çalışmaları yürütülmüştür. Gaz boşluğu ve pasolar arası birleşme nedenli kaynak hataları incelenmiş ve kapsamlı bir şekilde tartışılmıştır.

2. Malzeme ve Yöntem

Deneysel çalışmalarda 5083/H321 (EN10204:2004) kalite Al-Mg alaşımından farklı kalınlık (20mm-50mm) ve ölçülerde plakalar kullanılmıştır. Tablo 1 de deneysel çalışmalarda kullanılan malzemelerin kimyasal kompozisyonu sergilenmektedir. Tablo 2 de ise deneysel çalışmalarda kullanılan plaka ölçüleri ve kodlamaları sunulmaktadır.

Tablo 1. Alaşımın Kimyasal Kompozisyonu

EN10204:2004 3.1	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti	Ga	V	Al
Standard Min/max	0,40	0,40	0,10	0,40- 1,0	4,0-4,9	0,05- 0,25	0,05	0,25	0,15	0,05	0,05	kalan
20 mm	0,25	0,25	0,046	0,51	4,42	0,093		0,031	0,021			kalan
50 mm	0,31	0,24	0,07	0,53	4,2	0,10	0,01	0,04	0,02	0,01	0,01	kalan

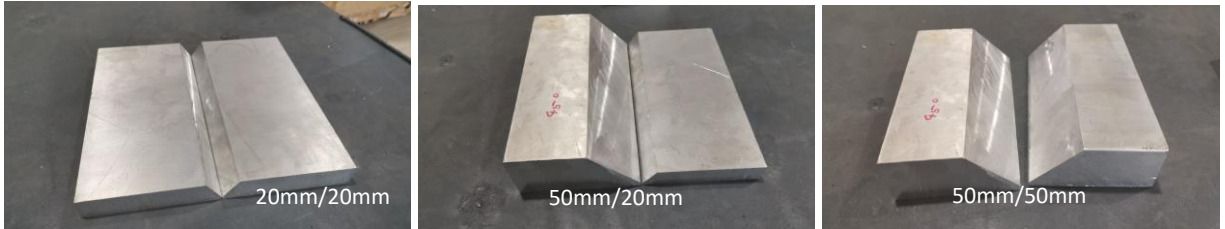
Tablo 2. Deneysel plakalarının görünümü ve kesit ölçüleri

Kod	Malzeme	Ölçüler, mm	Yüzey İşlem	Kaynak Yöntemi MIG-Gazaltı
1N	5083 H321	20*100*150 - 20*100*150	Yok	BW Alın Kaynak
1T		20*100*150 - 20*100*150	Var	BW Alın Kaynak
2N		20*100*150 - 50*100*150	Yok	BW Alın Kaynak
2T		20*100*150 - 50*100*150	Var	BW Alın Kaynak
3N		50*100*150 - 50*100*150	Yok	BW Alın Kaynak
3T		50*100*150 - 50*100*150	Var	BW Alın Kaynak

Kaynak işleminde amper, voltaj, tel sürme hızı, kaynak hızı, gaz debisi, ön tav ve pasolar arası sıcaklık incelenecek parçalar için sabit tutulmuş ve temizlik değişkeni incelenmiştir. Kaynak makinesi olarak KEMPPİ FastMig X450 modeli kullanılmıştır. Kaynak parametreleri Tablo 3 de verilmektedir. Malzeme içeriği ve ölçüleri verilen test parçaları 30° (20mm), 45° (50mm) kaynak açısı açılarak alın kaynağı işlemi için hazırlanmıştır. Yüzey mekanik temizlik işlemi dışında diğer kaynak verileri sabit tutularak aynı kalınlıktaki parçalardan 2 takım kaynatılmıştır. Takımın ilkinde mekanik temizlik işlemi uygulanmamış, sadece her paso sonrası tel fırça ile yüzey temizleme işlemi yapılmıştır. Takımın ikincisinde her paso sonrası yüzeyde oluşan alüminyum oksit (Al₂O₃) tabakası alüminyum için üretilmiş freze ucu ile temizlenerek kaynak işlemine devam edilmiştir. Toplamda bir adet mekanik temizleme işlemi uygulanmış bir adet işlem uygulanmamış üç farklı kalınlıklarda altı adet plaka birbirine kaynatılmıştır. Şekil 1 de kaynak işlemi öncesinde kaynak açısı hazırlanmış farklı kalınlıklarda (20-50mm) plaka çiftlerinin görüntüsü sergilenmektedir.

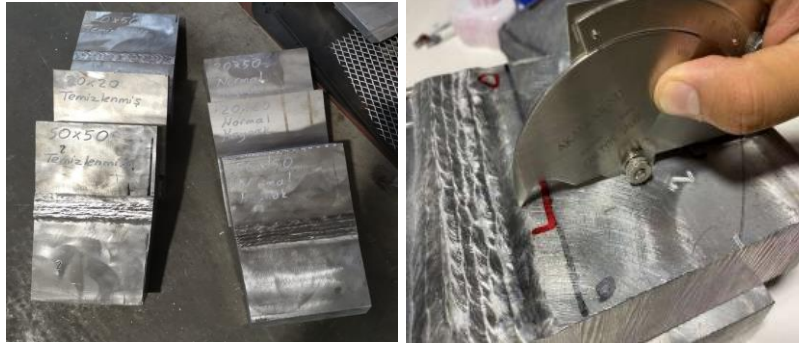
Tablo 3. Kaynak parametreleri ve plakalar

PLAKALAR		Öntav (°C)	Amper (A)	Voltaj (V)	Pasolar Arası Sıcaklık (°C)	Tel Sürme Hızı (m/dak)	Kaynak Hızı (mm/dak)	Gaz Debisi (lt/dak)	Kaynak Teli	Gaz	Isı Girdisi (KJ/mm)
20*100*150 AL5083 H321	20*100*150 AL5083 H321	100	200-210	23-24	90-110	12-13,5	800	15	SAFRA 5183	Saf Ar %99.98	0,276-0,302
20*100*150 AL5083 H321	50*100*150 AL5083 H321			24-25	90-110		960		SAFRA 5184		0,252-0,275
50*100*150 AL5083 H321	50*100*150 AL5083 H321			24-25	90-110		960		SAFRA 5185		0,252-0,275



Şekil 1. Kaynak işlemi öncesinde kaynak ağızı hazırlanmış plakaların görüntüsü

Şekil 2 de kaynak işlemi sonrası farklı kalınlıklarda plakaların kaynaklı birleştirilmesi sonrasında makro görüntüleri ve görsel kontrolü esnasında bir görüntü sergilenmektedir. Kaynak dikiş profili ve geometrisi kontrol edilmiştir. Kaynağın başarılı bir şekilde gerçekleştirildiği ve şartnamelere uygun profilin elde edildiği tespit edilmiştir.

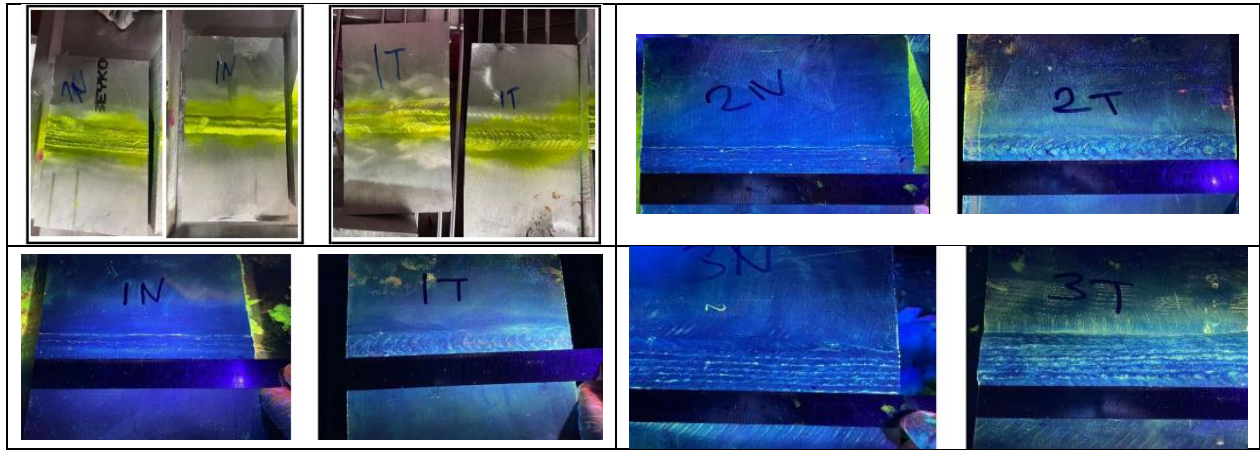


Şekil 2. Kaynak işlemi sonrası makro görüntüler ve görsel kontrol

Kaynak sonrası hem temizlik işlemi uygulanmış hem de uygulanmamış parçalara VT (Görsel Muayene), PT (Penetrant Test) ve RT (Radyografik Test) tahribatsız muayeneleri uygulanmış ve karşılaştırma yapılmıştır. Kaynaklar geçerli uygulama standartlarına göre incelenmiş, tespit edilen süreksizlikler EN ISO 6520-1 standardına uygun olarak sınıflandırılmış ve Görsel Muayene; EN ISO 10042 Level B, Penetrant Muayene; EN ISO 23277 Level 2X ve Radyografik Muayene; EN ISO 10675-2 Level 1 standartları ve kalite sınıflarına göre değerlendirilmiştir.

3. Deneysel Sonuçlar ve Tartışma

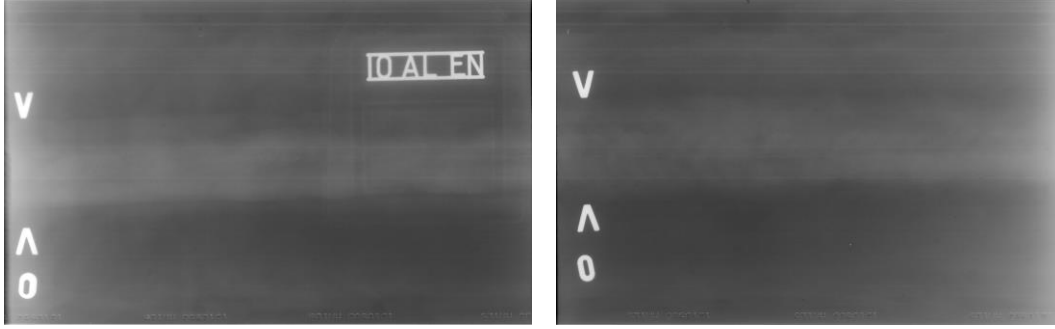
Deneyisel çalışmalarda farklı kalınlıklarda kaynaklı plakalara uygulanan farklı tahribatsız muayene yöntemleri sonucunda elde edilen bulgular aşağıda özetlenmektedir. Sıvı penetrant testi florışına özellikli (tip 1) penetrant ile EN ISO 3452-1 standartlarına bağlı olarak gerçekleştirilmiştir. Test %100 kaynak bölgesine ve ısıdan etkilenen bölgeye uygulanmıştır. 40W/m² UV ışık altında inceleme yapılmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Sıvı penetrant test görüntüleri

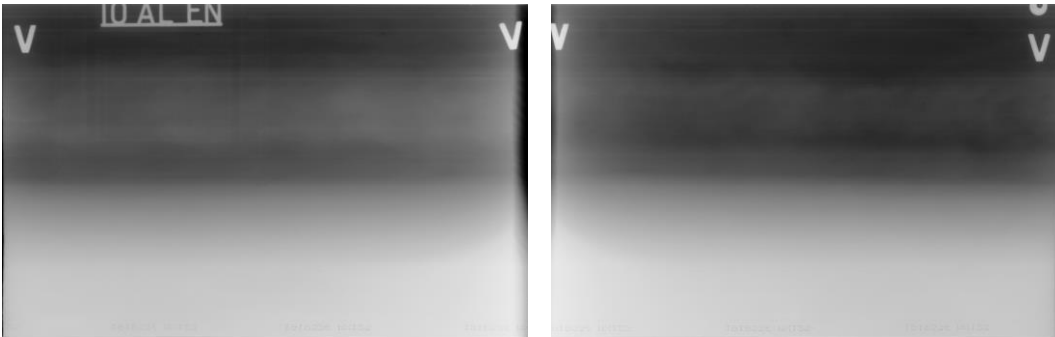
Parçaların mekanik ön yüzey işlem yapılmamış 1N (20mm) ve mekanik yüzey temizleme işlemi yapılmış 1T (20mm) parçası muayene edildiğinde her iki parçada görsel muayene sonuçlarının standard limitler içinde olduğu görülmüştür. Akabinde yapılan sıvı penetrant testi sonuçları da her

iki parçada da kabul seviyesinde kaynak kep ve kök bölgesinde porozite tespit edilmiş ancak mekanik temizlik yapılan parçada yapılmayan parçaya göre daha az sayıda ve daha küçük çaplarda süreksizlik olduğu gözlemlenmiştir. Radyografik test sonuçları da penetrant muayenesinde olduğu gibi kabul seviyesinin içerisinde yine mekanik temizlik yapılan parçada yapılmayana göre daha az porozite olduğu tespit edilmiştir. 1T kodlu numunede porozite oranı %0.5 seviyesine yakın olup, 1N parçada ise yaklaşık %1 oranında porozite tespit edilmiştir (Şekil 4). Ön yüzey temizleme işleminin 20mm kalınlıkta plakalar için kaynak pasoları arasında birleşme bölgesinin kalitesinin artırılmasında etkin sonuç verdiği gözlenmektedir.



Şekil 4. Radyografik muayene filmleri (1N-1T)

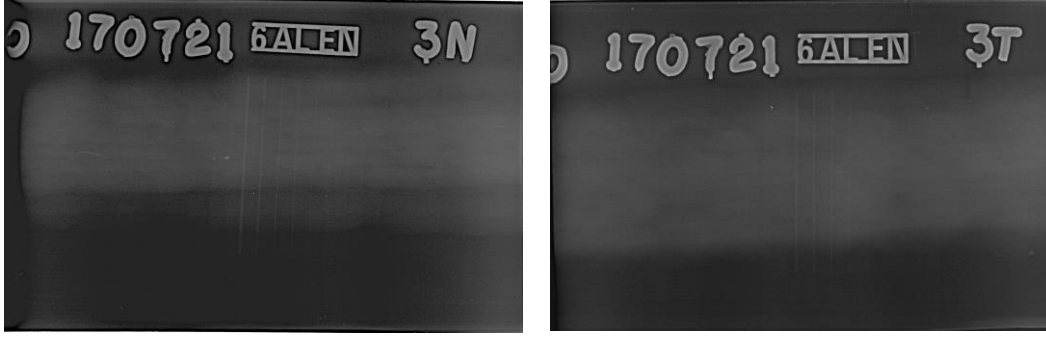
Şekil 5.de röntgen filmi 20mm parça ile 50mm parça alın kaynağı yapılmış numunelerin görüntüsüdür. Parçaların mekanik işlem yapılmamış 2N ve mekanik işlem yapılmış 2T parçası muayene edildiğinde her iki parçada görsel muayene sonuçları arzulanan sınır değerler aralığında olduğu tespit edilmiştir. Fakat malzeme kalınlığı artmaya başladıkça görülüyor ki kabul seviyesi içerisinde olmasına rağmen bir önceki test parçasından daha fazla sayıda ve yoğunlukta porozite olduğu tespit edilmiştir. Yine penetrant muayenesini doğrularcasına RT muayenesinde de kabul seviyesinin içerisinde olmak kaydıyla porozite sayısında artış görülmektedir. RT muayenesinde 2T parçada yaklaşık %1 oranında porozite gözlenirken, 2N parçada ise %1,5 oranı seviyesinde porozite olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 5. Radyografik muayene filmleri (2N-2T)

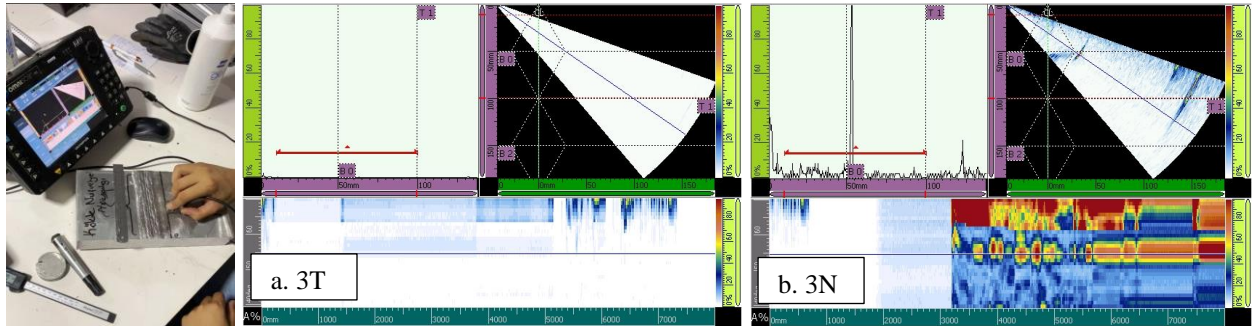
3.Grup test plakalarında malzeme kalınlığı bir önceki test parçalarına göre artırılarak 50mm-50mm malzemelere alın kaynağı yapılmış ve tahribatsız muayene gerçekleştirilmiştir (Şekil 6). Yine 3N

adlı parçaya mekanik işlem uygulanmadan 3T adlı parçaya mekanik işlem uygulanarak yapılan kaynaklarda RT muayenesine bakıldığında 3T parçada %1 Şekil 5 de olduğu 3N parçada ise %2 olduğu görülmüştür. Mekanik işlem uygulanarak yapılan kaynakta yapılmayana göre daha az düzenli dağılmış porozite RT filmlerinde görünmektedir. Malzeme kalınlığından kaynaklanan filmleri radyografi tekniğindeki görüntü kaybını engellemek adına bu parçalarda ileri radyografi tekniği olan CR (Computed Radiography) kullanılmıştır.

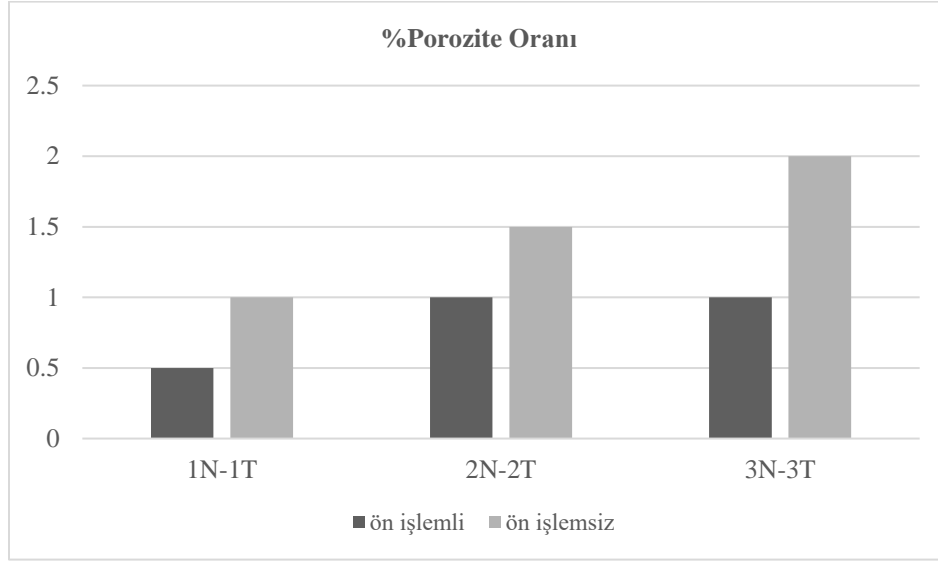


Şekil 6. Radyografik Muayene Dijital Görüntüler (3N-3T)

UT-PA (Ultrasonik Phased Array) tekniğinin kullanım tercihini etkileyen faktörler; konvansiyonel ultrasonik muayene yöntemine kıyasla çoklu kristalle seslerin istenen açılar ile oluşturulabilmesi ve belli bölgelere odaklama yeteneği sunması sebebi ile daha hassas sonuçlar elde edilebilmesi, kalın malzemelerde konvansiyonel yöntem göre prob salınım mesafesinden bağımsız olarak kontrolün gerçekleştirilebilmesidir (dolaylı olarak daha hızlı muayene olanağı) [5-6]. Parçalar üzerinde nüfuziyetsizlik taraması için gerçekleştirilen ileri ultrasonik muayene tekniklerinden biri olan PA (Phased Array-Fazlı Dizi) tekniği ile gerçekleştirilen kontrollerde; (Şekil 7) 1N-1T, 2N-2T ve 3T kodlu parçalarda sadece muhtelif sayıda lineer olmayan, gözenek tarzı ancak değerlendirmeye almayı gerektirmeyecek küçüklükte bulgulara rastlanırken, 3N kodlu 50mm kalınlığındaki parçada ergime noksanlığı olarak tanımlanabilecek lineer bir süreksizliğe rastlanmıştır. Kaynaklı imalat kabul kriterleri bu tip bir süreksizliğe müsaade etmemektedir. Şekil 8 de kaynaklı birleştirmelerde tespit edilen porozite oranları sergilenmektedir.



Şekil 7. Ultrasonik fazlı dizi (phase array) incelemeleri



Şekil 8. Test numunelerinde porozite oranının değişimi

4. Genel Değerlendirme

Alüminyum alaşımlarına kaynak ağızı hazırlama aşamasında ön yüzey temizleme işlemi zorunlu bir gerekliliktir. Alüminyum alaşımlarının yüzeyinde kendiliğinden oluşan yüksek ergime sıcaklığına sahip olan ince ve yoğun bir alüminyum oksit tabakası mevcuttur. Kayna işlemi esnasında ergimeyen alüminyum oksit parçacıklarını uzaklaştırmak ve bu ince oksit tabakasını kaldırmak için, kaynak işleminden önce tel fırçalama, mekanik işleme veya kimyasal temizleme gibi bir oksit giderme işlemi yapılması önerilmektedir. Alüminyum alaşımlarının kaynak işlemlerinde ön yüzey temizleme işleminin mekanik işlem ile yapılması yüzeyde mevcut olan Al_2O_3 tabakasının etkin bir şekilde kaldırılmasına yardımcı olmakta ve kaynak kalitesi üzerinde olumlu etkisi olduğu, kaynak içerisinde hapsolan porozite sayısının azaltılabildiği gözlenmiştir. Mekanik ön yüzey işlem yapılmadan yapılan kaynaklarda porozite oranının (%1-2), ön yüzey işlem yapılan kaynaklı yapılara (%0.5-1) göre daha fazla porozite içeriğine sahip olduğu yapılan muayene ve ölçümler sonrasında açıkça ortaya konulmuştur (Şekil 8). Malzeme kalınlığı arttıkça bu oranın daha da artmakta olduğu tespit edilmiştir. Buradan mekanik yüzey temizliğinin daha etkin ve hızlı bir şekilde yapılması ve mekanik temizliğin akabinde zaman kaybetmeden pasolar arası kaynağa devam edilmesi gerektiği ve yüzeyde oksit tabakasının oluşmasına müsaade edilmeden bir sonraki kaynağa hızlıca geçilmesi gerekliliği anlaşılmaktadır. Kaynaklı birleştirmelerde sıvı penetrant, radyografi ve PA yöntemi ile ultrasonik muayene kaynak hatalarının tespitinde etkin bir şekilde kullanılabilir. PA tekniği diğer tahribatsız muayene yöntemlerine göre daha hızlı, kesin, güvenilir ve etkin sonuçların elde edilebildiği bir test ve muayene yöntemi olarak kullanılabilir. Kaynak işlemi yapılacak parça kalınlığının artması durumunda röntgen filmleri ile muayene yerine daha hassas ve net görüntüler veren dijital radyografi yöntemleri tercih edilmelidir. Her tahribatsız muayene yöntemi hiyerarşik bir sırada bir diğer yöntemi tamamlayıcı ve doğrulayıcı nitelikte olup, ilgili standartlar kapsamında takip edilmelidir.

Referanslar

- [1] Tong H., Ueyama T., Harada S., Ushio M., Quality and productivity improvement in aluminium alloy thin sheet welding using alternating current pulsed metal inert gas welding system, *Science and Technology of Welding and Joining*, 2001, 6:4, 203-208.
- [2] Mutombo K., Toit M., Mechanical Properties of 5083 Aluminium Welds After Manual and Automatic Pulsed Gas Metal Arc Welding Using E5356 Filler, *Materials Science Forum*, 2010, 654:2560-2563.
- [3] Srivatsava M., Vanga G., Kumar G. N.S. Experimental Study of Mechanical Properties of 5083 Aluminium Alloy Using Gas Tungsten Arc Welding, *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 2016, Vol. 5, Issue 5, 7324-7331.
- [4] Yürük A., Kahraman N., Farklı Alüminyum Alaşımlarının Mıg Kaynak Yöntemi İle Kaynak Edilebilirliğinin İncelenmesi, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4 (2016) 894-901.
- [5] Joshi V., Balasubramaniam K., Prakash R. V., Study of defects in friction stir welded AA 5083 by Radiography, ultrasonic and phased array ultrasonic Technique; *Proceedings of the National Seminar & Exhibition on Non-Destructive Evaluation, NDE- 2011, December 8-10, (2011)*.
- [6] Raj B., Jayakumar T., Thavasimuthu M., *Practical Non-destructive Testing*, Woodhead Publishing (2002).