

Direnç Punta Kaynak Robotlarında FEE 340 ve DP600 Farklı İki Çelik Sacın Birleştirilmesinde Kaynak Akımı Değerinin Punta Kalitesine Etkisi

*¹Mustafa YAZAR,¹Ayşegül YILDIZ,¹Ersin MUTLU,²Şükrü TALAŞ

*¹Şahinkul Makina ve Yedek Parça San. Tic. A.Ş., Bursa, Türkiye

² Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye

Özet

Bu çalışmada, MFDC trafolu direnç punta kaynak robotlarında FEE 340 ve DP600 farklı iki çelik sacın birleştirilmesinde akım değerinin punta çekirdek çapına ve deformasyonuna etkisi incelenmiştir. 3 adet test kombinasyonu hazırlanmış olup kaynak zamanı 750 ms, elektrod baskı kuvveti 350 daN ve impuls 1 de sabit tutulmuştur. DP600 çelik sacın arada farklı malzeme kullanmadan FEE 340 çelik saca direnç punta kaynak robotu ile kaynak edilebilirliği test edilmiştir. 3 farklı test kombinasyonu yapılarak 7 kA, 9 kA, 11 kA ile direnç punta kaynak robotunda punta kaynak yapılarak akım değerinin punta kalitesine etkisi incelenmiştir. Tam tahribatlı test yöntemlerinden otomotiv sanayinde yaygın olarak kullanılan keski-çekiç metodu ile çekirdek çapları çıkartılarak kumpas ile ölçümü yapılmıştır. Yapılan çalışma ile DP600 çelik sac arada ilave malzeme olmadan FEE 340 çelik saca puntalama operasyonu gerçekleştirilmiştir. 7 kA akım değerinde punta kaynağında çapak, 11 kA akım değerinde punta kaynağında yanık punta meydana gelmiştir. 9 kA akım değeri ile yapılan teste sonucunda punta kaynağında istenen çekirdek çapı ve punta görseli elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Projeksiyon kaynağı; DP600 çelik sac; Punta kalitesi

The Effect of Welding Current Value on Spot Quality in Combining Two Different Steel Sheets FEE 340 and DP600 in Resistance Spot Welding Robots

Abstract

In this study,

The effect of current value on spot core diameter and deformation was investigated in joining two different steel sheets, FEE 340 and DP600, in resistance spot welding robots with MFDC transformer. Three test combinations were prepared and the welding time was kept constant as 750 ms, electrode compression force 350 daN and impulse 1. Weldability of DP600 steel sheet to FEE 340 steel sheet without using different materials in between was tested with a resistance spot welding robot. By making 3 different test combinations, the effect of current value on spot quality was investigated by performing spot welding on a resistance spot welding robot with 7 kA, 9 kA, 11 kA core diameters were extracted using the chisel-hammer method, which is one of the fully destructive test methods, which is widely used in the automotive industry, and measured with a caliper. With the study, centering operation was performed on FEE 340 steel sheet without any additional material in between DP600 steel sheet. Burr occurred in spot welding at 7 kA current, and burnt spot occurred in spot welding at 11 kA current. As a result of the test performed with a current value of 9 kA, the desired core diameter and spot image in spot welding were obtained.

Keywords: Projection source; DP600 steel sheet; Tailstock quality

1. Giriş

Otomotiv endüstrisinde egzoz emisyon değerlerinin azaltılması, araç hafifletme ve maliyet tasarrufu çalışmaları kapsamında geliştirilen yeni nesil ileri yüksek mukavemetli çelik (AHSS) malzemeler büyük bir öneme sahiptir. AHSS çelikleri sahip oldukları özel kimyasal analizleri ve çok fazlı mikro yapıları ile mükemmel dayanım ve süneklik kombinasyonları sağlamaktadır [1].

İleri yüksek mukavemetli çelikler ürün grubunda bulunan çift fazlı (DP) çelikler yüksek dayanım, mükemmel süneklik, iyi kaynak edilebilirlik ve çarpışma testlerinde yüksek enerji absorpsiyon kabiliyeti özelliklerine sahiptir [2].

Direnç punta kaynak robotlarında olarakta bilinen punta kaynağı hızlı, ekonomik ve güvenli olduğu için otomotiv endüstrisinde konvensiyonel çeliklerin ve ileri yüksek mukavemetli çeliklerin (AHSS) birleştirilmesinde en yaygın kullanımı olan kaynak yöntemidir [3].

Direnç punta kaynak robotlarında çalışma prensibi; elektrotlar arasında uygun baskı kuvveti ile sıkıştırılan iş parçalarından uygun sürede geçen uygun elektrik akımına karşı, iş parçasının gösterdiği direnç nedeni ile oluşan ısı ile birleşmenin meydana gelmesidir. Bir otomotiv gövde kısmında yaklaşık olarak 4000 ile 7000 adet arasında punta bulunmaktadır [4].

Literatürde yapılan çalışmalar çoğunlukla projeksiyon kaynağının farklı sac kalınlıkları ve kaynak parametrelerinin (kaynak akımı, impuls sayısı, kaynak süresi ve elektrot basıncı) yeni nesil çeliklerin mekanik özellikleri üzerindeki etkisi konusunda yoğunluk kazanmıştır [5].

Bu çalışmada DP600 çelik sacın arada farklı malzeme kullanmadan farklı saca direnç punta kaynak robotu ile kaynak edilebilirliği test edilmiş olup kaynak zamanı, elektrod baskı kuvveti ve impuls sabit tutulmuştur. 3 farklı test kombinasyonu yapılarak 7, 9, 11 kA ile direnç punta kaynak robotunda punta kaynak testi yapılarak akım değerinin punta kalitesine etkisi incelenmiştir. Literatürde konu ile ilgili yayına rastlanılmamıştır.

2. Materyal ve Metod

2.1. Malzeme

2.1.1. DP600 çelik sac malzeme, FEE 340 çelik sac malzeme ve kaynak elektrodu

Deneylerde kullanılan 1,8 mm DP 600 çelik sacın kimyasal bileşimi Tablo 1 ve mekanik özellikleri Tablo 2’ de gösterilmiştir.

Tablo 1. 1,8 mm DP600 Erdemir çeliğine ait kimyasal özellikleri. (% ağırlık).

C	P	S	Mn	Al
0,12	0,085	0,008	1,40	0,020-0,060

Tablo 2. 1,8 mm DP600 Erdemir çeliğine ait mekanik özellikleri.

Akma Dayanımı (N/mm ²)	Çekme Dayanımı (N/mm ²)	Uzama (%)
300-470	580-670	24

Deneylerde kullanılan 1,8 mm FEE 340 çelik sacın kimyasal bileşimi Tablo 2 ve mekanik özellikleri Tablo 3' de verilmiştir.

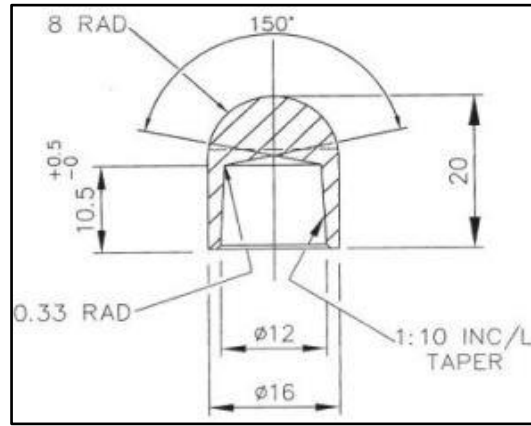
Tablo 3. 1,8 mm FEE 340 Erdemir çeliğine ait kimyasal özellikleri. (% ağırlık).

C	P	S	Mn	Al
0,12	0,030	0,030	1,50	0,015

Tablo 4. 1,8 mm FEE 340 Erdemir çeliğine ait mekanik özellikleri.

Akma Dayanımı (N/mm ²)	Çekme Dayanımı (N/mm ²)	Uzama (%)
340	410	23

Deneyler Form F tip kaynak elektrodu ile gerçekleştirilmiştir. Form F tip elektrodun Şekil 2' de görseli ve Tablo 5' te kimyasal bileşimi, Tablo 6' da mekanik özellikleri verilmiştir.

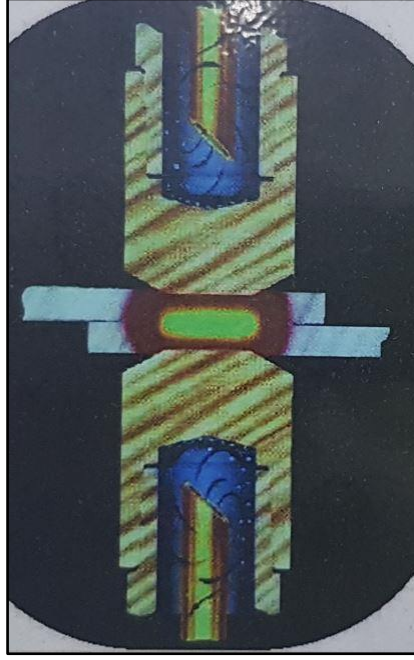
**Şekil 1.** Form F tip kaynak elektrodu.**Tablo 5.** Form F Tip kaynak elektrodu kimyasal bileşimi (% ağırlık).

	Cu	Cr	Zr
Kontak Meme	rem	0,3-1,2	0,03-0,3

Tablo 6. Form F Tip kaynak elektrodu mekanik özellikleri.

Akma Dayanımı (Mpa)	Çekme Dayanımı (Mpa)	Uzama (%)	Sertlik (Brinell) (HB30)
310	400	13	130

Sac saca direnç punta kaynağı operasyonunda Form F Tip kaynak elektrodunun 10 lt/dk su debisi ile soğutulması puntalama esnasında yanık punta oluşmasını engeller. Elektrod taşıyıcılarda su debisinin düşmesine neden olabilecek pas, kireç ve benzeri maddelerin temizlenmesi büyük önem taşımaktadır.



Şekil 2. Elektrod soğutma suyu girişi ve çıkışı görseli.

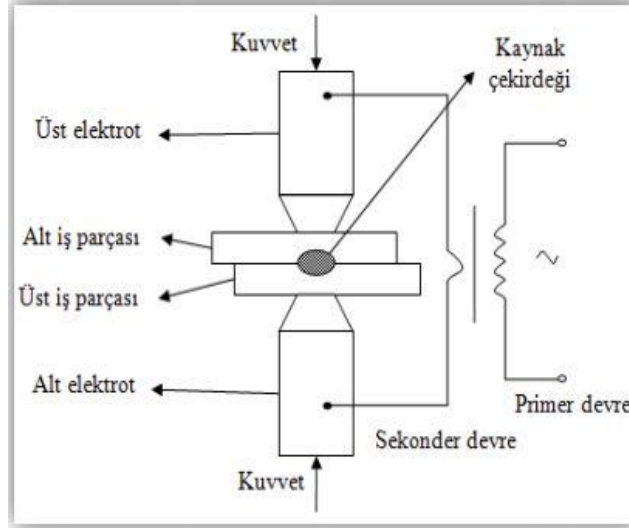
Elektrodlarda soğutma suyu girişleri Şekil 2’de gösterilmiştir. Soğutma sağlanamazsa sac saca puntalama operasyonun gerçekleştiği elektrod temas yüzeylerinde mantarlaşma meydana gelir bunun sonucunda uç genişlemesi nedeniyle punta çekirdek çapının düşmesine veya punta çekirdeğinin oluşumunu engeller.

2.2. Metod direnç punta kaynak robotu ile punta operasyonu

Deneylerde Hyundai marka MFDC (Mid Frequency Direct Current) trafolu punta kaynak robotu kullanılmış olup Şekil 2’ de görseli verilmiştir. Kaynak işlemi için, direnç punta kaynak robotunun punta optimizasyonu öncesi, a) su ve hava debisinin kontrolü, b) gan (elektrod torçu) kuvvet ve akım değeri kontrolü ve c) gan eksenellik kontrolü olarak üç aşamalı işlemler yapılmıştır [6].

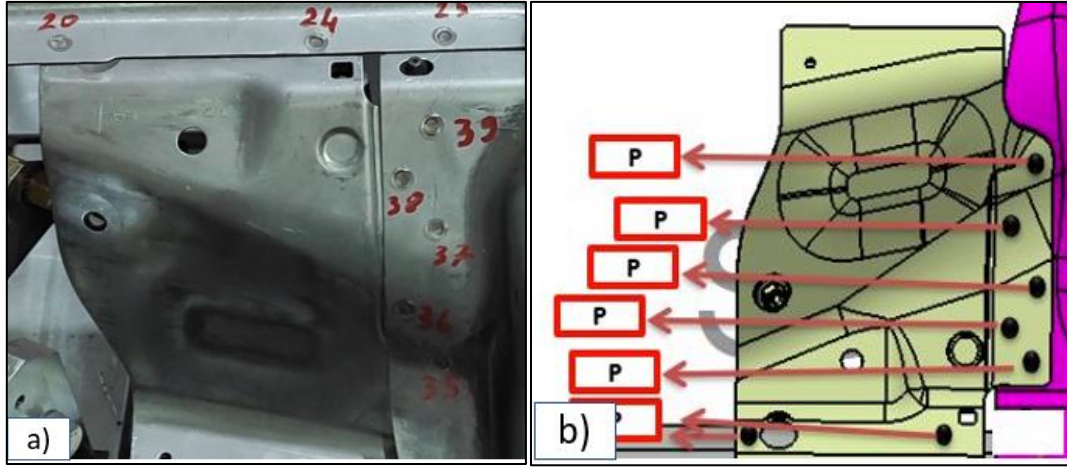


Şekil 3. Hyundai marka MFDC (Mid Frequency Direct Current) trafolu punta kaynak robotu



Şekil 4. Direnç punta kaynağı gösterimi.

Direnç punta kaynak robotunda punta kaynak prosesi Şekil 4'te gösterilmiştir. Direnç punta kaynağı deneyinde 1,8 mm DP600 çelik sac ve 1,8 mm FEE 340 çelik sacından test için numuneler hazırlanmıştır. Punta kaynak testi yapılmış ve punta kaynağı yapılacak bölümlerin Şekil 3' te test görselleri verilmiştir.



Şekil 5. Direnç punta kaynağı testi punta görseli.

Şekil 5’ te verilen sarı renk olan sac malzeme 1,8 mm DP600 çelik, mor renk ile gösterilen 1,8 mm FEE 340 çelik sac görselidir. Her teste 7 adet punta kaynağına tam tahribatlı test yapılarak ortalama çekirdek çapı incelenecektir. Punta kaynağında kullanılan değerler Tablo 7’ de verilmiştir.

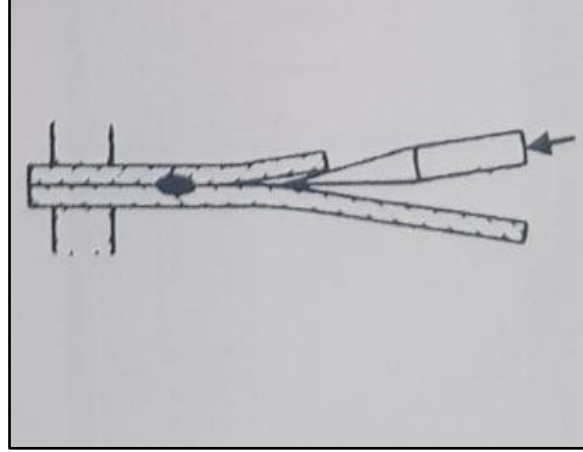
Tablo 7. Direnç punta kaynak parametreleri.

Numuneler	Kaynak Zamanı (ms)	Akım Değeri (kA)	Elektrod Baskı Kuvveti (daN)	İmpuls (Darbe)
Test 1	750	7	350	1
Test 2	750	9	350	1
Test 3	750	11	350	1

3 adet test kombinasyonu hazırlanmış olup kaynak zamanı 750 ms, elektrod baskı kuvveti 350 daN ve impuls 1 de sabit tutulmuştur. Kaynak akım değeri 7 kA, 9 kA, 11 kA farklı iki sac olan 1,8 mm DP600 çelik sac ve 1,8 mm FEE 340 çelik sacın puntalama operasyonu gerçekleştirilerek akım değerinin ilave malzeme olmadan kaynaklanabilirliği ve punta kalitesine etkisi incelenecektir.

2.3. Tam Tahribatlı Test

Çekirdek çapı ölçümleri tam tahribatlı test yöntemi olan keski-çekiç yöntemi kullanılmış olup Şekil 6’ te görseli verilmiştir.



Şekil 6. Tam tahribatlı keski-çekiç yöntemi.

Ölçümler kumpas yardımı ile çekirdeğin en ve boy doğrultularından ölçülerek ortalaması alınır ve o yüzeyin çekirdek boyutu hesaplanır Şekil 7 de görseli verilmiştir. Kaynak kalitesi ve punta mukavemeti kaynak çekirdek çapı ile doğru orantılıdır.

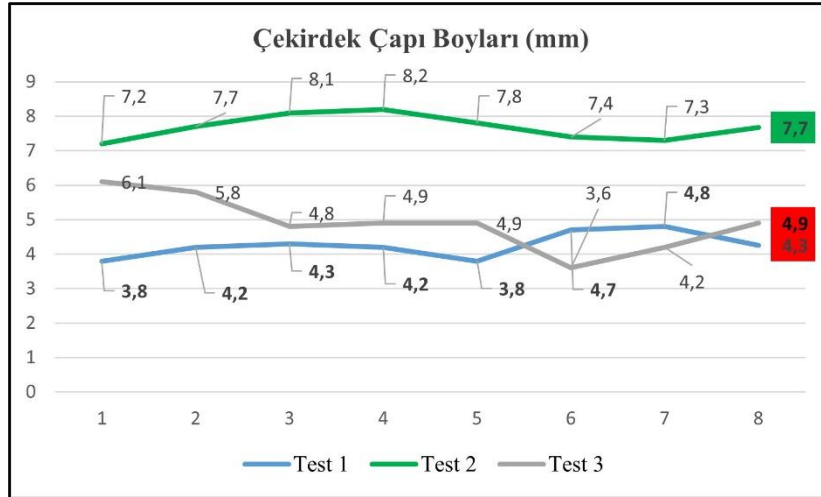


Şekil 7. Punta çekirdek çapı boyutu hesaplama görseli.

3. Bulgular ve Tartışma

3. 1. Mekanik özellikler

3 adet test kombinasyonu hazırlanmış olup kaynak zamanı 750 ms, elektrod baskı kuvveti 350 daN ve impuls 1 de sabit tutulmuştur. Kaynak akım değeri 7 kA, 9 kA, 11 kA farklı iki saç olan 1,8 mm DP600 çelik saç ve 1,8 mm FEE 340 çelik saçın puntalama operasyonu gerçekleştirilerek akım değerinin sonuçları incelenmiştir. Tam tahribatlı test sonuçları Şekil 8 ve Tablo 9 da verilmiştir. Test sonuçlarından punta görselli Tablo 8 de verilmiştir.



Şekil 8. Punta çekirdek çapı test sonucu görseli.

Tablo 8. Direnç punta kaynakta punta görseli testi sonuçları.

Numuneler	Kaynak Zamanı (ms)	Akım Değeri (kA)	Elektrod Baskı Kuvveti (daN)	İmpuls (Darbe)	Punta Görseli (Deformasyon)
Test 1	750	7	350	1	NOK
Test 2	750	9	350	1	OK
Test 3	750	11	350	1	NOK

Tablo 9. Direnç punta kaynakta ortalama çekirdek çapı sonuçları.

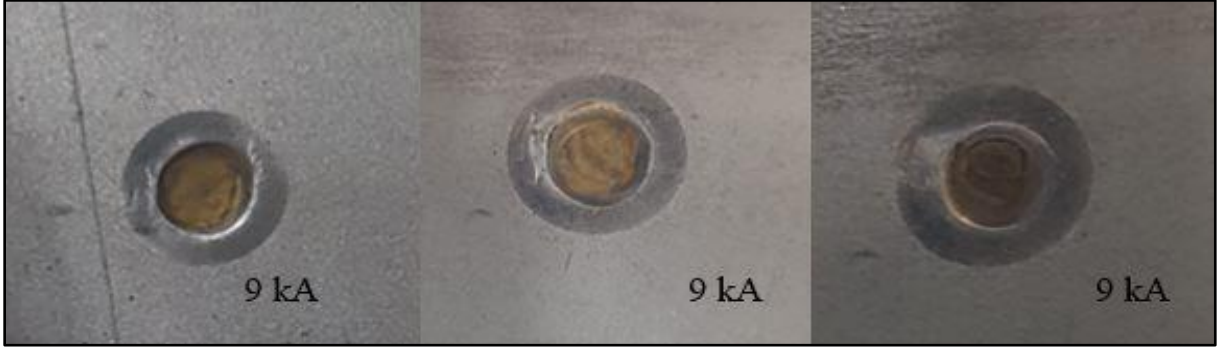
Numuneler	Kaynak Zamanı (ms)	Akım Değeri (kA)	Elektrod Baskı Kuvveti (daN)	İmpuls (Darbe)	Ortalama Çekirdek Çapı (mm)
Test 1	750	7	350	1	4,3
Test 2	750	9	350	1	7,7
Test 3	750	11	350	1	4,9

Tam tahribatlı test sonucu keski-çekiç yöntemi ile sac saca puntayı yırtarak elde ettiğimiz çekirdek çapının ölçüm sonuçlarında 7 kA değeri ile üretilen kaynak puntasının ortalama çekirdek çapı boyu 4,3 mm, 11 kA değeri ile üretilen kaynak puntasının ortalama çekirdek çapı boyu 4,9 mm ölçülmüştür. 9 kA değeri ile üretilen kaynak puntasının ortalama çekirdek çapı boyu 7,7 mm ölçülmüş olup en iyi sonuç 9 kA değerinde yakalanmıştır.

3.2. Deney görselleri



Şekil 9. Direnç punta kaynak robotunda punta test 1 görseli.



Şekil 10. Direnç punta kaynak robotunda punta test 2 görseli.



Şekil 11. Direnç punta kaynak robotunda punta test 3 görseli.

Yapılan deney görsellerinden Şekil 9 da görüleceği üzere 7 kA akım değerinde punta yüzeyinde çapak, Şekil 11'deki 11 kA akım değerinde punta görselinde yanık punta oluşmuştur. 9 kA akım değerinde ise uygunsuzluk görülmemektedir.

4. Sonuç

Yapılan çalışmada direnç punta kaynak robotlarında spot punta veya punta kaynağı diye adlandırdığımız prosesler özel proses olduğu için, her lot değişiminde malzemenin fiziksel, kimyasal özellikleri farklılık gösterebilir bu yüzden seri üretim şartlarında görsel muayene, tam tahri batlı muayene ile takibi yapılmalıdır.

Direnç punta kaynağı esnasında sıçrıntı çapağının minimum düzeyde tutulması ile çalışan operatörün çaptan etkilenmesi asgari düzeye indirgenerek iş güvenliğinin sağlanması gereklidir. Sıçrıntı çapağının bir diğer etkiside fikstür, sensör ve klemplerin kısacası ekipmanlara yapışarak deformasyona uğramasının önüne geçilmelidir.

Sıçrıntı çapağının parça kaynak fikstürlerinde birikmesi parçanın oturma ve basma düzlemlerini bozmasına x, y ve z eksenlerinde kaçıklıkların meydana gelmesine neden olabilir. Kısaca çalışmanın sonuçları aşağıda özetlenmiştir;

- Otomotiv ana sanayinin şartnamelerle belirlediği görsellikte spot punta 9 kA akım değerinde elde ederken, 7 kA akım değerinde spot punta üzerinde çapak, 11 kA değerinde yanık punta diye tabir edilen punta elde edilmiştir. 7 kA akım değeri ve 11 kA akım değeri ile elde edilen spot puntalar NOK'dir.
- Otomotiv ana sanayine üretilen mamül parçalarda tahribatsız muayene yöntemi olan gözle muayene test sonucunda, 9 kA akım değeri ile üretilen puntanın test sonucunda punta yüzeyinde çapak meydana gelmemiştir. Puntada sivilce diye tabir edilen puntanın bir yüzeyene aşırı yığılma oluşmamıştır. 9 kA akım değeri ile üretilen kaynak puntası görsel muayene sonucu OK'dir.
- Tam tahribatlı test sonucu keski-çekiç yöntemi ile sac saca puntayı yırtarak elde ettiğimiz çekirdek çapının ölçüm sonuçlarında 7 kA değeri ile üretilen kaynak puntasının ortalama çekirdek çapı boyu 4,3 mm, 11 kA değeri ile üretilen kaynak puntasının ortalama çekirdek çapı boyu 4,9 mm ölçülmüştür. 9 kA değeri ile üretilen kaynak puntasının ortalama çekirdek çapı boyu 7,7 mm ölçülmüş olup en iyi sonuç 9 kA değerinde yakalanmıştır.

Otomotiv ana sanayinde görsel muayene test sonuçları günümüzde giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Görsel muayene ile daha sonradan oluşabilecek daha büyük hatalar önüne geçilebilmektedir. Kaynak proseslerinde tam tahribatlı muayene işleminin yapılmasının yanında görsel muayene kontrol frekansları otomotiv ana sanayi tarafından artırılmaktadır. Görsel muayene yöntemi tam tahribatlı muayene yöntemine göre daha ekonomiktir.

Teşekkür

Bu çalışma, Bursa Şahinkul Makina AR-GE merkezi tarafından ARGE-2021-25 2101080000 proje numarası ile desteklenmiştir. Teknik destek için İkrım Kanat'a teşekkürler.

5. Kaynaklar

- [1] World Auto Steel, Advanced High Strength Steels Application Guidelines, Version 5.0, May 2014
- [2] Granbom, Y., 2010. Structure and mechanical properties of dual phase steels, Doctoral thesis, 24-25
- [3] Meza, S., Moya, L., Guerro-Mata, M., Colas, R., Mani, A., 2007. Influence of Sb on the resistance spot welding of galvanized steels, Galvatech '07 Proceedings, Osaka, Japan, 272.
- [4] Tumuluru, M., 2006. Resistance spot welding of coated high strength dual-phase steels, Welding Journal, 31-37
- [5] Oikawa, H., Murayama, G., Sakiyama, T., Takahashi, Y. and Ishikawa, T., 2006. Resistance spot weldability of high strength steel (HSS) sheets for Automobile. Nippon Steel Technical Report No. 95, 385, 39-45.
- [6] Yazar, M., Kul, M., Çaylak, M., Alp, A. K. (2021). Direnç Punta Kaynak Robotlarında KSR ve IQR (Adaptif Punta) Modun Spot Punta Performansının Karşılaştırılması. Journal of Materials and Mechatronics: A (JournalMM), 2(1), 26- 36.