



T.C.
Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü

AISI 304 PASLANMAZ ÇELİĞİN DİRENÇ NOKTA KAYNAĞI
YÖNTEMİ İLE İZSİZ KAYNAK PARAMETRELERİNİN
ARAŞTIRILMASI

Hüseyin YAŞAR

Yüksek Lisans Tezi



AIISI 304 PASLANMAZ ÇELİĞİN DİRENÇ NOKTA KAYNAĞI
YÖNTEMİ İLE İZSİZ KAYNAK PARAMETRELERİNİN
ARAŞTIRILMASI

Hüseyin YAŞAR



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AISI 304 PASLANMAZ ÇELİĞİN DİRENÇ NOKTA KAYNAĞI YÖNTEMİ İLE
İZSİZ KAYNAK PARAMETRELERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Hüseyin YAŞAR

Doç. Dr. Kadir ÇAVDAR
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2017

TEZ ONAYI

Hüseyin YAŞAR tarafından hazırlanan “AISI 304 Paslanmaz Çeliğin Direnç Nokta Kaynağı Yöntemi ile İzsis Kaynak Parametrelerinin Araştırılması” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Kadir ÇAVDAR

Başkan: Doç. Dr. Kadir ÇAVDAR
Uludağ Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Makine Mühendisliği A.B.D.

Üye : Doç. Dr. Ali DURMUŞ
Uludağ Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Makine Mühendisliği A.B.D.

Üye : Doç. Dr. Hüseyin LEKESİZ
Bursa Teknik Üniversitesi
Doğa Bilimleri, Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi
Makine Mühendisliği A.B.D.

Yukarıdaki sonucu onaylarım.



Prof. Dr. Ali Bayram
Enstitü Müdürü
11/ 12/ 2017

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı **beyan ederim.**

11/ 12/ 2017

Hüseyin YAŞAR

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

AISI 304 PASLANMAZ ÇELİĞİN DİRENÇ NOKTA KAYNAĞI YÖNTEMİ İLE İZSİZ KAYNAK PARAMETRELERİNİN ARAŞTIRILMASI

Hüseyin YAŞAR

Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Kadir ÇAVDAR

Bu çalışmada, AISI 304 paslanmaz çeliğinin nokta direnç kaynağı kullanılarak bağlanması işleminde etken parametreler incelenmiştir. En uygun süreç parametrelerinin seçilmesi ile kaynak bağı sonrasında yüzeyde en az iz kalması amaçlanmıştır. Kaynak sonrası oluşan çekirdek bölgesi görüntü işleme teknikleri kullanılarak analiz edilmiştir. Nokta kaynağının dayanımı da çekme testi yardımıyla kontrol edilmiş ve sonuçlar uzman bir kaynakçının subjektif değerlendirmesi ile karşılaştırılmıştır. İmalat sonrası ek işçilik gerektirmeden hem estetik hem de yeterli dayanıma sahip kaynak bağlarının gerçekleştirilmesi için bu yaklaşım sonuçlarının faydalı olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Nokta direnç kaynağı, izsiz kaynak, paslanmaz çelik, kaynak parametreleri, çekme- makaslama testi, AISI 304
2017, ix + 107 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

INVESTIGATION ON SPOT WELDING PARAMETERS OF UNMARKED SURFACE OF AISI 304 STAINLESS STEEL

Hüseyin YAŞAR

Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Kadir ÇAVDAR

In this study, the process parameters of the AISI 304 stainless steel with the spot resistance welding were investigated. By choosing the most suitable process parameters, it is aimed to keep the minimum traces on the surface after spot welding operation. The core region after welding was analyzed using image processing techniques. The strength of the spot was also checked with a tensile test and the results were verified by a subjective expert evaluation. It is thought that the results of this approach will be beneficial for the realization of aesthetic welding without requiring additional processing after welding.

Key words: Resistance spot welding, unmarked welding, stainless steel, welding parameters, tensile (lap) shear testing, AISI 304
2017, ix + 107 pages.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesi için desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, bilgi ve tecrübesiyle her aşamada yol gösteren değerli danışmanım sayın Doç. Dr. Kadir Çavdar'a,

Kaynaklı parçaların üretilmesinde ve değerlendirilmesinde her zaman bilgilerini paylaşan ve tecrübeleriyle destek olan sayın meslektaşlarım Umut Onur Şahin ve Volkan Şeker ile ACT Otomotiv Ltd. Şti'nin değerli çalışanlarına,

Test işlemlerinin gerçekleştirilmesinde destek veren sayın Dr. Mümin Tutar ve Araştırma Görevlisi Celalettin Yüce'ye,

Her zaman beni destekleyen ve yol gösteren değerli aileme ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM	11
3.1. Direnç Kaynağı Parametreleri	12
3.1.1. Kaynak akımı	13
3.1.2. Baskı kuvveti	14
3.1.3. Zaman	14
3.1.4. Kaynak direnci	14
3.2. Direnç Kaynağı Çevrimi	16
3.3. Direnç Kaynağı Çeşitleri	18
3.3.1. Nokta direnç kaynağı	19
3.3.2. Dikiş direnç kaynağı	19
3.3.3. Alın direnç kaynağı	20
3.4. Direnç Kaynağı Makineleri ve Ekipmanları	21
3.4.1. Elektrotlar	22
3.4.2. Kuvvet oluşturma ekipmanları	24
3.4.3. Trafolar	24
3.5. Direnç Kaynağı Kalite Test Yöntemleri	25
3.5.1. Tahribatlı test yöntemleri	25
3.5.2. Tahribatsız test yöntemleri	29
3.6. Direnç Kaynağında Malzemenin Önemi	30
3.6.1. Paslanmaz çelikler	31
3.7. Kaynak İzi ve Tespit Yöntemi	33
3.8. Renk Ölçümleri	35
3.9. Yöntem	36
3.9.1. Deney Düzenliğinin Hazırlanması	37
3.9.2. Deney Numuneleri ve Özellikleri	38
3.9.3. Deney Numunesi Boyutları	38
3.9.4. Deneylerde Kullanılan Kaynak Makinesi ve Ekipmanları	39
3.9.5. Kaynaklı Numunelerin Taranması ve Renk Ölçümleri	41
3.9.6. Kaynaklı Numunelerin Çekme- Makaslama Testi	43
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	46
4.1. Ön Deneyler ve Sonuçları	46
4.2. Ana Deneyler ve Sonuçları	48
4.3. Doğrulama Deneyleri ve Sonuçları	60
4.4. Ana Deneyler ve Doğrulama Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması	67
5. SONUÇ	70
KAYNAKLAR	72
EKLER	74
EK 1 ANA DENEYLER FOTOĞRAF VE ÇİZELGELERİ	75

EK 2 DOĞRULAMA DENEYLERİ FOTOĞRAF VE ÇİZELGELERİ	95
ÖZGEÇMİŞ.....	107



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Simgeler	Açıklama
A	Amper
N	Kuvvet
m	Metre
px	Piksel
t	Kalınlık
s	Saniye

Kısaltmalar

Kısaltmalar	Açıklama
AISI	American Iron and Steel Institute (Amerikan Demir Çelik Enstitüsü)
TRIP	Transformation Induced Plasticity (Dönüşüm Kaynaklı Plastisite)
RGB	Red Green Blue (Kırmızı Yeşil Mavi)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Parametre A (H220PD + H220PD): a) I=4 kA, b) I=5 kA, c) I=6 kA, d) I=7 kA, e) I=8 kA	4
Şekil 2.2. Parametre B (H220PD + TRIP40/70): a) I=5 kA, b) I=6 kA, c) I=7 kA, d) I= 8 kA, e) I=9 kA	5
Şekil 2.3. Parametre C (TRIP40/70 + TRIP40/70): a) I=4 kA, b) I=5 kA, c) I=6 kA, d) I= 7 kA, e) I=8 kA	5
Şekil 2.4. Parametre D (S350GD + S350GD): a) I=5 kA, b) I=5,5 kA, c) I=6 kA, d) I= 6,5 kA, e) I=7 kA.....	5
Şekil 2.5. Farklı kalınlıklardaki sac malzemeler için elektrot çapları	7
Şekil 2.6. Ostenitik paslanmaz iki farklı sac malzemenin makro görüntüsü- 2,5 kA.....	9
Şekil 2.7. Ostenitik paslanmaz iki farklı sac malzemenin 2,5 kA, 3,75kA ve 5 kA kaynak akımlarında kuvvet- uzama eğrileri	9
Şekil 2.8. Ostenitik paslanmaz iki farklı sac malzemenin 2,5 kA, 3,75kA ve 5 kA kaynak akımlarında çekme makaslama test sonuçları	10
Şekil 3.1. Direnç kaynağı işlem prosesi	11
Şekil 3.2. Güvenilir kaynak imalatı girdileri	12
Şekil 3.3. Güvenilir kaynak imalatı girdileri ve ilişkileri	13
Şekil 3.4. Direnç nokta kaynağı dirençleri	15
Şekil 3.5. Direnç ve sıcaklığın iş parçasındaki bölgesel ilişkileri	16
Şekil 3.6. Direnç kaynağı çevrimi	16
Şekil 3.7. Direnç nokta kaynağı için zaman ve baskı kuvveti diyagramı- Kaynak akımı ve baskı kuvveti program kontrolü	17
Şekil 3.8. Kabartılı nokta direnç kaynağı	19
Şekil 3.9. Dikiş direnç kaynağı	20
Şekil 3.10. Alın direnç kaynağı	21
Şekil 3.11. Direnç nokta kaynağı makinesi genel görünümü	22
Şekil 3.12. Direnç kaynağı uygulamalarında kullanılan elektrot çeşitleri	23
Şekil 3.13. Standart elektrot kepleri	24
Şekil 3.14. Trafo şematik gösterimi	25
Şekil 3.15. Çekme makaslama testi	26
Şekil 3.16. Haç şekli çekme testi	26
Şekil 3.17. Soyma testi	27
Şekil 3.18. Keski testi	27
Şekil 3.19. Makro kesit testi- kesim eksenini	28
Şekil 3.20. Makro kesit testi görünümü	28
Şekil 3.21. Direnç nokta kaynağı sertlik ölçüm bölgeleri, 1- parça, 2- kaynak çekirdeği, 3- ITAB bölgesi, 4- elektrot izi	29
Şekil 3.22. Direnç nokta kaynağı testi için kullanılan ultrasonik prop	29
Şekil 3.23. Elektrot baskı kuvveti sebebiyle sac malzeme kalınlığında meydana gelen azalmalar	33
Şekil 3.24. İzsis direnç nokta kaynağı amacı ile kurulmuş örnek düzenek	34
Şekil 3.25. Direnç nokta kaynağı ile birleştirilmiş örnek numune (izsis yüzey tarafı) ..	36
Şekil 3.26. Direnç nokta kaynağı ile birleştirilmiş örnek numune (ize izin verilen yüzey tarafı)	36
Şekil 3.27. Direnç nokta kaynağı uygulama hazırlıkları	37
Şekil 3.28. Deney numunesi sac malzeme Tip 1 ölçüleri (mm)	38
Şekil 3.29. Deney numunesi sac malzeme Tip 2 ölçüleri (mm)	39

Şekil 3.30. Deney numuneleri birleştirme ölçüleri	39
Şekil 3.31. Kaynak makinesi görselleri (Firma: Mactera)- a) Makine genel görünümü, b) uygulamada kullanılan kalıp	40
Şekil 3.32. Deneylede kullanılan elektrot kepleri a) Tip C0, b) Tip F0, c) Tip G0	41
Şekil 3.33. Örnek taranmış deney numunesi	42
Şekil 3.34. Örnek taranmış numune, kaynaklı bölge kesim alanı ve ölçüm çizgileri	42
Şekil 3.35. Örnek taranmış numune, kesilen bölge ölçüm alanı	43
Şekil 3.36. Çekme- makaslama testi uygulama örnekleri	44
Şekil 3.37. Ara yüzey ayrılması tipinde kopan örnek deney numunesi a) ize izin verilen sac tarafı b) izsiz olması istenilen taraf	44
Şekil 3.38. Çekirdek çıkması tipinde kopan örnek deney numunesi a) ize izin verilen sac tarafı b) izsiz olması istenilen taraf	45
Şekil 4.1. Ana deney numuneleri ölçüm puanları ve uzman puanları	54
Şekil 4.2. Ana deney numuneleri çekme- makaslama testi kopma kuvvet değerleri	57
Şekil 4.3. Ana deney numuneleri çekme- makaslama testi çekirdek çapı değerleri	58
Şekil 4.4. Çekme makaslama test değerleri (9 kA)	59
Şekil 4.5. Çekme makaslama test değerleri (10 kA)	59
Şekil 4.6. Çekme makaslama test değerleri (11 kA)	60
Şekil 4.7. Doğrulama deney numuneleri ölçüm puanları ve uzman puanları	63
Şekil 4.8. Doğrulama deney numuneleri çekme- makaslama testi kopma kuvvet değerleri	65
Şekil 4.9. Doğrulama deney numuneleri çekme- makaslama testi çekirdek çapı değerleri	66
Şekil 4.10. Ana deneyler ve doğrulama deneyleri uzman puanları	67
Şekil 4.11. Aynı kaynak parametresi değerlerinde ana deney ve doğrulama deneyleri ölçüm puanları	68
Şekil 4.12. Aynı kaynak parametresi değerlerinde ana deney ve doğrulama deneyleri kopma kuvveti değerleri	69
Şekil 4.13. Aynı kaynak parametresi değerlerinde ana deney ve doğrulama deneyleri çekirdek çapı değerleri	69

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Kascak ve Brezinova (2013) deney parametreleri	4
Çizelge 3.1. Şekil 3.7 ifadelerinin açıklamaları	18
Çizelge 3.2. Direnç nokta kaynağı makinesi bileşen isimleri	22
Çizelge 3.3. Kaynak kabiliyeti değerlendirme kriterleri.....	31
Çizelge 3.4. Bazı malzemelerin kaynak kabiliyeti durumu	31
Çizelge 3.5. AISI 304 kimyasal kompozisyonu (%)	38
Çizelge 3.6. TS EN ISO 14273 standardına göre deney numuneleri ölçüleri.....	39
Çizelge 3.7. Kaynak makinesi özellikleri (Firma: Mactera)	40
Çizelge 3.8. Deneylerde kullanılan elektrot keplerinin ölçüleri	41
Çizelge 3.9. Örnek ölçüm çizelgesi	43
Çizelge 4.1. Ön deney- Tip 1 kaynak parametreleri	46
Çizelge 4.2. Ön deney- Tip 2 kaynak parametreleri	47
Çizelge 4.3. Ön deney- Tip 3 kaynak parametreleri	48
Çizelge 4.4. Ana deney kaynak parametreleri.....	49
Çizelge 4.5. Benzerlik aralığı- puan ilişkisi	51
Çizelge 4.6. Ana deneyler uzman puanları ve ölçüm puanları.....	51
Çizelge 4.7. Ana deneyler çekme- makaslama testi sonuçları	55
Çizelge 4.8. Doğrulama deney numuneleri	60
Çizelge 4.9. Doğrulama deneyleri uzman puanları ve ölçüm puanları.....	61
Çizelge 4.10. Ana deneyler çekme- makaslama testi sonuçları	64

1. GİRİŞ

Nokta direnç kaynağı özellikle otomotiv ve beyaz eşya sektörü başta olmak üzere pek çok sektörde başlıca imalat yöntemlerindedir. Direnç kaynağı, üretim hızı yüksek bir kaynak yöntemi olup, seri üretim yapılan işletmelerde özellikle tercih edilmektedir. Bununla birlikte, ilave birleştirme malzemesi gerektirmemesi, kaynak kalitesinin bir operatörden ziyade makinenin tutarlılığına ve ekipmanlarına bağlı olması ve üretim maliyetinin düşük olması gibi faktörler direnç kaynağının tercih edilmesinde etkilidir. Kaynaklı imalat yöntemlerinde öncelikle sorgulanan özellik kaynağın yapısal karakteristikleri olup, statik ve dinamik yüklemelerde mekanik ve yorulma dayanımının iyi olması beklenmektedir. Bunun yanında korozyon direnci, sızdırmazlık ve estetik özellikleri de ön plana çıkmaktadır (Doruk ve ark. 2015).

Nokta direnç kaynağı işleminden sonra kaynak bölgesinin mekanik ve metalürjik özelliklerinde önemli değişiklikler meydana gelmektedir (Akkuş ve Vural 2007). Bu değişiklikler araştırılarak kaynak kalitesi, güvenilirliği ve estetiği hakkında bilgiler elde edilmeye çalışılmaktadır. Tahribatlı ve tahribatsız muayene yöntemleri bu bilgilere ulaşmak için kullanılmaktadır.

Direnç nokta kaynağı yöntemi ile birleştirilen iki sac malzeme için öncelik kaynağın mukavemetidir. Bununla birlikte iyi bir kaynak hem tasarımcının belirlediği yük aralıklarına dayanıklı olmalı hem de görsel açıdan iyi olmalıdır. Direnç nokta kaynağı ile imal edilen parçalarda elektrik akımının geçmesiyle oluşan yüksek ısının ve baskı kuvvetinin etkisiyle çekirdek ve etrafında kaynak izi oluşmaktadır. Fakat bu izler ürünün görünür yüzeylerinde istenilen bir özellik değildir. Bu sebeple kaynak işlemi sonrasında izin temizlenebilmesi için ek proselere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu projenin amacı kaynak mukavemetinin iyi olduğu aralıkta, imalatı kaynak izi olmadan yapabilecek parametreleri tespit etmektir.

Çalışmada AISI 304 paslanmaz çelik sac malzemeler kullanılarak direnç nokta kaynağı uygulaması gerçekleştirilmiş olup üretilen deney numunelerinde kaynağın çekme-

makaslama testleri ile kaynak mukavemeti, renk ölçüm yöntemleri ile estetik açıdan incelemesi yapılarak kalitesinin tayin edilmesi ön görülmüştür.

Kaynaklı bölgenin belirlenen yüzünde ısı tesiri altında kalan bölgenin izsiz olması ve bu kaynağın taşıma kapasitesinin güvenli aralıkta olması beklenmektedir. Bu amaçla, öncelikle ön deneyler ile bir parametre aralığı belirlenmiş, ardından öngörülen kaynak değişkenleri direnç nokta kaynağı makinesinde ayarlanarak deney numuneleri üretilmiştir. Sonrasında yapılan testler ve uzmanlardan alınan görüşler sonucunda elde edilen bulgularla bir değerlendirme yöntemi geliştirilmiştir. Bu işlemler sonunda uygun parametreler seçilerek doğrulama deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bu deneyler ile ortaya koyulan yöntemin güvenilirliği hakkında çıkarımlar yapılmıştır. Tüm bu adımlar sonucunda elde edilen bilgiler ve sonuçlar tartışılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Direnç nokta kaynağı imalat sektöründe çok yaygın bir kullanım alanına sahip olması sebebiyle, bu konu üzerinde pek çok çalışma yapılmıştır ve yapılmaya devam edilmektedir. Araştırmalar genelde direnç nokta kaynağı işlem parametreleri, test yöntemleri ve değerlendirilmesi üzerine yoğunlaşmıştır. Ayrıca farklı malzemelerin bu yöntemle kaynak edilebilirliği de araştırmacılar tarafından yoğun bir şekilde araştırılmaktadır.

Kaynak parametreleri başlığı altında birçok değişken mevcuttur. Kaynak akımı, elektrot baskı kuvveti, kaynak zamanı ve elektrotun malzeme ve fiziksel özellikleri kaynak parametrelerindedir. Bu değişkenler göz önünde tutularak farklı malzeme grupları ve boyutları denenerek ideal işlem parametreleri tespit edilmektedir. Burada bir diğer önemli olgu kaynak işlemi sonrasında yapılacak olan tahribatlı veya tahribatsız muayenelerdir. Bu muayeneler sonucunda bir işlem parametresinin güvenilirliği saptanmış olur ve bu parametre değerlerinde imalata devam edilir.

Kaynakların görsel açıdan incelenmesi ile ilgili ise, çalışmalar genelde görüntü işleme yöntemlerini kullanarak kaynaklı bölgenin kalite değerlendirmesine yöneliktir. Bununla birlikte yapılan literatür taramasında doğrudan kaynak görsel estetiği konusunda çalışma bulunamamıştır. Bazı yayınlarda bu konu hakkında kısa bilgilere yer verilmiştir. Aşağıda literatürde bulunan bazı çalışmalardan elde edilen bilgiler bulunmaktadır.

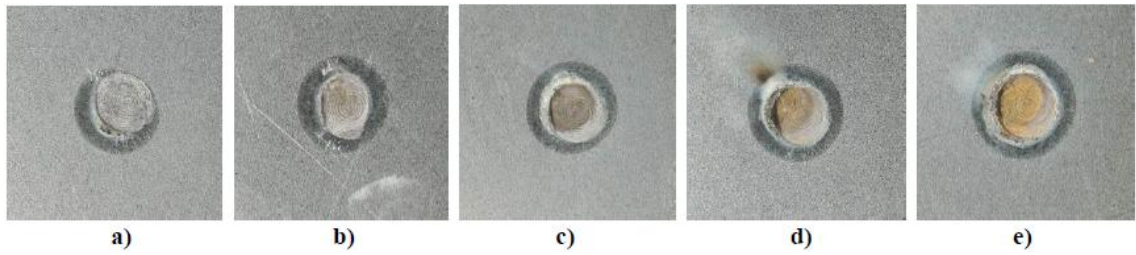
Ruisz ve ark. (2007) direnç nokta kaynağı kalitesinin anlık olarak tespiti ile ilgili araştırmalarını alüminyum kaynağı için optimize etmişlerdir. Kamera kullanılarak alınan elektrot izi ve kaynak bölgesi görüntülerini oluşturdukları algoritmalarla değerlendirerek kaynak kalitesi hakkında tahminlerde bulunmuşlardır. Bu çalışmada belirlenen algoritmalar kaynak edilen malzemenin direnç nokta kaynağı işleminde gösterdiği davranışlara göre belirlenmektedir. Bu sebeple araştırmacılar, farklı malzeme grupları algoritmalarının deneylerle belirlenmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Kaynak akımlarının ileri yüksek mukavemetli çelik TRIP 40/70, yüksek mukavemetli düşük alaşımlı çelik H220PD ve yapısal çelik S350GD gibi direnç nokta kaynağı ile birleştirilen malzemelerin yüzey kalitesi üzerindeki etkisini Kascak ve Brezinova (2013) araştırmışlardır. Çizelge 2.1’de verilen parametre değerlerine göre yapılan deneylerde, aşağıdaki verilen şekillerdeki (Şekil 2.1, Şekil 2.2, Şekil 2.3 ve Şekil 2.4) gibi sonuçlar elde edilmiştir.

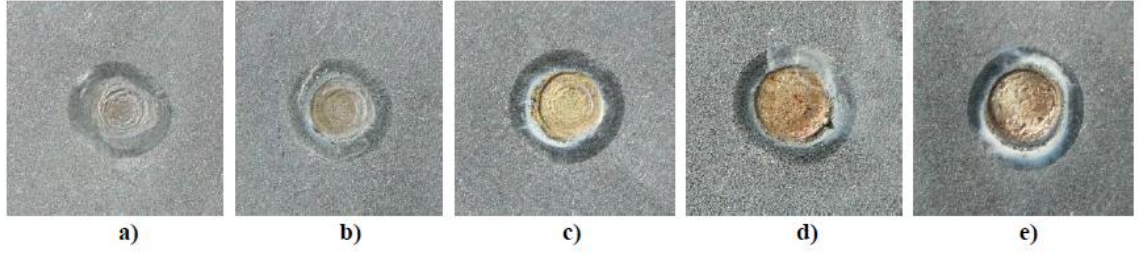
Çizelge 2.1. Kascak ve Brezinova (2013) deney parametreleri

Numuneler	F (kN)	T (per.)	I (kA)
A	3	12	4/ 5/ 6/ 7/ 8
B	3	12	5/ 6/ 7/ 8/ 9
C	3	14	4/ 5/ 6/ 7/ 8
D	3	12	5/ 5,5/ 6/ 6,5/ 7

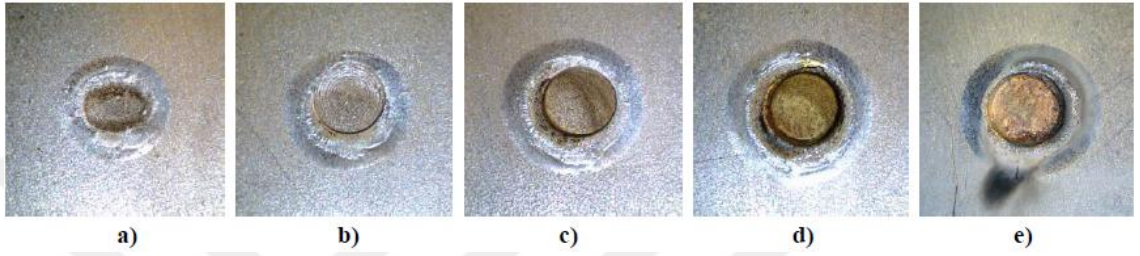
Kaynak akımının düşük değerlerinde kaynak bağlantısı ve yüzeyi yüksek kalitede iken kaynak çekirdeği boyutları ise düşük çaplarda kalmıştır. Kaynak akımının yüksek değerlerinde ise kaynak yüzey kalitesi düşmüş ve çatlaklar meydana gelmiş ayrıca sıçrantılar oluşarak kaynak kalitesinde düşüş gözlemlenmiştir. Bu araştırma ile kaynak akım değerinin yüzey kalitesine doğrudan etkisi gözlemlenmiştir.



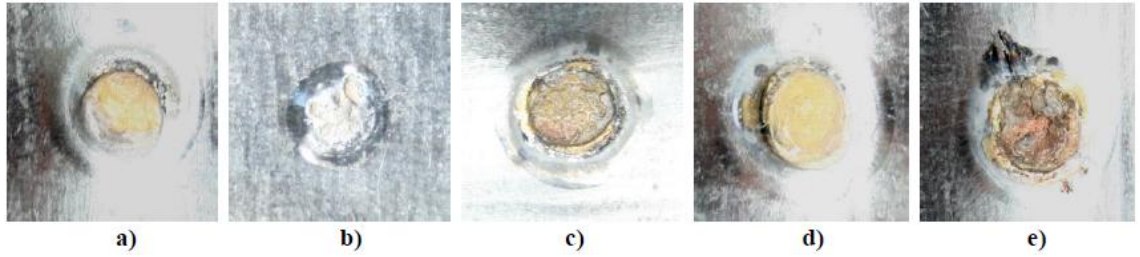
Şekil 2.1. Parametre A (H220PD + H220PD): a) I=4 kA, b) I=5 kA, c) I=6 kA, d) I=7 kA, e) I=8 kA (Kascak ve Brezinova 2013)



Şekil 2.2. Parametre B (H220PD + TRIP40/70): a) I=5 kA, b) I=6 kA, c) I=7 kA, d) I= 8 kA, e) I=9 kA (Kascak ve Brezinova 2013)



Şekil 2.3. Parametre C (TRIP40/70 + TRIP40/70): a) I=4 kA, b) I=5 kA, c) I=6 kA, d) I= 7 kA, e) I=8 kA (Kascak ve Brezinova 2013)



Şekil 2.4. Parametre D (S350GD + S350GD): a) I=5 kA, b) I=5,5 kA, c) I=6 kA, d) I= 6,5 kA, e) I=7 kA (Kascak ve Brezinova 2013)

Vural ve Akkuş (2004) yaptıkları çalışmada, 0,93 mm kalınlığındaki galvanizli çelik saclar ile 1,03 mm kalınlığındaki ostenitik paslanmaz çelikleri kullanarak direnç nokta kaynağı yöntemiyle birleştirmişlerdir. Deneyleerde elektrot kuvveti ve kaynak zamanı sabit tutulmuştur. Elde edilen numuneler kesme deneyine tabi tutulmuştur. Deney parçaları makroskobik incelendiğinde, kaynak akımının artması ile çekirdek çapının arttığı gözlenmiş fakat kritik bir akım değerinden sonra aşırı metal ergimesi ve sıçramalar nedeniyle çekirdek çapının küçüldüğü kanaatine varılmıştır. Farklı malzemelerin kaynatılması sonucu çekirdek bölgesinde ısıl dengesizlikler sebebiyle asimetrik kaynak çekirdeklerinin oluştuğu belirtilmiştir. Kaynak çekirdeği bölgesinde yapılan sertlik deneylerinde ise kaynaklı bölge ile ana metaller arasında önemli

farklılıklar gözlenmiştir. Maksimum sertlik ise kaynak çekirdeği merkezinde olduğu ve kaynak çekirdek çapı ile sertlik dağılımı arasında önemli bir etkileşim olmadığı belirtilmiştir.

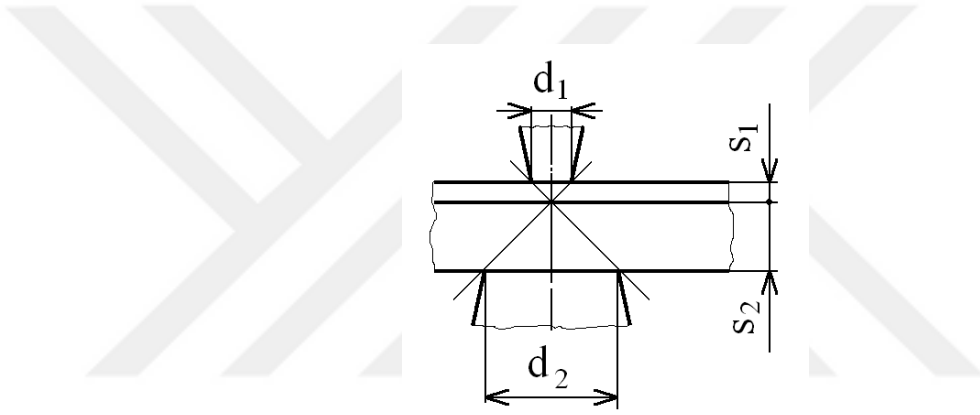
Zhang ve ark. (2011) yayınladıkları çalışmada DP600 sac malzemeye yapılan direnç nokta kaynağı işlemi ile elde edilen parçaların mekanik özelliklerine ve mikro yapısına kaynak akımı, kaynak zamanı ve elektrot kuvveti gibi kaynak parametrelerinin etkilerini araştırmışlardır. Kaynak çekirdek çapının istenilen aralıkta elde edilebilmesi için yukarıda bahsi geçen kaynak parametrelerinin optimum değerlerinin saptanması ve kullanılması gerektiği belirlenmiştir. Kaynak çekirdek çapı boyutunda bütün parametreler önemli bir etkiye sahiptir. Ayrıca bu parametre değerlerinin kaynak iç yapısına da etki ettiği belirlenmiştir. Kaynak parametre değerleri arttıkça kaynak çekirdeğinin ince ve aşırı ısınmış bölgedeki taneleri giderek büyük ve kabalaşır. Fakat kritik değer aşıldıktan sonra bu bölgelerdeki yapılar artık büyümemekte ve tane yapıları incelmektedir. Bununla birlikte elektrot kuvvetinin çekirdeğin mikro sertliği üzerinde önemli bir etkisi olmadığı belirtilmiştir.

Brozek (2015) yaptığı çalışmada farklı kalınlıklara sahip sac malzemeler ile farklı parametreler kullanılarak elde edilen deney numunelerinin kopma kuvvetleri arasındaki bağımlılığı saptamıştır. Bu çalışmada farklı kalınlıktaki sacların, aynı çaplı elektrotlar ve farklı çaplı elektrotlar kullanılarak gerçekleştirilmesi halinde iki durum arasındaki değişimler saptanmıştır. Alt ve üst elektrotların boyutlarının seçilebilmesi için denklem 1.1 kullanılmıştır (Şekil 2.5). Deneyler 100*25 mm ölçülerinde ve sırasıyla 1 mm, 2 mm, 3 mm ve 4,5 mm kalınlıklarındaki düşük karbonlu çelikler kullanılarak yapılmıştır. Direnç kaynağı işleminde kaynak akımı (maksimum= 6,4 kA) sabit tutulmuş olup, elektrot kuvveti sac malzemelerin kalınlıkları dikkate alınarak 1,5 ile 2,2 kN arasında seçilmiştir. Kaynak süreleri ise 0,15 s'den başlanarak, 0,20 s, 0,25 s, 0,3 s, 0,4 s, 0,6 s, 0,8 s, 1,0 s, 1,3 s, 1,6 s ve 2,0 s olacak şekilde artırılmıştır. Gerçekleştirilen testlerin sonuçlarına bakıldığında;

- 1+2 mm kalınlığındaki sac malzemelerin aynı çaptaki elektrot ve farklı çaptaki elektrotlar kullanılarak kaynağı yapıldığında, kopma kuvvetleri arasındaki değişimin % 4,2'nin altında olduğu görülmüştür.

- 1+3 mm kalınlığındaki sac malzemelerin aynı çaptaki elektrot ve farklı çaptaki elektrotlar kullanılarak kaynağı yapıldığında, kopma kuvvetleri arasındaki değişim % 6,2'nin altındadır.
- Ancak kopma kuvveti farklılığının en yüksek olduğu durum ise % 33,1 (en kısa kaynak zamanında) ile 1+4,5 mm kalınlığındaki saclardır.

Bu sonuçlar değerlendirildiğinde kalınlıkları birbirine yakın olan sac malzemelerin direnç nokta kaynağında aynı çaplardaki elektrot keplerinin kullanılabilir olduğu fakat sac kalınlıkları arttıkça ısı dengenin sağlanabilmesi için farklı çaplarda elektrot keplerinin kullanılması gerektiği sonucuna varılmıştır.



Şekil 2.5. Farklı kalınlıklardaki sac malzemeler için elektrot uç çapları (Brozek 2015)

$$d_1 = \frac{d_2 \cdot s_1}{s_2} \quad (1.1)$$

d_1 – ince sac için elektrot uç çapı, mm;

d_2 – kalın sac için elektrot uç çapı, mm;

s_1 – ince sac kalınlığı, mm;

s_2 – kalın sac kalınlığı, mm.

Raylı araç gövdelerinin yan duvarları ve tavanında kullanılan S235JR çelik malzemenin direnç nokta kaynağı ile ilgili araştırmalarını yapan Akkaş ve ark. (2015), deney numunelerini 120 kVA kapasiteli bir direnç kaynak makinesinde hazırlamışlardır. Elektrot kuvvetini 6 kN değerinde sabit tutan araştırmacılar, kaynak süresini 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 periyotlarla (1 periyot = 0,02 s) ve kaynaklama akımlarını da 6 kA'dan 14

kA'ya kadar 0.5 kA adımlarla yükselterek uygulamışlardır. Elde edilen test numunelerini kesme deneyine tabi tutarak çekirdek çapının soyma mukavemeti ve kopma mukavemeti üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre maksimum kopma değerleri 30 periyot sürede 8 kA kaynak akımı ile kaynak edilen test numunesinde görülmüştür. Fakat bu değerlerde yüzey kalitesinde düşüşler saptanmıştır. 25 periyot süre ve 7 kA kaynak akımı değerleri veya 20 periyot süre 7,5 kA kaynak akımı değerlerinde yüzey kalitesinin daha iyi olduğu belirlenmiştir. Soyma testinin maksimum değerlerine ise 20 periyot süre boyunca 9 kA akımında kaynak edilen numunelerde ulaşılmıştır.

Safari ve ark. (2016), gerçekleştirdikleri çalışmalarda AISI 201 paslanmaz çelik malzemeleri direnç nokta kaynağı yöntemi ile birleştirmişler, elde ettikleri numuneleri bazı testlere tabi tutmuşlardır. Kaynak akımının, kaynak zamanının, elektrot kuvveti ve soğuma hızının kopma mukavemetine ve hata moduna etkisini araştırmışlardır. Kaynak akımının artması ile kopma mukavemetinin arttığı görülmüştür. Bunun nedeni olarak kaynak bölgesinde oluşan yüksek ısının etkisi ile nüfuziyet derinliğinin artması olduğunu belirtmişlerdir. Artan elektrot baskı kuvvetinin de kopma mukavemetini olumlu yönde etkilediği fakat kritik değerden sonra elektriksel dirence etkisi sebebiyle olumsuz yönde etkilemektedir. Kaynak süresi için de benzer durum söz konusudur. Kopma mukavemeti soğuma süresinin uzatılmasıyla artmıştır, bunun nedeni olarak kaynatılan parçaların bir kuvvet altında katılaşmasının sağlanması olarak belirtilmiştir. Fakat soğuma süresinin aşırı uzatıldığı durumlarda kaynaklı bölgeden elektrotta ısı geçişi sebebiyle kopma mukavemeti düşmektedir. Ayrıca bu durumun elektrot aşınmalarına sebep olacağı belirtilmiştir.

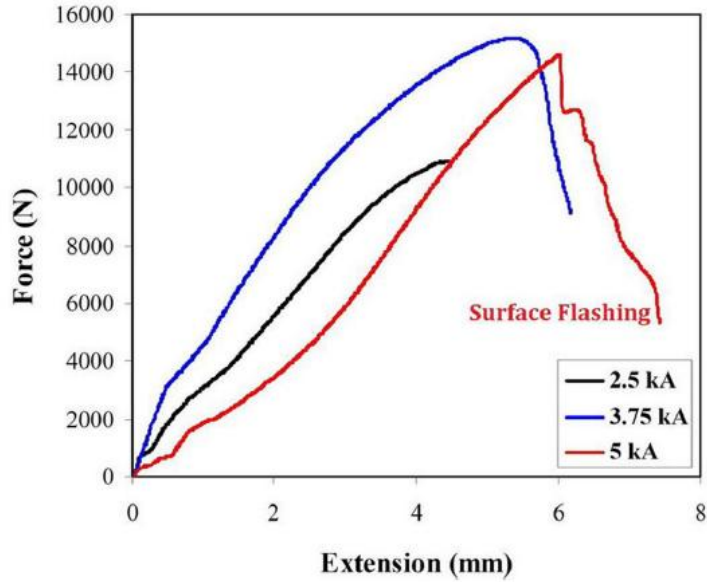
Bina ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada farklı iki metal malzemenin kaynakla birleştirilmesine kaynak akımının etkisini incelemişlerdir. Deneylerde ostenitik (AISI 304) ve ferritik (AISI 430) 1,5 mm kalınlığındaki paslanmaz çeliklerden oluşturulmuş deney numuneleri ve 2,5 kA, 3,75 kA ve 5 kA akım değerler kullanılmıştır. Birleştirme işlemi sonucunda makro yapı, mikro yapı, mikro sertlik, çekme makaslama mukavemeti ve hata tipleri değerlendirilmiştir. Kaynak akımının artması ile çekirdek çapının arttığı gözlenmiş olup, ostenitik paslanmaz çelik tarafındaki çekirdek çapının diğerine göre

daha büyük olmasının sebebini bu malzemenin elektrik direncinin ferritik paslanmaz çelikten daha büyük olması şeklinde belirtmişlerdir (Şekil 2.6). Kaynaklı bölgenin mikro yapısının ostenit, ferrit ve martenzitten oluştuğunu ifade eden yazarlar, kaynak akımının artması ile mikro yapıda kabalaşma olduğunu belirtmişlerdir.



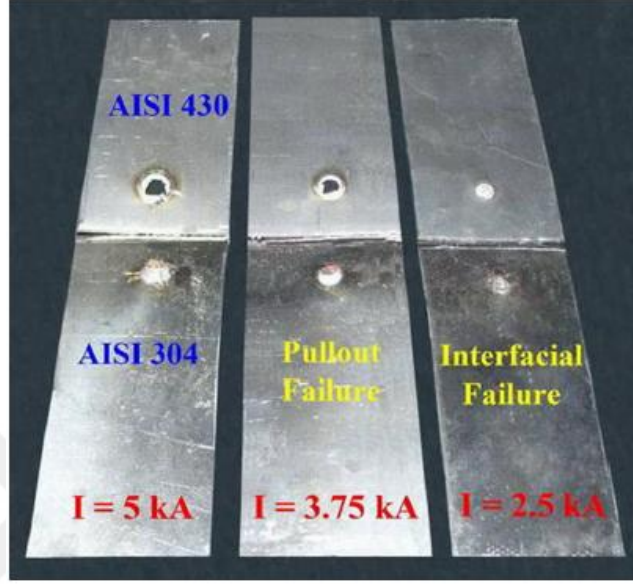
Şekil 2.6. Ostenitik paslanmaz iki farklı sac malzemenin makro görüntüsü- 2,5 kA (Bina ve ark. 2014)

Kaynaklı numunelerin çekme- makaslama mukavemetlerinde akımın artmasıyla yükselme olduğu belirlenmiş ancak yüksek akım değerinde oluşan iç hatalar sebebiyle bu değerlerde düşmeler olmuştur (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Ostenitik paslanmaz iki farklı sac malzemenin 2,5 kA, 3,75kA ve 5 kA kaynak akımlarında kuvvet- uzama eğrileri (Bina ve ark. 2014)

Çekme- makaslama testlerinden sonra görülen hata modları ise Şekil 2.8’de gösterildiği gibi, 2,5 kA akım değerinde ara yüzey ayrılması biçimindeyken, 3,75 kA ve 5 kA değerlerinde kaynak çekirdeği malzemelerden birinin üzerinde kalmıştır.



Şekil 2.8. Ostenitik paslanmaz iki farklı sac malzemenin 2,5 kA, 3,75kA ve 5 kA kaynak akımlarında çekme makaslama test sonuçları (Bina ve ark. 2014)

3. MATERYAL VE YÖNTEM

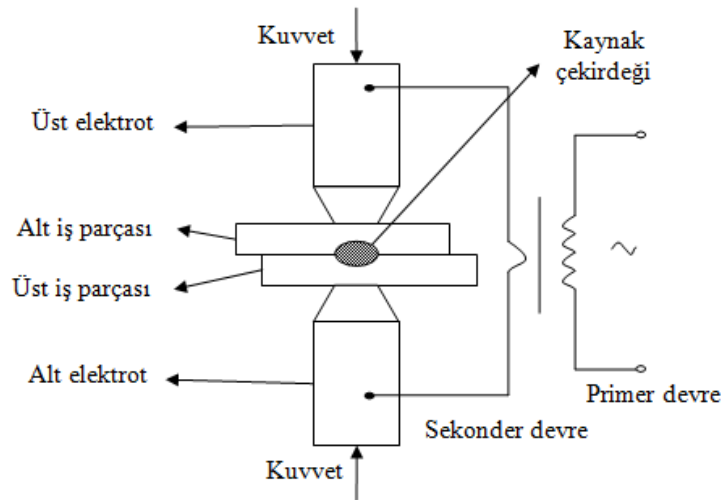
Elektrik direnç kaynağı, elektrotlar arasında uygun baskı kuvveti ile sıkıştırılan iş parçalarından uygun zaman aralığında geçirilen elektrik akımına karşı iş parçasının oluşturduğu direncin etkisi ile oluşan yüksek ısı sebebiyle meydana gelen birleşmedir (Anonim 2001). Direnç kaynağı uygulamasında malzeme direnci ile oluşan ısı haricinde başka bir ısı girdisi olmamaktadır. Isı, kaynak edilecek bölgede meydana gelir ve bu bölgeye ısı tesiri altında kalmış bölge (ITAB) denir. Bununla birlikte kaynak işleminin yapılabilmesi için gerekli baskı kuvveti makinede bulunan ünitelerle üretilir ve kaynak makinesindeki elektrotlar veya çenelerle iş parçasına uygulanır. Bu imalat yönteminde çok sayıda değişkenin etkisi vardır (Anık 1991). Bu değişkenler kaynak kalitesine doğrudan veya dolaylı olarak etki etmektedir. Oluşan ısı aşağıda verilen temel denklem kullanılarak hesaplanır.

$$Q = I^2 R t \quad (3.1)$$

Burada;

- Q: kaynak esnasında açığa çıkan enerjiyi,
- I: kaynak akımını,
- R: kaynak bölgesi elektriksel direncini ve
- t: kaynak zamanını ifade etmektedir.

Bir direnç kaynağı işlem prosesinin şeması Şekil 3.1’de verildiği gibidir.



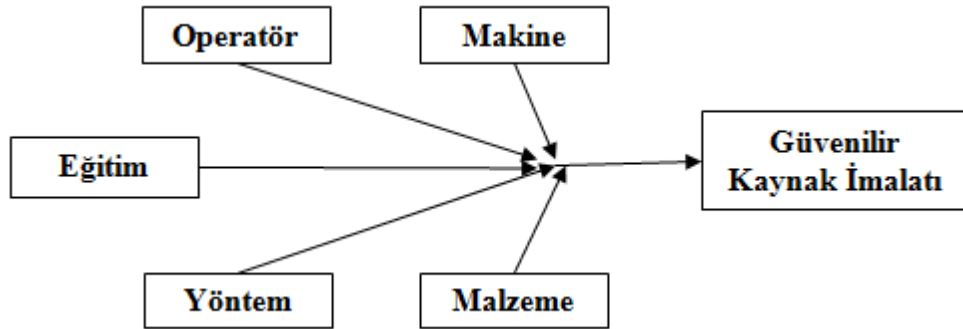
Şekil 3.1. Direnç kaynağı işlem prosesi (Anonim 2001).

Elektrik direnç kaynağının diğer kaynakla imalat yöntemlerine göre avantajları aşağıdaki maddelerle sıralanabilir:

- Kaynak hızının yüksek olması,
- İlave birleştirme malzemesi gerektirmemesi,
- Kaynak kalitesinin operatöre bağlı olmaması,
- Seri üretime daha uygun olması,
- Maliyetinin düşük olması (Anonim 2001).

3.1. Direnç Kaynağı Parametreleri

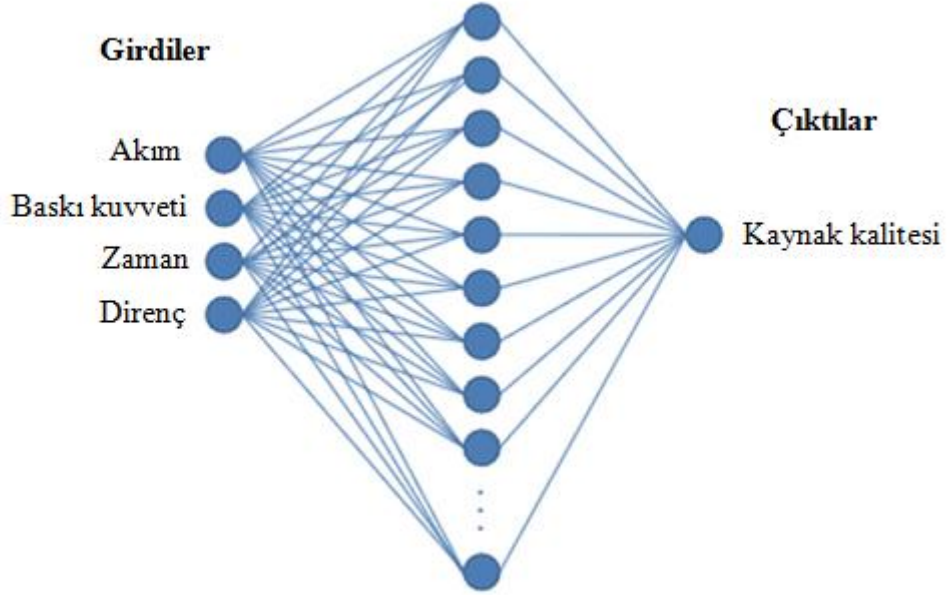
Direnç kaynağı ile imalat yöntemine birden çok değişkenin etkisi vardır. Bu bölümde daha çok uygulama esnasında kaynak makinesi girdileri ve çıktılarını etkileyen değişkenlerden bahsedilecektir. Fakat bunların dışında bulunan ve yöneme etki eden diğer girdiler ise aşağıdaki gibidir (Anonim 2001).



Şekil 3.2. Güvenilir kaynak imalatı girdileri (Anonim 2001)

Bu etkenler içinde en önemli ikisi makine ve malzeme girdileridir. Bir direnç kaynağı yöntemi ile imalat prosesinde makine girdileri kaynak akımı, baskı kuvveti ve zamandır. Bu ifadeler kaynak parametreleri olarak adlandırılır ve güvenilir bir kaynak bağlantısı için ideal değerleri seçilmelidir. Parametre değerleri üretimde kullanılacak malzemenin türüne ve ölçüsel özelliklerine göre değişiklik gösteren elektriksel direnç değeri esas alınarak değiştirilmektedir. Üretim öncesinde optimum kaynak kalitesinin sağlanması için farklı parametre değerleri denenmektedir. Ayrıca kaynak parametrelerinin tayini ve

bu parametrelerin kaynak kalitesine etkileri için tamamlanan veya devam eden bir çok bilimsel çalışma mevcuttur (Arunchai ve ark. 2014).



Şekil 3.3. Güvenilir kaynak imalatı girdileri ve ilişkileri (Arunchai ve ark. 2014)

3.1.1. Kaynak akımı

Kaynak akım değerinin direnç kaynağı üzerine doğrudan etkisi çok sayıda yapılan bilimsel araştırma ile kanıtlanmıştır. Kaynak akımı ısı enerjisinin birleştirme bölgesinde oluşmasında en önemli büyüklüktür. Bu bölgeye etki edecek ısı girdisi kaynak akımı ile doğru orantılıdır. Yani diğer değişkenlerin sabit tutulması şartıyla akım değeri arttıkça bölgede oluşan ısı değeri de artmaktadır (Vural ve Akkuş 2004). Direnç kaynağı uygulamasında kaynak akımının yeterli olmaması çekirdek çapının küçük olmasına ve kaynak kalitesinin düşük olmasına sebep olurken, kaynak akımı değerinin çok yüksek olması ise kaynaklı bölgede aşırı ergimeye ve çatlaklara neden olmaktadır (Kaščák ve Brezinová 2013). Uygun çekirdek çapı ve yüksek kaynak kalitesi değerleri için en optimum kaynak akımı değerleri seçilerek direnç kaynağı prosesinde kullanılmalıdır.

3.1.2. Baskı kuvveti

Direnç kaynağı imalatının yapılabilmesi için bir baskı kuvvetine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sebeple iş parçaları elektrotlar arasında kaynak makinesinin ekipmanları kullanılarak basıncın etkisiyle tutulur. Zhou ve Cai (2014) yaptıkları çalışmada baskı kuvvetinin direnç nokta kaynağı üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Elektrot kuvvetinin direnç nokta kaynağı uygulamasını etkisini tespit edebilmek için değişken elektrik direnci profili kullanılmıştır. Düşük elektrot kuvveti metal fişkırmalarına sebebiyet verebilir. Yüksek elektrot kuvveti ise toplam elektriksel direnci düşürebilir ve kaynak bağlantısının oluşumunu geciktirebilir. Ayrıca yüksek baskı kuvveti ilk olarak kaynak çekirdeğinin çok küçük olmasına ardından hızla büyümesine neden olabilmektedir.

3.1.3. Zaman

Direnç kaynağına etki eden bir diğer önemli parametre ise zamandır. Direnç kaynağı uygulamalarında zaman ifadesi olarak periyot kullanılır ve bir periyot saniyenin ellide biri olarak ifade edilir. (1 periyot = 1/ 50 s) Kaynak zamanı da kaynak bölgesine ısı girdisine doğrudan etkilidir. Kaynak zamanının uzun tutulması yüksek ısı girdisine sebep olur ve kaynak bölgesinin büyümesine ve ergimenin fazla olması sebebiyle malzeme fişkırmalarına sebep olabilir. Zamanın kısa tutulması ise yetersiz ısı girdisi sebebiyle nüfuziyetin düşük olmasına yol açabilir (Anonim 2001). Bir kaynak çevriminde, çevrimin her bir aşaması için kaynak zamanı en uygun değerlerde seçilmelidir.

3.1.4. Kaynak direnci

Direnç kaynağı uygulamasında, kaynak bağlantısının oluşması için gerekli ısının oluşmasında elektriksel dirençten yararlanır. Kaynak direnci Şekil 3.4'te gösterildiği üzere aşağıdaki bileşenlerden oluşur (Akkuş 2006). Eşdeğer direnç bu direnç değerlerinin seri bağlı bir devre gibi düşünülerek art arda toplanması ile elde edilir. Direnç değerlerini etkileyen faktörler arasında, elektrotun ve iş parçalarının kendine has

malzeme özellikleri ile temas bölgesindeki fiziki şartlar etki etmektedir. Etki eden kuvvet ile direnç değeri arasında bir ilişki vardır.

$R_{eü}$: Üst elektrot direnci

$R_{tü}$: Üst iş parçası ve üst elektrot temas direnci

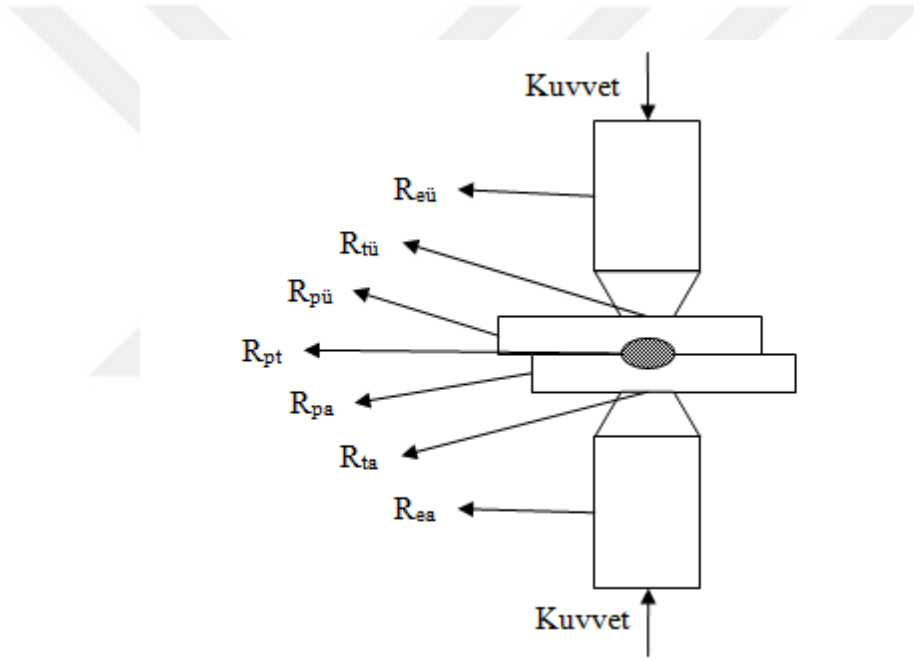
$R_{pü}$: Üst iş parçası malzeme direnci

R_{pt} : Üst iş parçası ve alt iş parçası temas direnci

R_{ea} : Alt iş parçası malzeme direnci

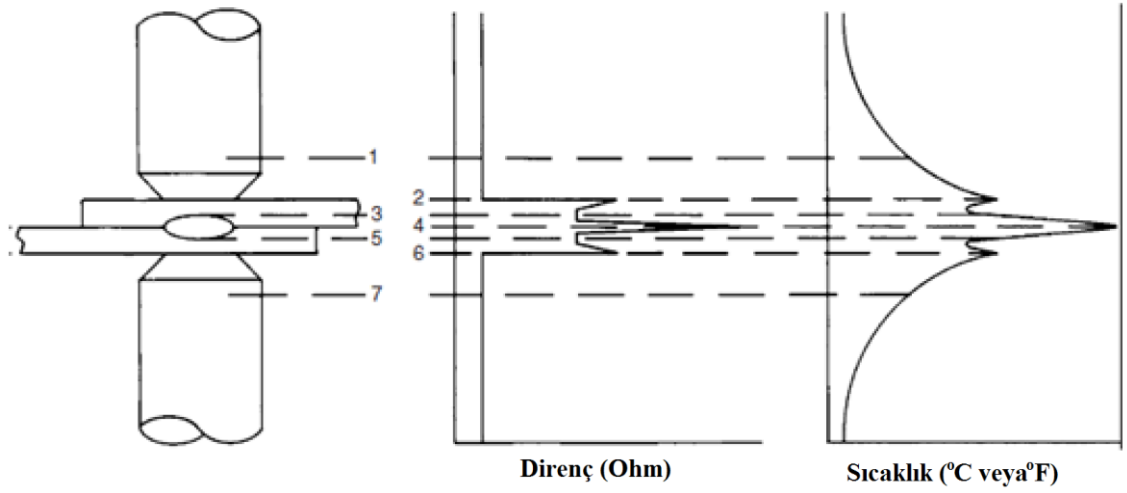
R_{ta} : Alt iş parçası ve alt elektrot temas direnci

R_{ea} : Alt elektrot direnci



Şekil 3.4. Direnç nokta kaynağı dirençleri (Akkuş 2006)

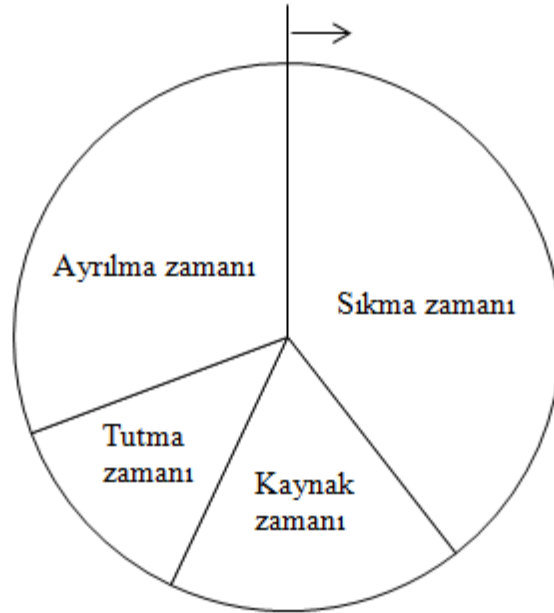
Direnç nokta kaynağı uygulamasında alt ve üst elektrotlar ve iş parçalarında kaynak uygulaması esnasında dirençlerin ve bu dirençler ile sıcaklığın bölgesel ilişkilerine bakıldığında, direnç arttıkça sıcaklığın arttığı görülmektedir. Direncin en fazla olduğu ve çekirdeğin olduğu bölgede sıcaklık maksimum olur (Şekil 3.5). Denklem 3.1’de verildiği üzere direncin en fazla olduğu bölgede oluşacak ısı maksimum olacaktır.



Şekil 3.5. Direnç ve sıcaklığın iş parçasındaki bölgesel ilişkileri (Anonim 2007)

3.2. Direnç Kaynağı Çevrimi

Bir direnç kaynağı uygulamasında kaynağın başlaması ile bitmesi arasında gerçekleşen tüm olaylara bir kaynak çevrimi denir. Kaynak çevrimi dört ana zaman aralığından oluşur.



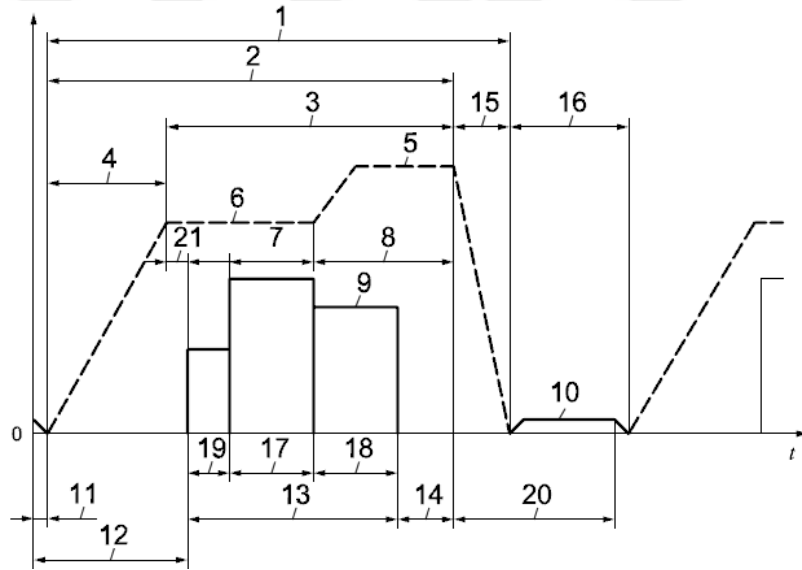
Şekil 3.6. Direnç kaynağı çevrimi (Akkuş 2006)

Sıkma zamanı; kaynak uygulaması başladıktan sonra elektrotların kaynak kuvvetine erişmesi için geçen zamandır. Genelde ön yaklaşma ve sıkma diye iki bölüme ayrılır. Tekrarlı çalışmalarda ön yaklaşma zamanı kullanılmamaktadır.

Kaynak zamanı; kaynak akımının aktığı zaman bölümüdür. Bu bölümde kaynak cinsine göre, ön ısıtma, kaynak, darbeli kaynak ve son ısınma gibi bölümlere ayrılabilir. Bu sayede kaynak kalitesi artırılabilir.

Tutma zamanı; kaynak işlemi bittikten sonra, elektrotların su ile soğutulmasından faydalanılarak kaynak noktasının soğutulmasını ve kaynak kalitesinin artırılması amacı ile elektrotların tutulduğu süredir.

Ayrılma zamanı; tekrarlı kaynakta, ikinci kaynağa başlamak için geçen ara zamandır (Anonim 2001).



Şekil 3.7. Direnç nokta kaynağı için zaman ve baskı kuvveti diyagramı- Kaynak akımı ve baskı kuvveti program kontrolü (ISO 15609-5 2011)

Şekil 3.7’de bir kaynak çevrimi süresince gerçekleşen olaylar detaylı bir biçimde verilmiştir.

Çizelge 3.1. Şekil 3.7 ifadelerinin açıklamaları (ISO 15609-5 2011)

Numara	Açıklama	Numara	Açıklama
1	Kuvvet uygulama zamanı	12	Sıkma zamanı
2	Elektrot kuvvet zamanı	13	Toplam kaynak zamanı
3	Kuvvet etki zamanı	14	Tutma zamanı
4	Kuvvet artış zamanı	15	Kuvvet düşüş zamanı
5	Baskı kuvveti	16	Kuvvet etki etmeyen zaman
6	Elektrot kuvveti	17	Isıtma zamanı
7	Baskı gecikme zamanı	18	Isıtma sonrası zaman
8	Baskı zamanı	19	Ön ısıtma zamanı
9	Akım	20	Ölü zaman
10	Elektrot hareketi	21	Akım gecikme zamanı
11	Kafa yanaşma zamanı	t	Zaman

3.3. Direnç Kaynağı Çeşitleri

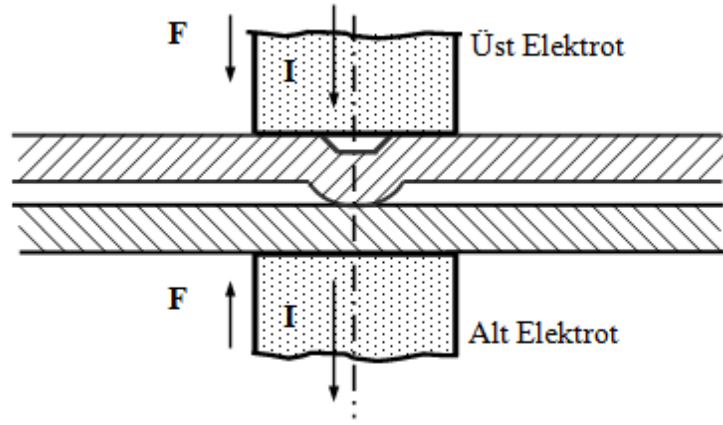
Direnç kaynağı çeşitleri, uygulama yöntemlerine göre adlandırılmaktadır. Temel olarak direnç kaynağı uygulaması aşağıda belirtildiği şekildedir (Anık 1991).

- A) Nokta Direnç Kaynağı
 - a) Normal nokta direnç kaynağı
 - b) Kabartılı nokta direnç kaynağı
- B) Dikiş Direnç Kaynağı
 - a) Sürekli dikiş direnç kaynağı
 - b) Aralıklı dikiş direnç kaynağı
- C) Alın Direnç Kaynağı
 - a) Basınçlı alın direnç kaynağı
 - b) Yakma alın direnç kaynağı

Bütün direnç kaynağı yöntemleri, ideal bir akım şiddeti- kaynak zamanı ayarlamasını gerektirir. Kaynak bölgesinin ısınma ve soğuma hızları da önemli bir etken olup, zaman ekonomisi bakımından mümkün olduğu kadar yüksek olmalıdır.

3.3.1. Nokta direnç kaynağı

Nokta direnç kaynağı; elektrotlar tarafından baskı kuvveti ile bir arada tutulan iş parçalarında geçen elektrik akımına karşı iş parçalarının gösterdikleri dirençten elde edilen ısı ile birleştirilmeleridir. Kaynaklı bölgenin boyut ve şekli, uygulamada kullanılan elektrotların boyut ve şekline bağlıdır. Nokta direnç kaynağı bu yöntemlerin içinde en fazla tercih edilenidir.



Şekil 3.8. Kabartılı nokta direnç kaynağı (Anonim 2001)

Kabartılı nokta kaynağı ise, kaynatılacak bölgeye önceden şekil verilerek kaynak esnasında akımın sadece şekil verilen çıkıntıdan geçmesiyle yapılan direnç kaynağı yöntemidir (Şekil 3.8). Önceden şekillendirme ile elde edilen bu çıkıntılara meme adı verilir. Bu yöntemde alt ve üst elektrot düzdür. Kaynak işlemi sonunda meme izinin kaybolmaması istenir (Anonim 2001).

3.3.2. Dikiş direnç kaynağı

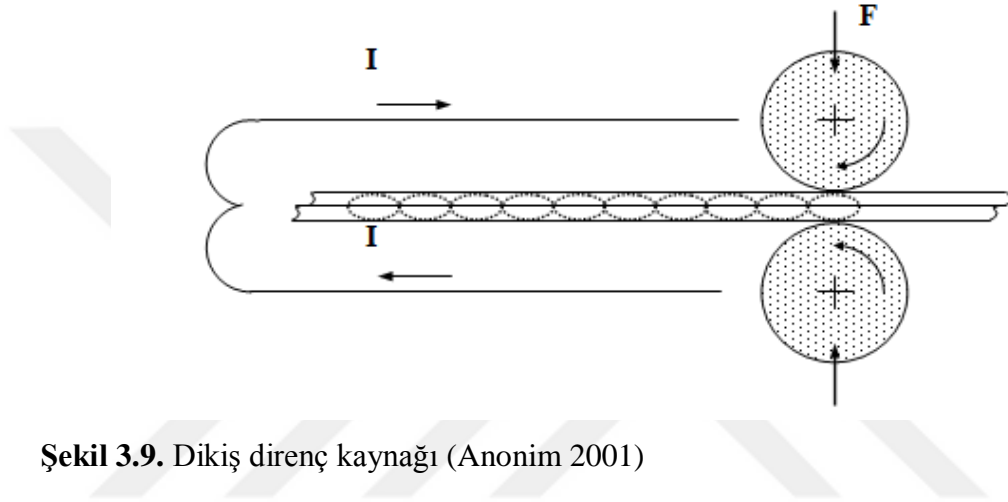
Dönen iki adet tekerlek biçimindeki elektrotun arasına konulan iş parçalarının sürekli veya aralıklı olarak kaynatılması esasına dayanır. Elektrotlar arasından geçirilen elektrik akımı ve elektrotlara uygulanan baskı kuvveti uygun değerlerde ayarlanmasıyla malzemelerin birbirine kaynak bağlantısı daha güvenilir olmaktadır (Anonim 2001).

Dikiş kaynağında sızdırmaz bir bağlantı elde edilebilmesi, kaynak şeridinin genişliğine bağlıdır. Kaynak şeridinin ideal genişliği, levha kalınlığına bağlı olarak denklem 3.2 ile bulunabilir (Anık 1991):

$$L = 2(e + 1) \quad (3.2)$$

L : Şerit genişliği (mm)

e : Levha kalınlığı (mm)



Şekil 3.9. Dikiş direnç kaynağı (Anonim 2001)

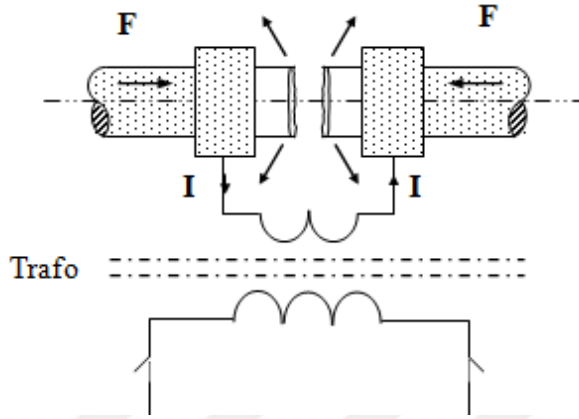
Dikiş kaynağında kaynak hızını sınırlayan iki önemli faktör vardır: Birinci faktör; 50 Hz olan şebeke frekansıdır. Şebeke akımı sinüzoidal olduğundan geçiş bölgelerinde akım akıtılmadığı için çok yüksek hızlarda bu bölgeleri kaynatamaz. Bunun önüne geçmek için daha yüksek frekanslı güç kaynakları kullanılmaktadır (Anonim 2001).

İkinci faktör ise kalın iş parçalarında kendini gösterir. Kalın iş parçaları kısa sürelerde ısıtılamaz, ısıtıldıktan sonra ise birleşmenin olabilmesi için baskı kuvvetinin kaynak noktasında bulundurulması gerekir. Aksi durumda ısıtılmış bölge üzerindeki kuvvet yeterli süre uygulanamazsa kaynak kalitesi düşük olmaktadır (Anonim 2001).

3.3.3. Alın direnç kaynağı

Kaynatılacak parçalar, alın altına getirilerek elektrik akımı altında birbirine temas ettirilerek kıvılcım ile kaynak başlatılır ve belirlenen süre kadar devam ettirilir. İş

parçalarında yeterli ısınma oluştuktan sonra parçalar birbirine baskı kuvveti ile bindirilerek kaynak işlemi tamamlanır. Bazı durumlarda kıvılcımlanma kullanılmadan doğrudan bindirme ile kaynak yapılabilir (Anonim 2001).



Şekil 3.10. Alın direnç kaynağı (Anonim 2001)

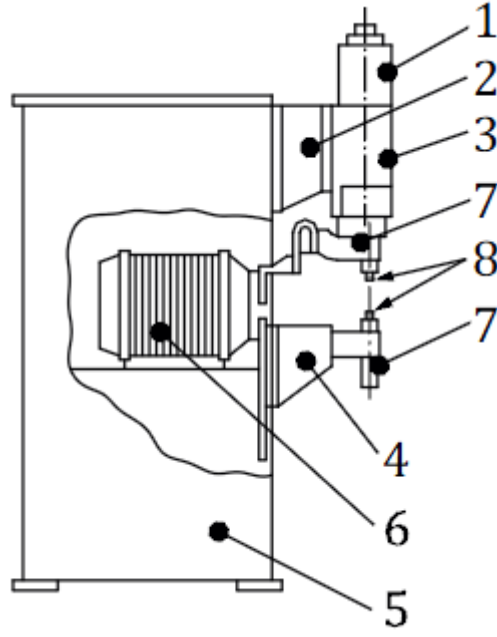
Üç farklı direnç alın kaynağı yöntemi vardır. Bunlar;

- Basınçlı alın kaynağı
- Ön ısıtmasız yakma alın kaynağı
- Ön ısıtmalı yakma alın kaynağı şeklindedir.

Basınçlı alın kaynağında, parçalar yüksek bir basınçta temas ettirilir ve akım tatbik edilir. Yakma alın kaynağında ise, parçalar temas etmeden elektrik akımı uygulanır (Anık 1991).

3.4. Direnç Kaynağı Makineleri ve Ekipmanları

Direnç kaynağı makineleri ve makinede bulunan ekipmanlar kaynak çeşidinin uygulamasında ihtiyaç duyulan gereksinimlere göre şekillenmektedir. Örneğin Şekil 3.11’de bir direnç nokta kaynağı makinesinin temel görünümü ve ekipman listesi verilmiştir (EN ISO 669 2016).



Şekil 3.11. Direnç nokta kaynağı makinesi genel görünümü (EN ISO 669 2016)

Çizelge 3.2. Direnç nokta kaynağı makinesi bileşen isimleri (EN ISO 669 2016)

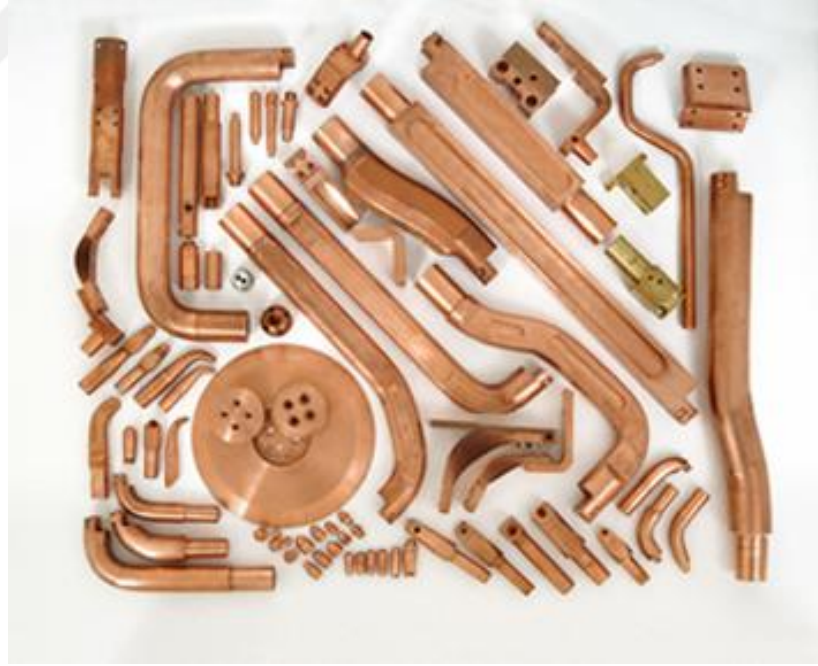
Numara	Ekipman adı
1	Kuvvet üretme ünitesi
2	Hareket edebilir kol
3	Kaynak kafası
4	Sabit kol
5	Makine gövdesi
6	Trafo
7	Elektrot tutucu
8	Nokta kaynağı elektrodu

3.4.1. Elektrotlar

Elektrotlar, direnç kaynağı ile imalat yönteminde makinenin güç ünitesinden gelen elektrik akımının parçaya geçişini ve oluşturulan kuvvetin iş parçasına etkisini sağlayan genelde yüksek iletken malzemelerden yapılmış makine ekipmanlarıdır (Şekil 3.12). Uygun elektrot seçimi kaynak kalitesi ve sürekliliğini en çok etkileyen etkenlerden biridir (Anonim 2001).

Onsekiz ve Altunpak (2017) yaptıkları çalışmada elektrot malzeme tipinin AISI 430 ferritik paslanmaz çeliğin direnç nokta kaynağı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Çalışmalarında 0,6 mm kalınlığa sahip AISI 430 paslanmaz sac malzemeleri, CuZr ve CuCo2Be malzemelerinden üretilmiş farklı iki elektrot kullanarak birleştirmişlerdir. Bu paslanmaz malzemenin ideal kaynak parametreleri için, CuZr elektrot ile üretilmiş numunelerde 6 kA kaynak akımı ve 10 periyot kaynak zamanı değerini veren araştırmacılar, CuCo2Be elektrot kullanılarak üretilmiş numunelerde ise 6,6 kA kaynak akımı ve 15 periyot kaynak zamanı değerlerine ulaşmışlardır. Bu sonuçtan da anlaşılacağı üzere elektrot tipi kaynak kalitesi üzerinde önemli bir etkindir.

Direnç kaynağında kullanılan elektrotlar, kaynak uygulamasının çeşidine göre farklılık gösterebilirler. Bunlar standart olabileceği gibi yapılan işe özel imal edilebilirler. Nokta direnç kaynağı uygulamasında standart olarak imal edilen erkek veya dişi tip elektrot yuvalarına takılarak kullanılan elektrot başlıkları Şekil 3.13'te gösterildiği gibidir.



Şekil 3.12. Direnç kaynağı uygulamalarında kullanılan elektrot çeşitleri (Anonim 2017a)



Şekil 3.13. Standart elektrot kepleri (Anonim 2017b)

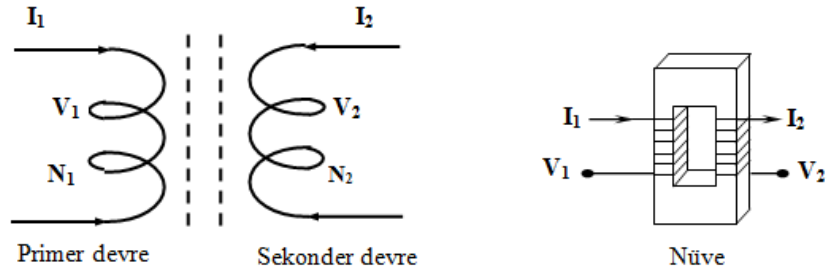
3.4.2. Kuvvet oluşturma ekipmanları

Kaynak işlemi için gerekli olan kuvvetin üretilmesi ve hareket iletimi, ihtiyaca göre farklı şekillerde sağlanabilir. Kullanılan başlıca kuvvet hareket iletim sistemleri;

- Hidrolik silindirler,
- Pnömatik silindirler,
- Hidro- pnömatik silindirler,
- Mekanik sistemler (pedal veya kol gücü ile),
- Elektrikli sistemler (motor + redüktör) şeklindedir (Anonim 2001).

3.4.3. Trafolar

Transformatörler, alternatif akım gerilim değerini değiştirmeye yarayan makine ekipmanlarıdır (Şekil 3.14). Transformatör endüksiyon kanunlarına uygun bir tarzda çelik silisli sac, iletken grubu ve izole madde olmak üzere üç ana malzemenin hesaplı bir şekilde düzenlenmesinden meydana gelen statik bir elektrik makinesidir (Anonim 2001).



Şekil 3.14. Trafo şematik gösterimi (Anonim 2001)

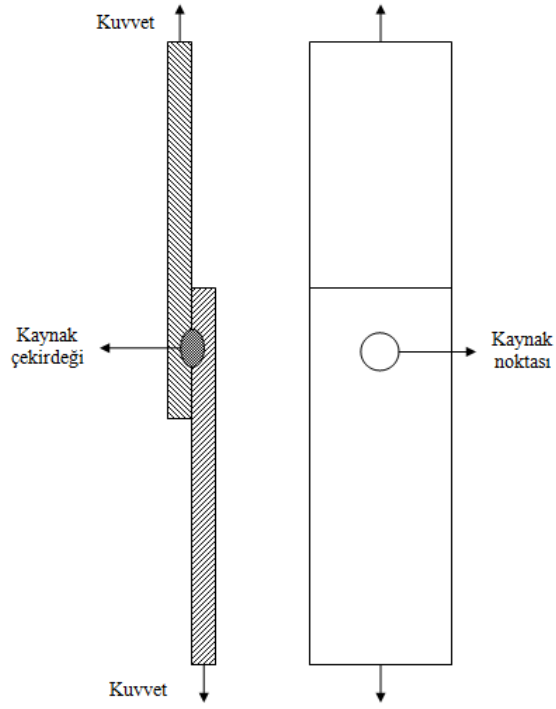
3.5. Direnç Kaynağı Kalite Test Yöntemleri

Direnç kaynağı işlemi tamamlandıktan sonra kaynak bağlantısının kalitesinin tayini oldukça önemlidir. Kaynak kalitesinin test edilebilmesi için farklı test yöntemleri vardır. Bunlar tahribatlı ve tahribatsız test yöntemleri olarak iki ana başlıkta incelenmektedir. İsimlerinden de anlaşılacağı üzere tahribatlı test yöntemleri ile test edilen kaynak bağlantıları tekrar kullanılamazken, tahribatsız yöntem ile test edilen kaynak bağlantıları kullanılmaktadır.

3.5.1. Tahribatlı test yöntemleri

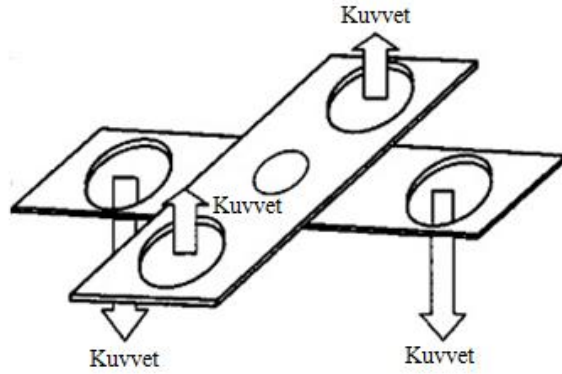
Tahribatlı test yöntemleri kaynak kalitesinin tayin edilebilmesi için sıklıkla kullanılan test yöntemleridir. Bu yöntemlerin standartlaştırılabilmesi için hali hazırda kullanılmakta olan standartlar mevcuttur ve test numuneleri bu standartlara uygun olarak hazırlanır. Tahribatlı test yöntemlerinden yaygın olarak kullanılanları aşağıda şekillerle birlikte açıklanmaktadır.

Çekme- makaslama testi, Şekil 3.15'te görüldüğü gibi üst üste bindirilerek kaynakla birleştirilen iki iş parçasının çekme test cihazının çenelerine bağlanarak teste tabi tutulmasıdır.



Şekil 3.15. Çekme makaslama testi

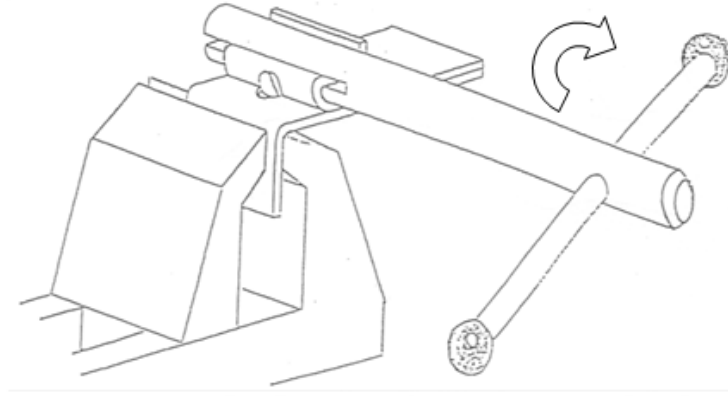
Haç şekli çekme testi, aşağıdaki şekilde görüldüğü üzere iş parçalarının birbiri üzerine bindirilerek haç şeklinde birleştirilmesinden sonra ok yönlerinde kuvvetin etki ettirilerek test yapılır (Şekil 3.16).



Şekil 3.16. Haç şekli çekme testi (Chao 2003)

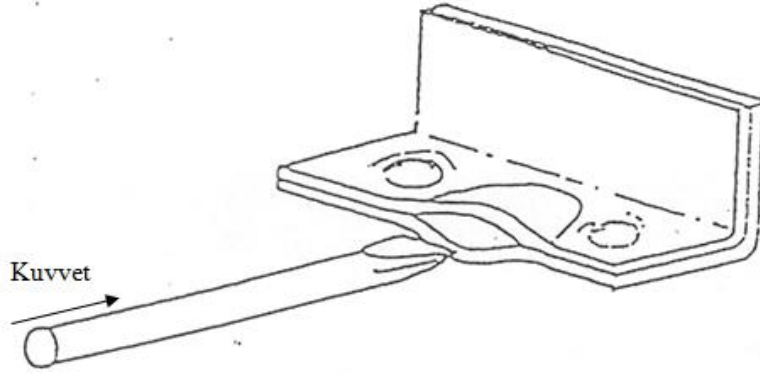
Soyma testi ise üst üste bindirilerek kaynak işlemi tamamlanmış bir iş parçasına, bir tarafı mengeneye sıkıştırılacak diğer tarafı ise çevirme kolunun üzerindeki yarığa girecek biçimde şekil verildikten sonra parça mengeneye bağlanır. Açıkta kalan kısım çevirme kolu yarığına yerleştirildikten sonra kol çevrilir ve soyma işlemi tamamlanır

(Şekil 3.17). Kaynak çekirdeği bir iş parçasının üzerinde kalır. Sonrasında çekirdek çapları ölçülerek değerlendirme kriterlerine göre kaynak kalitesi yorumlanır.



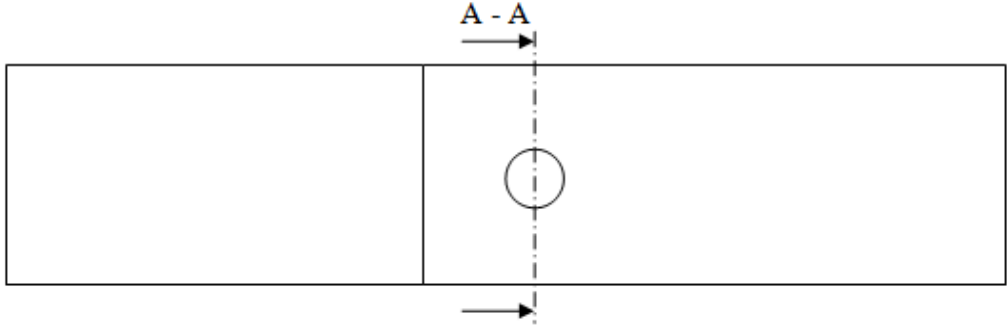
Şekil 3.17. Soyma testi (Anonim 2001)

Keski testi Şekil 3.18’de verilen şekil gibi oluşturulmuş bir kaynaklı parça numunesine, iki kaynak noktasının arasına keskiyle kuvvet uygulayarak ayrılmaya zorlanmasıdır. Bu test yönteminde kaynak noktalarından ayrılma olmaması güvenilir bir kaynak bağlantısı olduğu yönünde bilgi vermektedir.

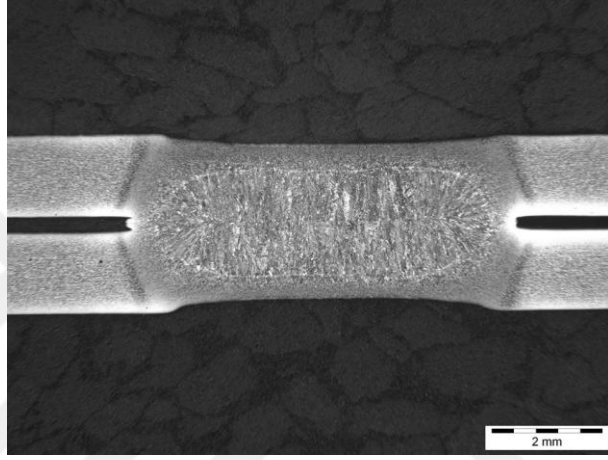


Şekil 3.18. Keski testi (Anonim 2001)

Makro kesit testi, direnç nokta kaynağının Şekil 3.19’da gösterildiği gibi kesildikten sonra önce yüzey pürüzlüğünün giderilmesi için bir takım parlatma işleminden sonra kimyasallar kullanılarak kaynak bölgesinin dağlanması ile görüntü elde edilir (Şekil 3.20). Bu yöntem ile kaynaklı bölgenin nüfuziyeti hakkında bilgi elde edilir.

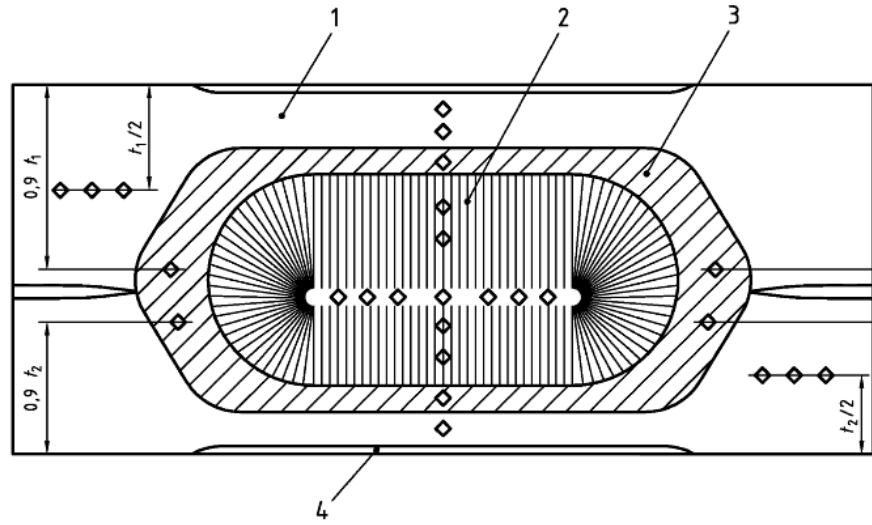


Şekil 3.19. Makro kesit testi- kesim eksen



Şekil 3.20. Makro kesit testi görünümü (Anonim 2017c)

Sertlik testi Şekil 3.19’da gösterildiği gibi kesilen kaynak bağlantısının ISO 14271 standardında verilen aşağıdaki tarife göre sertlik ölçümü yapılır. Elde edilen sertlik ölçüm değerleri test raporlarında gösterilir.



Şekil 3.21. Direnç nokta kaynağı sertlik ölçüm bölgeleri, 1- parça, 2- kaynak çekirdeği, 3- ITAB bölgesi, 4- elektrot izi. (ISO 14271 2001)

3.5.2. Tahribatsız test yöntemleri

Tahribatsız test yöntemlerinde en yaygın yöntem ultrasonik ses dalgaları ile kaynak bağlantısının kalite tayininin yapılmasıdır. Bu yöntemle, çekirdek çapı, nüfuziyet, iç süreksizlikler ve sıçrantılar ölçülebilmektedir. Doyum ve Sonat (2003) yaptıkları çalışmada ultrasonik çoklu eko tekniği ile bu ölçümlerin yanı sıra direnç nokta kaynaklarının çekme- makaslama dayanımının tahmin edilmesi üzerine çalışmışlardır.



Şekil 3.22. Direnç nokta kaynağı testi için kullanılan ultrasonik prop (Doyum ve Sonat 2003)

Bir diğer tahribatsız muayene yöntemi ise radyografik muayenedir. Kaynaklı bölgenin radyografi görüntüsü alınarak kaynak bağlantısının iç hataları görüntülenebilir. Fakat

uygulaması yaygın değildir. Yapılan bilimsel çalışmalarda farklı tahribatsız muayene yöntemleri de öne sürülmektedir. Bunlar kaynak bölgesinin kamera ve bilgisayar programları kullanılarak görüntülenmesi ve bu görüntünün değerlendirilmesi esasına dayanan görüntü işleme yöntemi, hassas mikrofonlar ve ses algılayıcıları ile akustik emisyon yöntemi ile kaynaklı bölgenin kalite tayini gibi yöntemlerdir. Henüz yöntemlerin araştırma aşamasında olunması sebebiyle yaygın değildir (Doyum ve Sonat 2003).

3.6. Direnç Kaynağında Malzemenin Önemi

Direnç kaynağı imalat yönteminde kaynak bölgesinde erimenin oluşması için malzemenin kendi direncinden yararlanılarak üretilen ısının yeterli olması gerekir. Bununla birlikte bir malzemenin direnç kaynağı kabiliyeti o malzemenin elektrik iletkenliği ile ters orantılıdır. Çünkü iletkenliği yüksek olan bir malzemenin elektriksel direnci düşük olacaktır. Tüm direnç kaynağı parametre değerleri bu temel prensipten yola çıkılarak elde edilir. Bir malzemenin direnç kaynağı kabiliyetine ısı iletkenliği ve erime noktası da etki etmektedir. Isı iletim katsayısı yüksek bir malzemede kaynak bölgesinde yeterli toplam ısının oluşması gecikecektir. Erime noktası yüksek malzemeler ise kaynak bölgesinde fazladan ısı oluşumuna sebep olabilir.

Bu etkenler sebebiyle, malzemenin elektrik iletkenliği ve erime noktası göz kullanılarak, direnç nokta kaynağında kaynak kabiliyeti için aşağıdaki ampirik ifade kullanılmaktadır:

$$S = (10^4) / \lambda \cdot \alpha \cdot t_e$$

Bu ifadede:

S: Kaynak kabiliyeti faktörü

α : Malzemenin elektrik iletkenliği

λ : Malzemenin ısı iletkenliği

t_e : Malzemenin ergime noktası (°C)'dir.

Yukarıda verilen denklem ile elde edilen ifadeler şu şekilde ifade edilir (Akkuş 2006).

Çizelge 3.3. Kaynak kabiliyeti değerlendirme kriterleri (Akkuş 2006)

Kaynak Kabiliyeti Faktörü	Kaynak Kabiliyeti Durumu
0,25'den küçük	Kötü
0,25 – 0,75	Yeterli
0,75 – 2,00	İyi
2,00'den büyük	Çok iyi

Çizelge 3.4. Bazı malzemelerin kaynak kabiliyeti durumu (Akkuş 2006)

Malzeme	Elektrik iletkenliği (m/Ωmm ²)	Isıl iletkenliği (cal/cms ² °C)	Erime noktası t _e (°C)	Kaynak kabiliyeti faktörü	Kaynak kabiliyeti durumu
Karbonlu çelik	6,0	0,12	1490	9,3	Çok iyi
Ferritik paslanmaz çelik	5,7	0,07	1450	17,2	Çok iyi
Ostenitik paslanmaz çelik	3,5	0,05	1420	40,2	Çok iyi
Çinko	17,0	0,25	906	2,6	Çok iyi

3.6.1. Paslanmaz çelikler

Paslanmaz çelikler, imalat sektöründe yüksek korozyon direnci sebebi ile tercih edilirler. Alaşım elementleri olarak büyük miktarda krom veya krom ve nikel içerirler. Paslanmaz çelikler martenzitik, ferritik ve ostenitik olmak üzere üç gruba ayrılır (Anonim 2007). Bu çalışmada ise AISI 304 adıyla bilinen ostenitik paslanmaz çelik malzeme kullanılmıştır.

Ostenitik paslanmaz çelikler farklı kullanım alanlarına göre özelleştirilmiştir. En çok kullanılan ostenitik paslanmaz çelikler ise %18 krom (Cr), %8 nikel (Ni) ve %0,10 karbon (C) içerirler. Kararsızlaştırılmış ostenitik çelikler, 427 °C ila 871 °C (800 °F ila 1600 °F) arasında önemli bir süre ısıtıldığında karbür çökmesine duyarlıdır, ancak kısa kaynak sürelerinde zararlı karbür çökmesi olmaksızın direnç kaynağı yapılabilir (Anonim 2007).

Bu alaşımların elektrik direnci düşük karbonlu çeliklere göre yaklaşık yedi kattan fazla olması sebebiyle daha az elektrik akımı değeri yeterlidir. Yüksek sıcaklıklarda bu alaşımların yüksek mukavemeti nedeniyle nispeten yüksek elektrot kuvveti gereklidir.

Kaynak kalitesi kaynak akımının ve basıncının büyüklüğüne, kaynak zamanına ve elektrodun şekline bağlıdır (Anonim 2007).

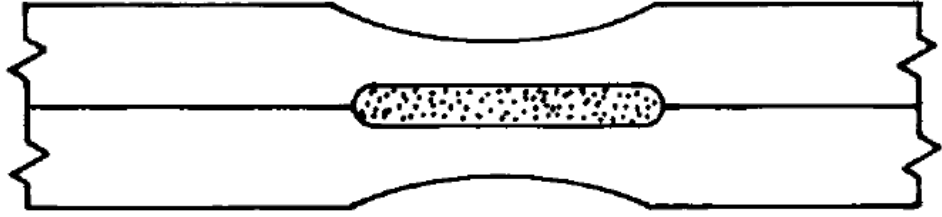
Ostenitik paslanmaz çelik alaşımlarının başarılı bir nokta kaynağı için sekiz temel gereksinim şu şekildedir:

- 1) Kaynak akım değeri her kaynak çevriminde eşit olarak sürdürülmelidir. Akım değerindeki dalgalanmalar tolere edilemezler. Kaynak akım formunun sinüsoidalına yakın olması gereklidir. Ayrıca voltaj değişiklikleri %5'ten fazla olmamalıdır. Bu sebeple stabil bir trafo kullanılmalıdır.
- 2) Kaynak akım süresi sabit tutulmalıdır. Kaynak akımının ayarlanmasında hassasiyet 1/ 4 periyottan daha hassas ayarlanamıyorsa, bu makinede 5 periyottan daha kısa periyotlarda kaynak yapılmamalıdır.
- 3) Elektrot baskı kuvveti üniform olmalıdır. Kuvvetteki farklılıklar değişen temas alanı sebebiyle akım yoğunluğuna ve kaynak direncine etki etmektedir.
- 4) Kaynak yapılan yüzey bütünüyle temizlenmeli ve oksit, kir ve yağlardan arındırılmalıdır.
- 5) Kaynak bağlantısında iyi sonuçlar elde edebilmek için ostenitik paslanmaz çeliğe göre daha yumuşak malzemelere uygulanan elektrot kuvvetinin iki- üç katı büyüklüğünde baskı uygulanmalıdır.
- 6) RWMA (Resistance Welder Manufacturer's Association) Grup A, Sınıf 3 bakır alaşımı elektrotlar başta olmak üzere Grup A, Sınıf 2 ve Grup B Sınıf 2 kaynak elektrotları tercih edilmelidir. Su soğutmalı ve kaynak bölgesinin etkin bir biçimde soğumasını sağlayacak elektrotlar kullanılmalıdır.
- 7) Uygun elektrot kuvveti her zaman korunmalıdır. Yetersiz elektrot basıncı çekirdek içinde gaz boşluklarına ve aşırı yüzey ergimelerine sebep olabilir.
- 8) Ostenitik paslanmaz çeliklerin yüksek elektrot direnci sebebiyle, üçten fazla metal eş zamanlı olarak kaynak yapılırken nokta aralıklarının da yakın olması sebebiyle kısa devreler oluşabilir. Bu durumu düzeltmek için kaynak akımı artırılmalıdır (Anonim 1982).

3.7. Kaynak İzi ve Tespit Yöntemi

Direnç kaynağı yönteminde kaynak izi, işlem sırasında sıcaklığın ve baskı kuvvetinin etkisiyle iş parçasının yüzeyinde meydana gelen çökmelere verilen adlandırma olup kaynak işlemi sonrası istenmeyen bir etkidir (Anonim 2007). Bu işlem sırasında iş parçası elektrotlar tarafından sıkıldığında sac kalınlığının % 10 veya % 20'sine kadar azaldığı belirtilmiştir (Anonim 2017d).

İş parçasına kaynak akımı uygulandığında, parça bölgesel olarak direncin etkisiyle ısıtılır ve ısının etkisiyle de her yönde genişleme eğilimi gösterir. Elektrotlar tarafından uygulanan basınç nedeniyle levhaların düzlemine çarpılma kısıtlanır. Kaynaklı bölgenin soğuması esnasında ise büzülme neredeyse tamamıyla enlemesine yönde gerçekleşir ve Şekil 3.24'te gösterildiği gibi elektrotların denk geldiği yerlerde içbükey yüzeyler veya işaretler oluşturur (Anonim 2007).



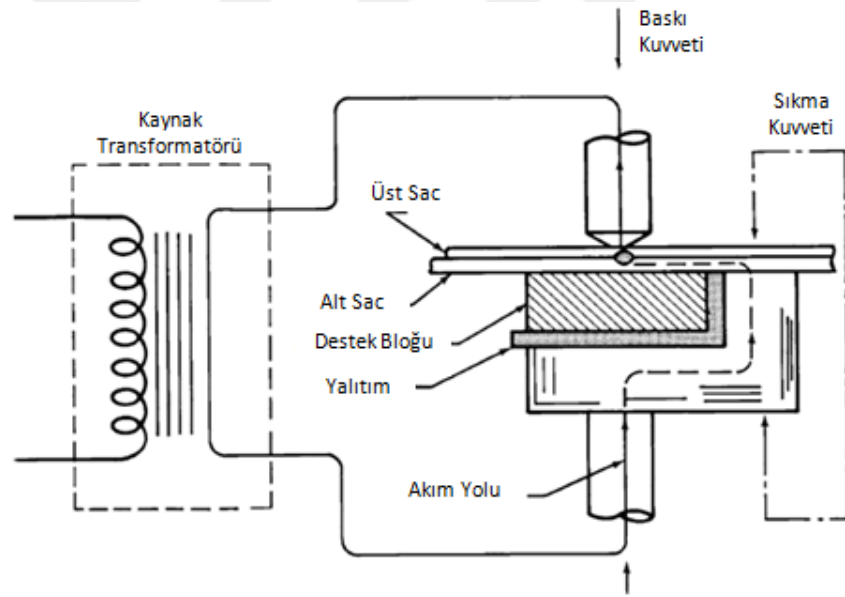
Şekil 3.23. Elektrot baskı kuvveti sebebiyle sac malzeme kalınlığında meydana gelen azalmalar (Anonim 2007).

Kaynak işlemi sonrasında boyama gibi bazı işlemlerden sonra izler çok belirgin olabilir. Bu izlerin tamamen ortadan kaldırılması zordur ancak kaynak yönteminde bazı değişiklikler yaparak azaltılabilir (Anonim 2007). Bununla birlikte boya gereksiniminin olmadığı paslanmaz metallere ise bu girintilerin dışında ısının etkisiyle oluşan renk değişimleri de dikkate alınmaktadır.

Direnç kaynağında izleri en aza indirmek için çeşitli yöntemler kullanılabilir. Bunlardan en yaygın üretilen ürünün görünecek yüzeyinde kaynak işlemi yapılırken düz yüzü bir elektrotun kullanılmasıdır. Bu durumda akım düz yüzü elektrota göre daha dar olan elektrot yüzeyinden önce iş parçasına sonra da düz yüzü elektrota doğru ilerleyerek

ısının oluşmasına elektrotların uyguladığı baskı kuvvetinin de etkisiyle kaynak işleminin tamamlanmasını sağlar. Burada düz yüzlü elektrot kullanılarak akımın dar bir yüzey alanından daha geniş bir yüzey alanına doğru hareket etmesi ile direnç azaltılırken, daha iyi bir soğutma sağlanmış olur. Elektrot aşınmasının azaltılması için bu yöntemde kullanılacak olan elektrot sert bir bakır alaşımından üretilmiş olmalıdır. Direnç kaynağı işleminde kullanılan elektrotun yüzey aşınmasının takip edilerek bakım işlemlerinin sıklıkla yapılması önemlidir.

Bir başka teknik, Şekil 3.25'te gösterildiği gibi bir kaynak düzeneği kullanmaktır. Bu yöntemde bir destek bloğu ve yalıtım malzemesi kullanılarak kaynak izlerini azaltmak amaçlanmıştır. Kaynak izlerini en aza indirmeye çalışmak, daha yüksek bakım masraflarına sebep olmaktadır. Kabul edilebilir çekirdek boyutu ile görünüş arasında denge sağlanması önemlidir (Anonim 2007).



Şekil 3.24. İzsiz direnç nokta kaynağı amacı ile kurulmuş örnek düzenek (Anonim 2007)

Elektrotların yanlış hizalanması, yük altındaki destekleyici makine parçasının sapsması veya kayması da istenmeyen yüzey işaretlerine neden olabilir. Doğru bağlantı tasarımı, elektrotlar ve ekipmanların kullanımı ile bölgesel aşırı ısınma ve elektrot sapsması bir sorun teşkil etmeyecektir (Anonim 2007).

Özetle, kaynak izini en aza indirgemenin başlıca yöntemleri şunlardır;

- Elektrot temas yüzeylerinin ve iş parçasının iyi hizalanması.
- Görünecek yüz tarafındaki elektrotun düz ve pürüzsüz yüzeyi.
- İyi soğutma (Anonim 2017d).

3.8. Renk Ölçümleri

Renk, elektromanyetik spektrumun çeşitli dalga boylarının emilimi ve yansınmasıyla gözümüzde oluşturduğu algılamalara verilen addır. Rengin algılanması çevresel ve kişiye bağlı faktörler olmak üzere ikiye ayrılır. Ortamın ışık şartları ve zeminin etkisi çevresel faktörlerdir. Kişinin renk algılama kabiliyeti, renk körlüğü, sağ ve sol göz arasındaki farklılıklar, göz yorgunluğu ve psikolojik etkenler ise kişiye bağlı faktörler olarak sıralanabilir. Bununla birlikte her gözlemcinin öznel değerlendirmesi vardır ve kendi deneyimine ve renk referanslarına dayanarak rengi farklı yorumlar. Rengin algılanması için ışık, nesne ve gözlemci arasında üç element arasında bir etkileşim olmasına ihtiyaç vardır (Turgut ve Bağış 2012).

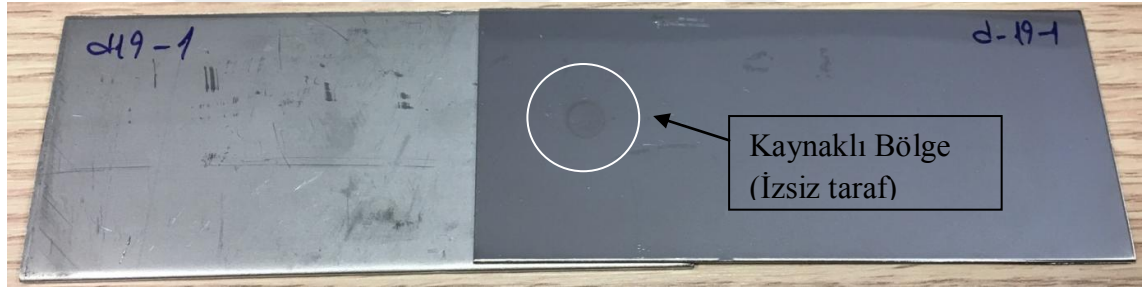
Rengin algılanması kadar diğer kişilere aktarılmasında da pek çok sorunlar yaşanabilmektedir. Rengin sayısal ifadelerle tanımlanması bu sorunun ortadan kaldırılmasını ve renk için standart değerlerin belirlenmesini sağlamıştır. Bu işlemler için geliştirilen renk sistemleri arasında Munsell ve CIE L*a*b* (Commission Internationale de l'Eclairage L*a*b*) en çok kullanılan sistemlerdir. Günümüzde bilgisayar sistemleri ile sayısal görüntülerin işlenmesi, insan gözü tarafından algılanan renk ile benzer mekanizmayı temel alan üç boyutlu renk modelleri, RGB (Red-Green-Blue) gibi renk ölçekleri de renklerin sayısal ifadelerle belirtilmesinde kullanılmaktadır (Turgut ve Bağış 2012).

Görüntünün elde edilmesini sağlayan en küçük birime piksel denir ve pikseller birleşerek görüntüyü oluşturmaktadır. Bir pikselin rengi, RGB renk ölçeklerinin girdileri olan kırmızı, yeşil ve mavi renklerin değerleri ile ortaya çıkar. Bu değerler 0 ile 255 arasındadır. Eğer bir pikselin rengini belirleyen kırmızı, yeşil ve mavi renk değerleri birbirine eşit olursa gri renk elde edilmektedir (Horozoğlu 2013).

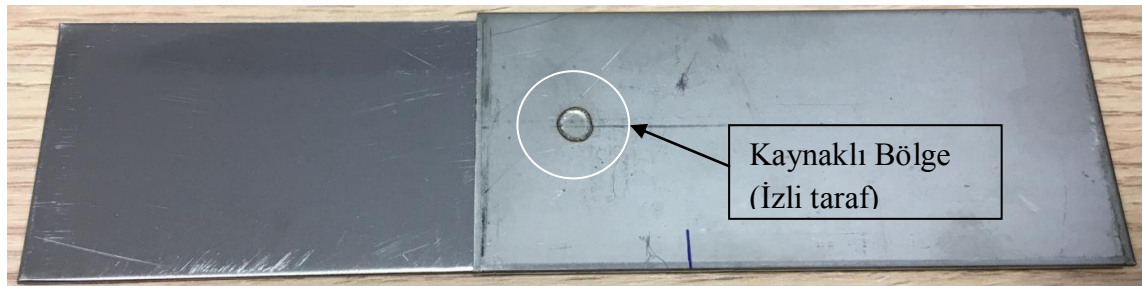
Bir görüntünün gri seviyeye dönüştürülmesi için en çok kullanılan yöntemlerden ilki renk ölçümü sonucunda elde edilen kırmızı, yeşil ve mavi değerlerinin aritmetik ortalamasının alınmasıdır. İkinci yöntemde ise ölçülen kırmızı, yeşil ve mavi değerlerinin, kırmızı renk değeri için 0,299, yeşil renk değeri için 0,587 ve mavi renk değeri için 0,114 katsayıları ile çarpılarak toplanması sonucu $(0,299R+0,587G+0,114B)$ elde edilen değerdir (Horozoğlu 2013).

3.9. Yöntem

Bu çalışmada direnç nokta kaynağı yöntemiyle AISI 304 ostenitik paslanmaz çelik malzemeden elde edilen deney numunelerinin kaynak işlemi yapılmıştır (Şekil 3.25 ve Şekil 3.26). İşlem sonunda numunelere çekme- makaslama testi uygulanmıştır. Bunun yanında kaynaklı bölgenin renk ölçümleri yapılarak kaynak izi analizleri yapılmıştır.



Şekil 3.25. Direnç nokta kaynağı ile birleştirilmiş örnek numune (izsiz yüzey tarafı)



Şekil 3.26. Direnç nokta kaynağı ile birleştirilmiş örnek numune (ize izin verilen yüzey tarafı)

Ön deney çalışması ile elde edilen numuneler değerlendirildikten sonra, uygun değerler referans alınarak deney çalışması için parametre aralıkları belirlenmiştir. Son aşamada

ise deney çalışması sonuçlarının güvenilirliğinin saptanması için doğrulama deneyleri gerçekleştirilmiştir.

3.9.1. Deney Düzenine Hazırlanması

Direnç nokta kaynağı parametrelerinin araştırılmasında belirli kademelerle değiştirilmesi planlanan parametre değerleri sırasıyla kaynak yapılarak tamamlanmaktadır. Burada direnç kaynağı makinesinde ayarlanabilen değişkenler belli olup, kaynak akım değeri, elektrot kuvveti ve kaynak süreleri makineden ayarlanarak uygulanmaktadır. Bunun yanında bazı makine ekipmanlarının değiştirilmesi ile kaynak işlemine etki edilebilir, fakat bu ekipmanların değiştirilmesi seri imalata uygun olmamasının yanında kaynak prosesinin de değişmesine neden olabilir.



Şekil 3.27. Direnç nokta kaynağı uygulama hazırlıkları

Deney çalışmasında AISI 304 paslanmaz çelik malzemeden elde edilmiş 1 mm ve 2 mm kalınlığında sac deney numuneleri direnç nokta kaynağı yöntemi ile birleştirilmiştir (Şekil 3.27). Uygulamada; kaynak akımı, kaynak periyodu ve elektrot kuvveti olmak üzere üç parametre değerinden bir değer değiştirilirken diğer iki değer sabit tutulmuştur. Örneğin, kaynak akım değeri yükseltirken kaynak süresi ve baskı kuvveti değerleri

sabit halde uygulama yapılmıştır. Aynı yöntemle kaynak süresi sabit ve baskı kuvveti sabit değerlerde tutularak uygulamalar tamamlanmıştır.

3.9.2. Deney Numuneleri ve Özellikleri

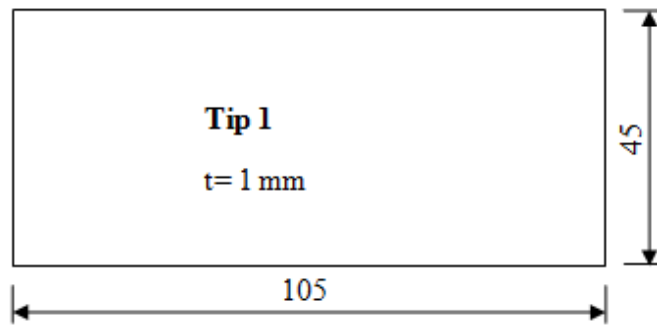
Deney numune malzemesi olarak AISI 304 ostenitik paslanmaz çelik kullanılmıştır. Çizelge 3.5’de kullanılan malzemenin kimyasal bileşimi verilmektedir. Bu veriler sac plakaların temin edildiği firmadan alınmıştır.

Çizelge 3.5. AISI 304 kimyasal kompozisyonu (%)

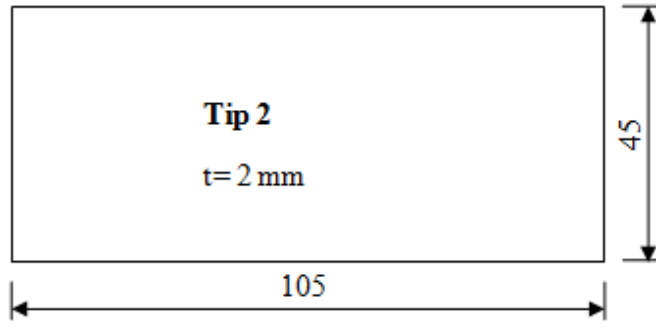
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Mo	N	Fe
0,054	0,39	1,05	0,031	0,004	18,17	8,07	≈ 0	≈ 0	0,038	72,193

3.9.3. Deney Numunesi Boyutları

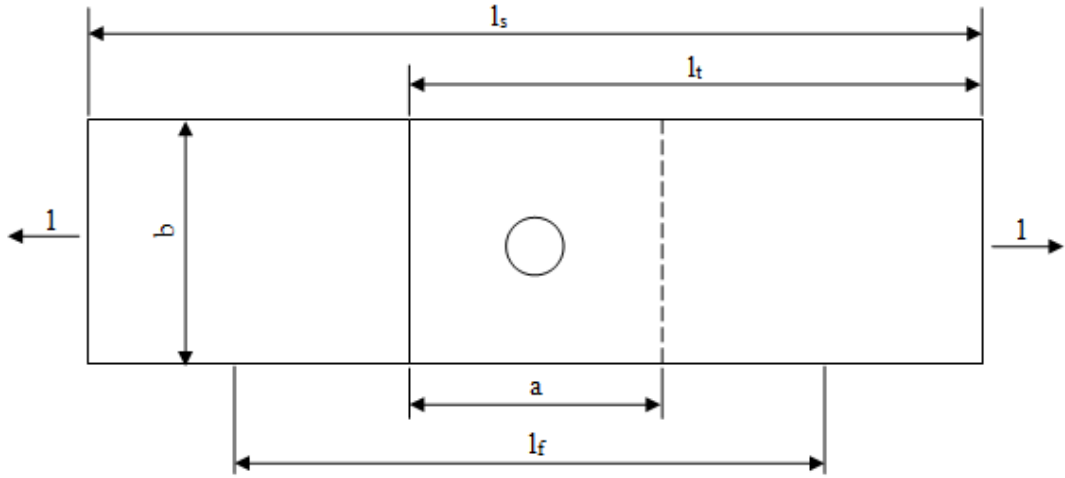
Deneylerde kullanılan saclar levhalardan abkant pres ile kesilerek elde edilmiştir (Şekil 3.28, Şekil 3.29) Deney parçası boyutları “EN ISO 14273” numaralı “Nokta, dikiş ve projeksiyon kaynaklarının kesme deneyi için numune boyutları ve yöntem” adlı standardın ilgili bölümünden alınmış olup ölçüler Çizelge 3.6’da verildiği gibidir (Şekil 3.30).



Şekil 3.28. Deney numunesi sac malzeme Tip 1 ölçüleri (mm)



Şekil 3.29. Deney numunesi sac malzeme Tip 2 ölçüleri (mm)



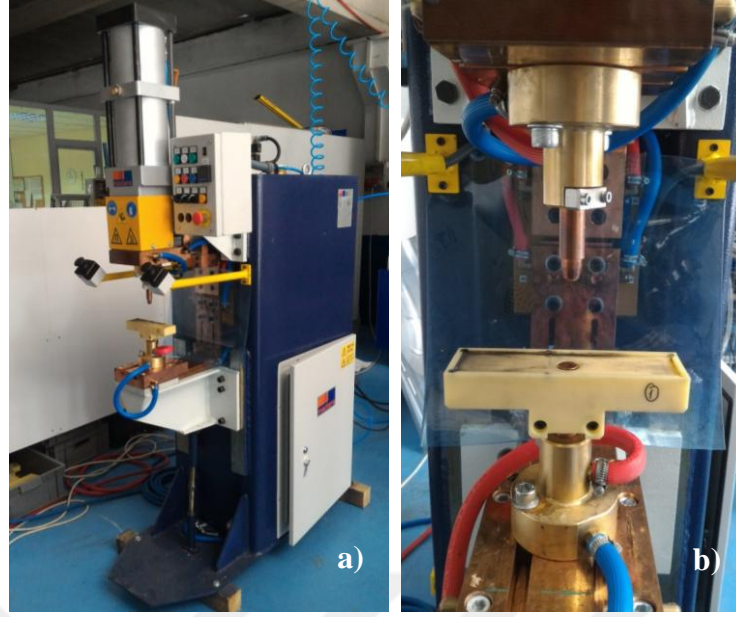
Şekil 3.30. Deney numuneleri birleştirme ölçüleri

Çizelge 3.6. TS EN ISO 14273 standardına göre deney numuneleri ölçüleri

Bindirme ölçüsü (a)	35 mm
Numune uzunluğu (l_s)	175 mm
Çeneler arasındaki serbest mesafe (l_f)	95 mm
Parça genişliği (b) (mm)	45 mm
Parça uzunluğu (l_t) (mm)	105 mm
Test çekme yönü	1 yönünde

3.9.4. Deneylerde Kullanılan Kaynak Makinesi ve Ekipmanları

Deney parçalarının kaynaklı birleştirilmesinde Çizelge 3.6'da özellikleri verilen sabit direnç nokta ve projeksiyon kaynak makinesi kullanılmıştır. Kaynak parametre değerleri, kaynak makinesi kontrol ünitesine kumanda yardımıyla girilerek ayarlanmıştır (Şekil 3.31).

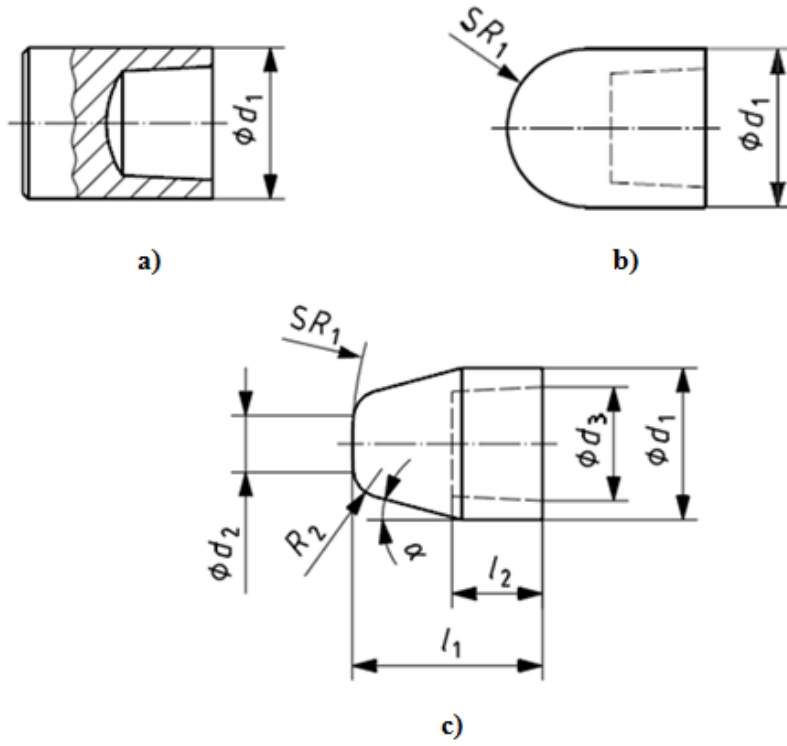


Şekil 3.31. Kaynak makinesi görselleri (Firma: Mactera)- a) Makine genel görünümü, b) uygulamada kullanılan kalıp

Çizelge 3.7. Kaynak makinesi özellikleri (Firma: Mactera)

Anma Gücü (% 50)	250 kVA
Çalışma Basıncı	6 bar
Besleme Gerilimi	380 V
Kumanda Gerilimi	24 V
Soğutma Suyu Debisi	20 lt/dak
Kuvvet Oluş. Ekipmanı	Ø 160 mm pnömatik silindir

Kaynaklı birleştirmelerde “ISO 5821:2009 Direnç Kaynağı- Nokta Kaynağı Elektrot Başlıkları” adlı standarda uygun olarak üretilmiş elektrotlar kullanılarak yapılmıştır. İlk olarak ön deneylerde üç farklı elektrot başlığı kombinasyonu kullanılmıştır (Şekil 4.8). Bunlar Tip G0- Tip G0, Tip G0- Tip C0 ve Tip G0- Tip F0 şeklindedir. Ön deney sonuçları değerlendirildiğinde, ızsız olması istenilen iş parçasına Tip C0 elektrot başlığı, diğer iş parçası tarafında ise Tip G0 elektrot başlığı kullanılarak kaynak işlemleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.32). Uygulamalarda kullanılan elektrot başlıklarının ölçüleri Çizelge 3.8’de verilmiştir (ISO 5821 2009).



Şekil 3.32. Deneylerde kullanılan elektrot kepleri a) Tip C0, b) Tip F0, c) Tip G0 (ISO 5821 2009)

Çizelge 3.8. Deneylerde kullanılan elektrot keplerinin ölçüleri (ISO 5821 2009)

Tip	d ₁	d ₂	d ₃	l ₁	l ₂	l ₃	e	R1	R2	α (°)
C0	16	-	12	20	10,5	-	-	-	-	-
F0	16	-	12	20	10,5	-	-	8	-	-
G0	16	6	12	20	10,5	12	-	40	6	15

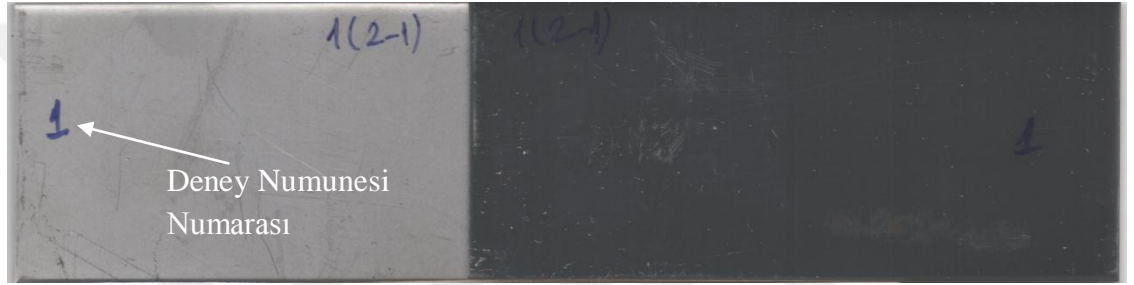
Ölçüler mm birimindedir.

3.9.5. Kaynaklı Numunelerin Taranması ve Renk Ölçümleri

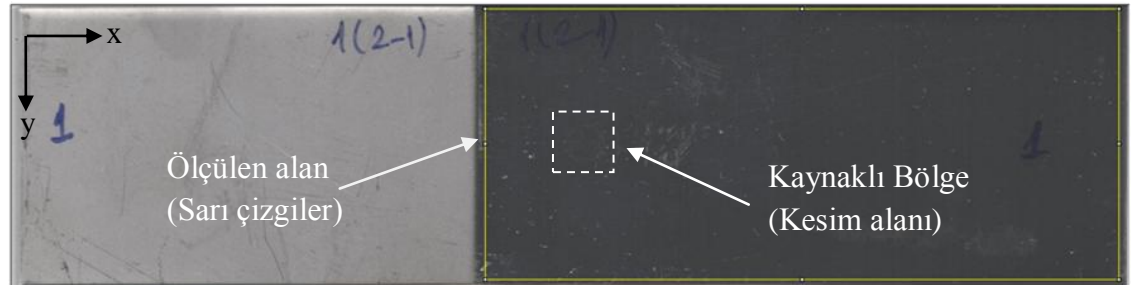
Direnç nokta kaynağı ile birleştirilen iş parçaları renk ölçümlerinin yapılabilmesi için dijital tarayıcı ile taratılmıştır. Tarama işlemlerinde Epson marka L550 model yazının tarayıcı özelliği kullanılarak her bir kaynaklı numune 1200 dpi çözünürlükle jpeg fotoğraf formatıyla taratılmıştır (Şekil 3.33).

Tarama dosyaları “Gimp 2” adlı resim işleme yazılımında kesilerek boyutlandırıldıktan sonra “Image J” adlı resim değerlendirmelerinde tercih edilen yazılım kullanılarak kaynaklı bölgelerin RGB ölçümleri yapılmıştır. Görüntülerin kesilerek

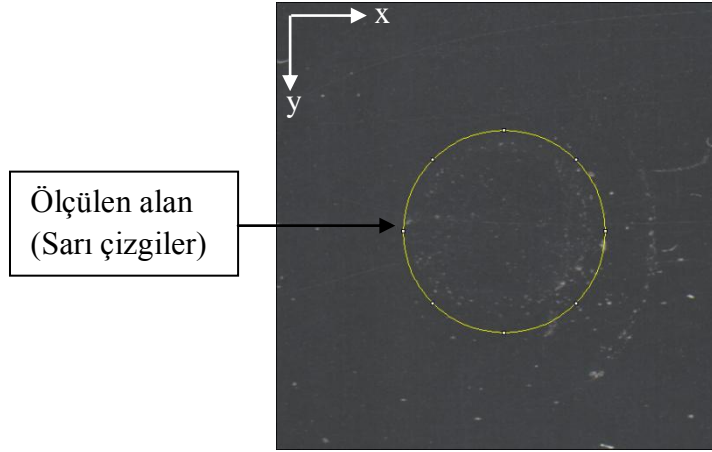
boyutlandırılmasındaki amaç kaynaklı bölgedeki renk değişikliği ölçümleri esnasında işlemleri kolaylaştırmasıdır. Orijinal boyutlardaki görüntü, kaynak izinin olması istenmeyen tarafın tüm alanının renk ölçümü için kullanılırken, kesilmiş görüntü ise kaynaklı bölgenin renk ölçümü için kullanılmıştır. “Image J” görüntü işleme programında renk analizleri yapılarak objektif veriler elde edilmiştir (Şekil 3.33 ve Şekil 3.34). Kaynaklı bölge ölçümünde 340 piksel çapındaki daire içinde kalan alan ölçülürken, dikdörtgen şekil kullanılarak numunenin izsiz olması istenen yüzünün tamamı ölçülmüştür (Şekil 3.35). Renk ölçümüne ait işlem sırası aşağıda şekillerle birlikte verilmektedir.



Şekil 3.33. Örnek taranmış deney numunesi



Şekil 3.34. Örnek taranmış numune, kaynaklı bölge kesim alanı ve ölçüm çizgileri



Şekil 3.35. Örnek taranmış numune, kesilen bölge ölçüm alanı

Ölçüm işlemlerinden sonra veriler kaydedilerek ölçüm çizelgeleri oluşturulmuştur (Çizelge 3.9). Bu çizelgede kaynaklı iş parçasının kodu ve kaynak parametrelerinin yanında ölçülen fotoğraf özellikleri ve elde edilen sonuçlar verilmiştir.

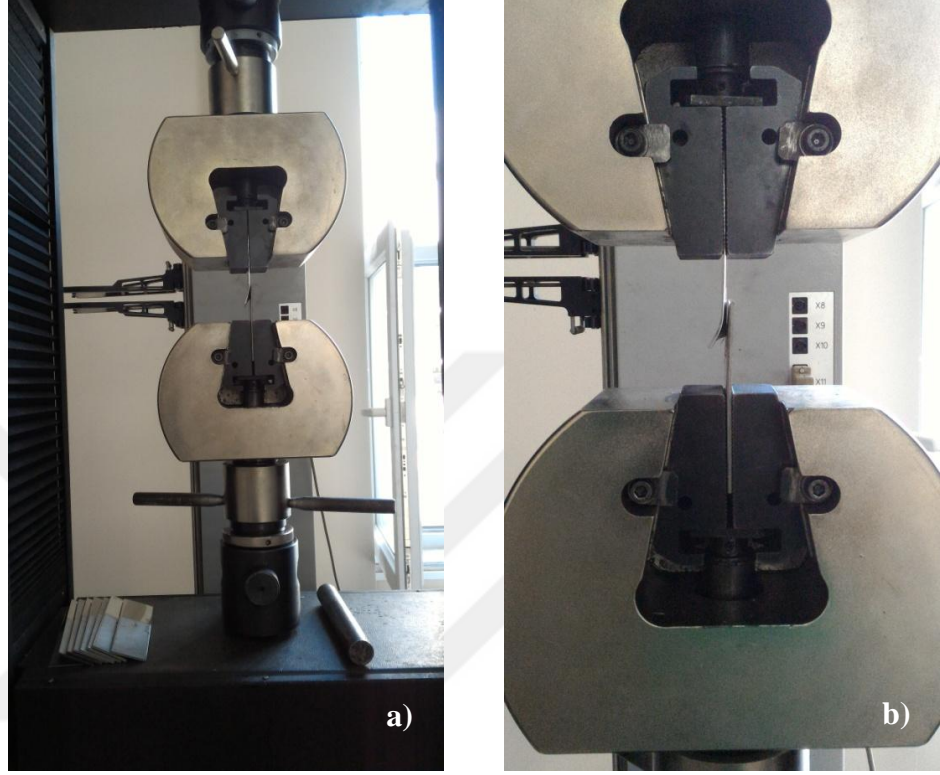
Çizelge 3.9. Örnek ölçüm çizelgesi

Numune		Kaynak Parametreleri			
1		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		9 kA	2 periyot	400 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3590 px
				y	30 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3965 px	750x750 px	340 x340 px	x	212 px
y	665 px			y	214 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		66,096	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		68,819	

3.9.6. Kaynaklı Numunelerin Çekme- Makaslama Testi

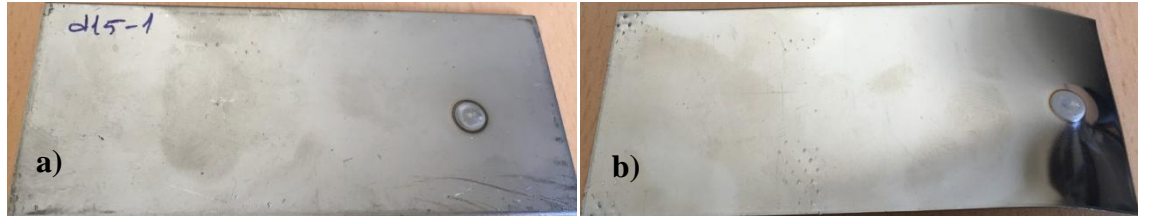
Kaynaklı numunelerin taratılmasından sonra bir diğer adım bu parçaların kopma kuvvetinin ölçülmesidir. Çekme- makaslama testleri Uludağ Üniversitesi Mühendislik

Fakültesi Malzeme Laboratuvarı'nda bulunan 25 ton kapasiteli UTest marka test cihazıyla yapılmıştır (Şekil 3.36). Ölçümlerde sadece kopma kuvvet değeri kaydedilmiştir.

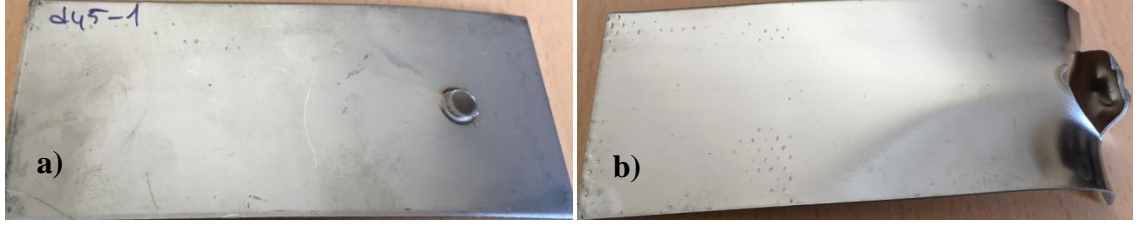


Şekil 3.36. Çekme- makaslama testi uygulama örnekleri

Çekme- makaslama testi ile parçalar koparıldıktan sonra farklı hata tipleri görülmektedir. Bunlardan ilki ara yüzey ayrılması olarak adlandırılan ve çekme sonucunda kaynak çekirdeğinin sac yüzeylerinden kopmasıdır (Şekil 3.37). Bir diğeri ise kaynak çekirdeğinin saclardan birinde kaldığı kopma şeklidir (Şekil 3.38).



Şekil 3.37. Ara yüzey ayrılması tipinde kopan örnek deney numunesi a) ize izin verilen sac tarafı b) izsiz olması istenilen taraf



Şekil 3.38. Çekirdek çıkması tipinde kopan örnek deney numunesi a) ize izin verilen sac tarafı b) izsiz olması istenilen taraf

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Deney numuneleri elde edildikten sonra birleştirilmiş saclar ilk olarak renk değerlendirmelerinin yapılabilmesi için dijital tarayıcıda taranmıştır. Ardından numuneler çekme- makaslama test cihazında kopma kuvvetinin bulunması için test edilmiştir. Elde edilen tarama görüntüleri, görüntü işleme programları kullanılarak kaynaklı bölgenin ve izsiz olması istenen yüzeyin tamamının renk değerleri ölçülerek sayısal ifadelerle tespit edilmiştir. Renk değerleri ve kuvvet verilerinin yanında koparma işlemi sonucunda kaynak çekirdek çapları da ölçülmüştür. İşlemler sonucunda tüm veriler değerlendirilerek direnç nokta kaynağı ile birleştirilmiş sac malzemenin ısı tesiri altında kalan bölgesi için yüzey kalitesinin ve mukavemetinin değerlendirilmesi yapılmıştır.

4.1. Ön Deneyler ve Sonuçları

Ana deney çalışmalarına başlamadan önce parametre aralıklarını belirlemek için ön deneyler yapılmıştır. Deneyler Ön Deney- Tip 1, Ön Deney- Tip 2 ve Ön Deney- Tip 3 adları ile gerçekleştirilmiş olup aşağıdaki tablolarda deney ayrıntıları verilmiştir. Ön deneylerde kaynak akımı ve kaynak zamanı değiştirilmiş olup elektrot baskı kuvveti sabit uygulanmış olup, doğru elektrot başlığı seçimi için 3 farklı başlık denenmiştir.

Çizelge 4.1. Ön deney- Tip 1 kaynak parametreleri

Deney		Ön Deney- Tip 1	
Deney Malzemesi		AISI 304 Paslanmaz Çelik	
Sac Kalınlıkları		1 mm (İz istenmeyen yüz)	
		2 mm (İze müsaade edilen yüz)	
Elektrot Başlıkları		G0- 16 mm (İz istenmeyen yüz)	
		G0- 16 mm (İze müsaade edilen yüz)	
Numune	Kaynak Parametre Değerleri		
	Akım (kA)	Zaman (periyot)	Kuvvet (daN)
1	10	3	500
2	10	4	500
3	10	5	500
4	9	3	500
5	9	4	500
6	9	5	500

Çizelge 4.1. Ön deney- Tip 1 kaynak parametreleri (devam)

Numune	Kaynak Parametre Değerleri		
	Akım (kA)	Zaman (periyot)	Kuvvet (daN)
7	8	3	500
8	8	4	500
9	8	5	500

Ön Deney- Tip 1 adlı deneyde her iki sac malzemede G0 tipi elektrot başlığı kullanılmış olup kaynak akımı, kaynak zamanı ve baskı kuvveti Çizelge 4.1'deki gibi seçilmiştir.

Çizelge 4.2. Ön deney- Tip 2 kaynak parametreleri

Deney		Ön Deney- Tip 2	
Deney Malzemesi		AISI 304 Paslanmaz Çelik	
Sac Kalınlıkları		1 mm (İz istenmeyen yüz)	
		2 mm (İze müsaade edilen yüz)	
Elektrot Başlıkları		F0- 16 mm (İz istenmeyen yüz)	
		G0- 16 mm (İze müsaade edilen yüz)	
Numune	Kaynak Parametre Değerleri		
	Akım (kA)	Zaman (periyot)	Kuvvet (daN)
1	10	3	500
2	10	4	500
3	10	5	500
4	9	3	500
5	9	4	500
6	9	5	500
7	8	3	500
8	8	4	500
9	8	5	500

Ön Deney- Tip 2 adlı deneyde ize izin verilen kalın sac malzeme tarafında G0 tipi elektrot başlığı kullanılırken, iz oluşumunun istenmediği ince sac malzeme tarafında ise F0 tipi elektrot başlığı kullanılmış olup kaynak akımı, kaynak zamanı ve baskı kuvveti Çizelge 4.2'deki gibi seçilmiştir.

Ön Deney- Tip 3 adlı deneyde ize izin verilen kalın sac malzeme tarafında G0 tipi elektrot başlığı kullanılırken, iz oluşumunun istenmediği ince sac malzeme tarafında ise C0 tipi elektrot başlığı kullanılmış olup kaynak akımı, kaynak zamanı ve baskı kuvveti Çizelge 4.3'teki gibi seçilmiştir.

Çizelge 4.3. Ön deney- Tip 3 kaynak parametreleri

Deney		Ön Deney- Tip 3	
Deney Malzemesi		AISI 304 Paslanmaz Çelik	
Sac Kalınlıkları		1 mm (İz istenmeyen yüz)	
		2 mm (İze müsaade edilen yüz)	
Elektrot Başlıkları		C0- 16 mm (İz istenmeyen yüz)	
		G0- 16 mm (İze müsaade edilen yüz)	
Numune	Kaynak Parametre Değerleri		
	Akım (kA)	Zaman (periyot)	Kuvvet (daN)
1	10	3	500
2	10	4	500
3	10	5	500
4	9	3	500
5	9	4	500
6	9	5	500
7	8	3	500
8	8	4	500
9	8	5	500

Deneyle tamamladıktan sonra yapılan değerdendirmelerde, ana deneylede kullanılmak üzere, sac görünür yüzeyinde iz oluşumunun istenmediğı durumlar için en uygun elektrot başlık seçiminin C0- G0 kombinasyonu olduğı kanaatine varılmıştır. Bununla birlikte daha hızlı sonuçlar alabilmek için iş parçalarına soyma testi yapılmış olup, elde edilen sonuçlara göre kaynak akımı değerdlerinden 8 kA değeri çıkarılmıştır. Bu değerin yerine 11 kA kaynak akımı değeri akımı belirlenmiştir. Kaynak zamanı parametrelerinde kullanılan değerdlere ek olarak 2 ve 6 periyot değerdleri belirlenerek 2-6 periyot aralığında 1'er periyot artırılarak kaynak işlemleri yapılmıştır. Son olarak baskı kuvveti değerdleri de 400 daN, 500 daN ve 600 daN şekline düzenlenerek ana deney parametre değerdleri oluşturulmuştur.

4.2. Ana Deneyleler ve Sonuçları

Ana deneylelerde ön deneylelerden elde edilmiş sonuçlar değerdlendirilerek parametreler belirlenmiştir. G0- C0 elektrot başlıkları kullanılarak ve parametre aralıkları genişletilerek toplamda 45 adet numune hazırlanmıştır. Çizelge 4.4'te kullanılan parametre değerdleri verilmiştir.

Çizelge 4.4. Ana deney kaynak parametreleri

Deney		Ana Deney		
Deney Malzemesi		AISI 304 Paslanmaz Çelik		
Sac Kalınlıkları		1 mm (İz istenmeyen yüz)		
		2 mm (İze müsaade edilen yüz)		
Elektrot Başlıkları		C0- 16 mm (İz istenmeyen yüz)		
		G0- 16 mm (İze müsaade edilen yüz)		
Sıkma Zamanı		20 periyot		
Tutma Zamanı		10 periyot		
Çekme Makaslama Testi- Çekme Hızı		10 mm/ dak		
Numune	Kaynak Parametre Değerleri			
	Akım (kA)	Zaman (periyot)	Kuvvet (daN)	
1	9	2	400	
2			500	
3			600	
4		3	400	
5			500	
6			600	
7		4	400	
8			500	
9			600	
10		10	5	400
11				500
12				600
13			6	400
14				500
15				600
16	11	2	400	
17			500	
18			600	
19		3	400	
20			500	
21			600	
22		4	400	
23			500	
24			600	
25	5	400		
26		500		
27		600		
28	6	400		
29		500		
30		600		
31	11	2	400	
32			500	
33			600	

Çizelge 4.4. Ana deney kaynak parametreleri (devam)

Numune	Kaynak Parametre Değerleri		
	Akım (kA)	Zaman (periyot)	Kuvvet (daN)
34	11	3	400
35			500
36			600
37		4	400
38			500
39			600
40		5	400
41			500
42			600
43		6	400
44			500
45			600

Ölçümler “Image J” programında yapılarak sayısal değerler elde edilmiştir. Bu işlem sonrasında kaynaklı bölge ile tüm yüzeyin renk benzerliği araştırılmıştır. Bununla birlikte ölçümler her bir kaynaklı iş parçası özelinde yapılarak, diğer iş parçalarını kapsamamaktadır. Benzerlik oranları denklem 4.1 kullanılarak, yüzdelik dilimde benzerlikler tespit edilmiştir.

$$\text{Benzerlik (\%)} = \frac{\text{Tüm yüzeyin ölçüm değeri}}{\text{Kaynaklı bölgenin ölçüm değeri}} \times 100 \quad (4.1)$$

Renk ölçümlerinden alınan veriler ile benzerlikler hesaplandıktan sonra, aralıklar belirlenerek renk ölçümlerinin yanında sübjektif değerlendirmelerin de yapılması gerekmektedir. Bu değerlendirmenin yapılabilmesi için bir kaynak uzmanının puanlamasına ihtiyaç duyulmuştur. Taranmış görüntüler uzman kaynakçıya gösterilerek 1 ile 5 puan aralığında değerlendirme yapılması istenmiştir. Burada 1 puan verilen kaynaklı numune estetik açıdan en iyi kaynaklı bölgeye verilirken, 5 puan ise estetik açıdan en kötü kaynaklı bölgeye verilmiştir. Sübjektif değerlendirme puan aralığında 1’den 5’e kadar 1’er puan artarak ilerleyen aralıkta, estetik açıdan en iyi kaynaklı bölgeden en kötüye doğru değerlendirme yapılmıştır. Bununla birlikte değerlendirme aralığında 71 adet numunenin puanlaması yapılmış olup, bu puanlama ana deneyler ve

doğrulama deneyleri ile sınırlandırılmıştır. Deney sonucunda ayrıca sübjektif ve objektif değerlendirmeler arasındaki farklar da ortaya koyulmuştur.

Yapılan renk ölçümleri ve hesaplamalar sonucunda elde edilen benzerlik oranları için tüm deney sonuçları ele alınarak bir değerlendirme aralığı belirlenmiştir. Çizelge 4.5'te benzerlik oranlarına göre numuneye 1 ve 5 aralığında verilecek puan aralıkları gösterilmiştir. Ölçüm değerleri, ölçüm koordinatları ve tarama görüntüleri EK 1'de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Benzerlik aralığı- puan ilişkisi

Benzerlik aralığı (%)	Puan
100 - 95 (%)	1
94,99 - 92 (%)	2
91,99 - 89 (%)	3
88,99 - 86 (%)	4
85,99 - ... (%)	5

Bunun yanında denklem 4.1'de belirtildiği üzere, tüm yüzeyin ölçümünün kaynaklı bölgenin ölçümüne bölünmesi ile elde edilen benzerlik oranı, bazı durumlarda tüm yüzey ölçümünün daha fazla olması sebebiyle 1'den büyük çıkmaktadır. 100 ile genişletilen oran, bu sebeple maksimum değerden fazla çıkabilmektedir. Böyle durumlarda elde edilen oranın 100'den fazla olduğu kısmın iki katı elde edilen sayıdan çıkarılarak değerlendirme Çizelge 4.5'te verilen puanlamaya göre yapılmıştır.

Çizelge 4.6. Ana deneyler uzman puanları ve ölçüm puanları

Numune	Uzman Puanı (1-5)	Tüm Yüzey Ölçüm Değeri	Kaynaklı Bölge Ölçüm Değeri	Benzerlik (%)	Ölçüm Puanı (1-5)
1	1	66,096	68,819	96,043	1
2	3	65,227	68,806	94,798	2
3	1	65,316	68,806	94,928	2
4	1	64,716	66,698	97,028	1
5	3	67,166	70,713	94,984	2
6	5	66,083	72,427	91,241	3
7	3	65,421	69,758	93,783	2
8	5	64,035	68,359	93,675	2
9	5	62,108	67,834	91,559	3

Çizelge 4.6. Ana deneyler uzman puanları ve ölçüm puanları (devam)

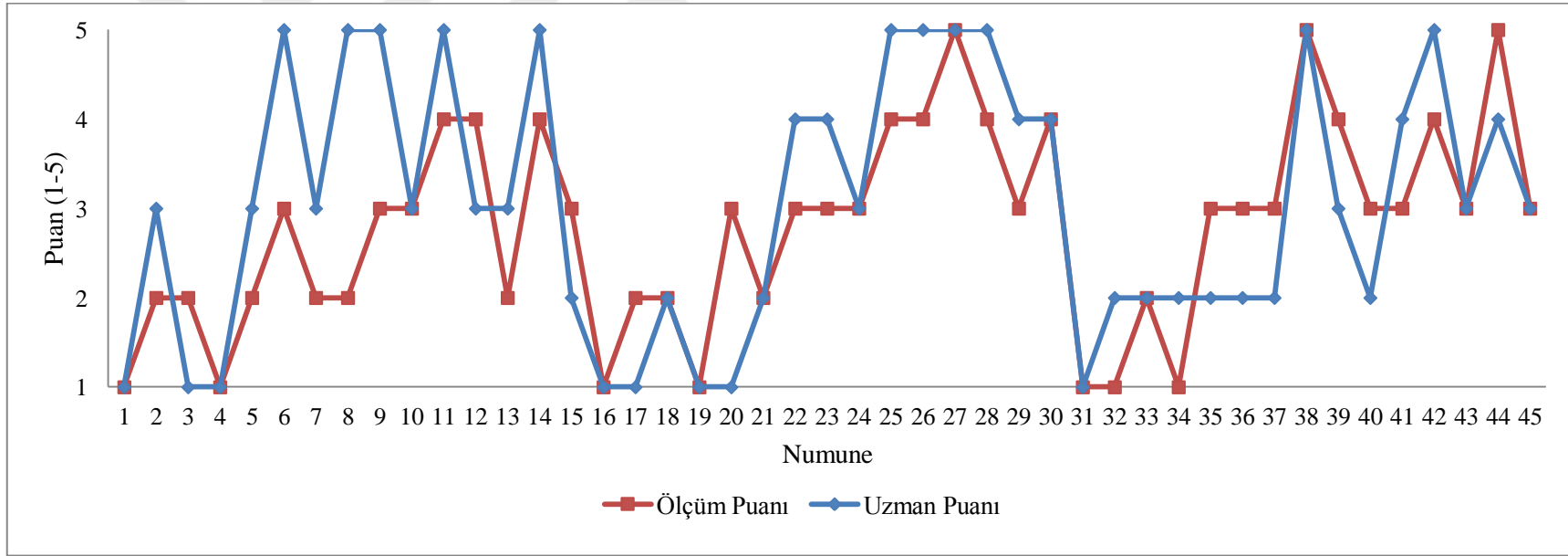
Numune	Uzman Puanı (1-5)	Tüm Yüzey Ölçüm Değeri	Kaynaklı Bölge Ölçüm Değeri	Benzerlik (%)	Ölçüm Puanı (1-5)
10	3	63,803	71,343	89,431	3
11	5	65,262	73,553	88,728	4
12	3	64,166	72,437	88,582	4
13	3	63,460	68,438	92,726	2
14	5	62,878	72,622	86,583	4
15	2	63,106	70,593	89,394	3
16	1	62,887	64,373	97,692	1
17	1	62,685	66,602	94,119	2
18	2	63,576	68,374	92,983	2
19	1	63,754	66,965	95,205	1
20	1	66,301	72,329	91,666	3
21	2	65,912	69,786	94,449	2
22	4	63,861	69,703	91,619	3
23	4	64,372	70,073	91,864	3
24	3	63,537	69,997	90,771	3
25	5	63,385	72,054	87,969	4
26	5	65,587	74,666	87,841	4
27	5	64,338	76,511	84,090	5
28	5	63,062	72,401	87,101	4
29	4	62,478	69,243	90,230	3
30	4	66,001	75,546	87,365	4
31	1	63,440	65,286	97,172	1
32	2	65,467	67,466	97,037	1
33	2	63,298	68,452	92,471	2
34	2	64,103	67,268	95,295	1
35	2	64,221	71,730	89,532	3
36	2	64,991	71,504	90,891	3
37	2	64,309	71,411	90,055	3
38	5	64,480	75,774	85,095	5
39	3	64,911	73,265	88,598	4
40	2	67,118	73,485	91,336	3
41	4	64,321	71,920	89,434	3
42	5	64,174	73,011	87,896	4
43	3	64,472	71,350	90,360	3
44	4	63,896	74,439	85,837	5
45	3	68,803	76,638	89,777	3

Renk ölçüm işlemleri ve puanlamalardan sonra bu puanlamalar bir grafik oluşturularak uzman puanları ve ölçüm puanları olarak verilmiştir. Şekil 4.1'e bakıldığında bazı numuneler dışında uzman puanı ile ölçüm puanı arasında genelde aynı veya puan

farkının bir puan olduğu gör÷lmektedir. Puan farkının bir puandan fazla olduğu durumlar 45 adet numuneden 4 tanesidir. Ölçüm puanı ile uzman puanı arasında puan farkının 1 (bir) olduğu numune sayısı 26 adet olup, uzman puanı ile ölçüm puanının aynı olduğu numune sayısı ise 15 adet numunedir.

Şekil 4.1’de verilen grafik incelendiğinde renk ölçümlerindeki dağılımlar incelendiğinde düşük kaynak zamanlarında ısı tesiri altında kalan bölgenin puanlamaları daha düşüktür. Yani estetik açılarından daha iyi sonuçlar kaynak zamanının daha düşük olduğu durumlarda elde edilmektedir. Kaynak zamanı azaldıkça birleştirme bölgesine daha az ısı girdisinin sonucu olarak bu gözlemlenebilir.





Şekil 4.1. Ana deney numuneleri ölçüm puanları ve uzman puanları

Renk ölçüm testlerinden sonra numuneler çekme makaslama testine tabi tutulmuştur. Çizelge 4.7’de yapılan testler sonucu elde edilen kopma kuvvetleri, çekirdek çapları değerleri ölçülerek, kesme gerilmesi değeri hesaplanarak verilmiştir. Ayrıca çekme makaslama testinde ara yüzey ayrılması hata tipinde kopan deney numuneleri çizelgede belirtilmiştir.

Çizelge 4.7. Ana deneyler çekme- makaslama testi sonuçları

Numune	Çekirdek Çapı (mm)	Kopma Kuvveti (kN)	Kesme Gerilmesi (MPa)
1	Ara yüzey ayrılması	3,6	-
2	Ara yüzey ayrılması	3,33	-
3	Ara yüzey ayrılması	3,03	-
4	Ara yüzey ayrılması	7,01	-
5	Ara yüzey ayrılması	5,3	-
6	Ara yüzey ayrılması	4,56	-
7	4,625	9,06	539,28
8	Ara yüzey ayrılması	8,44	-
9	Ara yüzey ayrılması	7,15	-
10	4,6	9,22	554,79
11	4,525	9,6	596,96
12	3,975	9,04	728,46
13	4,825	9,68	529,41
14	4,7	9,6	553,33
15	4,65	10,45	615,35
16	Ara yüzey ayrılması	5,75	-
17	Ara yüzey ayrılması	4,46	-
18	Ara yüzey ayrılması	9,76	-
19	4,375	9,76	649,24
20	Ara yüzey ayrılması	8,94	-
21	Ara yüzey ayrılması	7,05	-
22	5,675	10,06	397,72
23	5,1	9,68	473,85
24	Ara yüzey ayrılması	9,89	-
25	5,275	9,9	453,00
26	5,4	9,84	429,65
27	5,125	10,19	493,97
28	5,8	10,48	396,66
29	5,3	9,84	446,02
30	5,35	10,23	455,07
31	Ara yüzey ayrılması	8,02	-
32	Ara yüzey ayrılması	7,03	-
33	Ara yüzey ayrılması	5,58	-
34	5,525	10,1	421,28

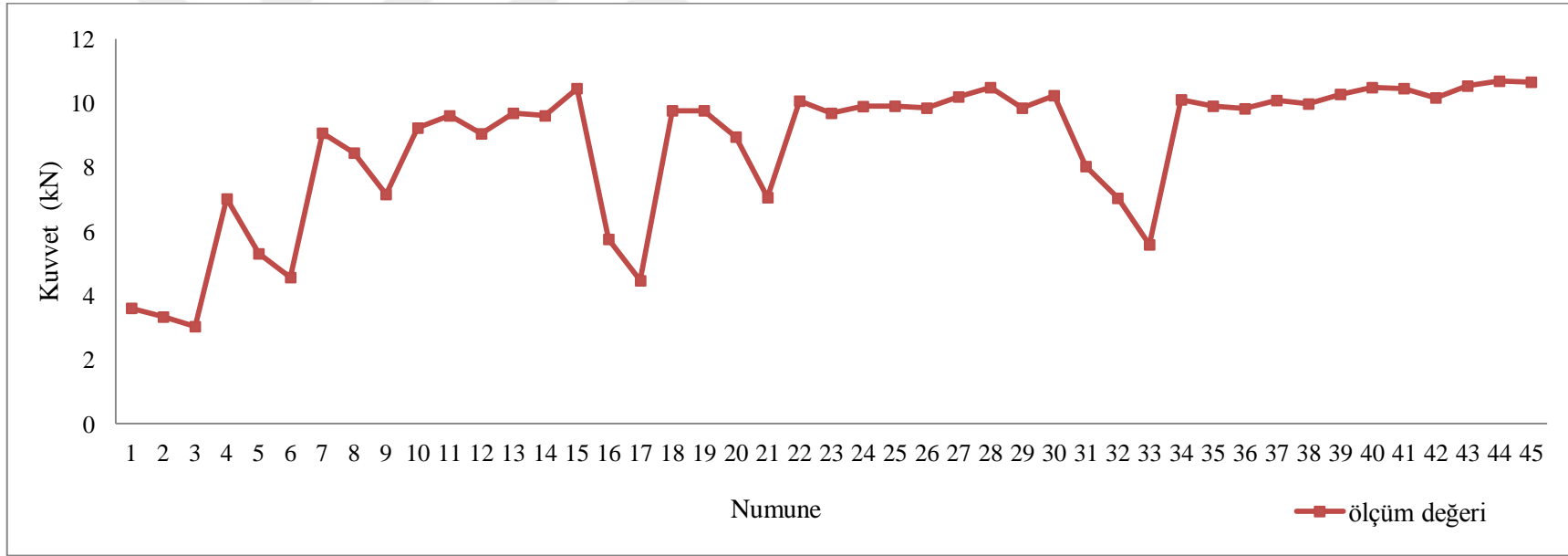
Çizelge 4.7. Ana deneyler çekme- makaslama testi sonuçları (devam)

Numune	Çekirdek Çapı (mm)	Kopma Kuvveti (kN)	Kesme Gerilmesi (MPa)
35	4,85	9,9	535,87
36	Ara yüzey ayrılması	9,82	-
37	5,45	10,08	432,09
38	5,55	9,97	412,12
39	5,75	10,27	395,50
40	5,725	10,48	407,12
41	5,95	10,45	375,83
42	5,15	10,16	487,74
43	6,075	10,53	363,28
44	5,65	10,68	425,98
45	5,575	10,65	436,28

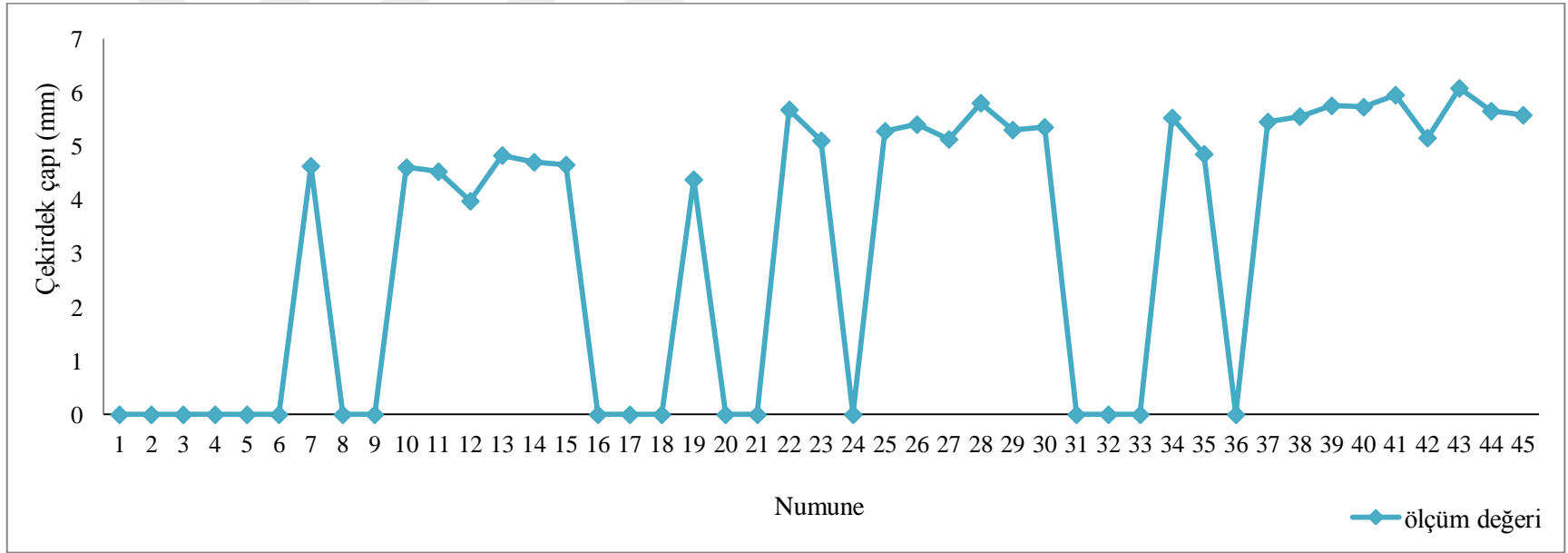
Ana deneyler için çekme- makaslama test sonuçları değerlendirildiğinde kaynak akımının artmasıyla birlikte kopma kuvveti yükselme eğilimindedir (Şekil 4.2.). Ayrıca kaynak akımının 9 kA olduğu 15 adet test numunesinden 8 adeti ara yüzey ayrılması hata tipinde koparken, 10 kA olan kaynak akımında 15 adet test numunesinden 6 adet numune ara yüzey ayrılması hata tipinde kopmuştur. 11 kA kaynak akımında ise 15 adet test numunesinden sadece 4 adet numune ara yüzey ayrılması hata tipinde kopmuştur.

Kaynak zamanının düşük olduğu durumlarda ise kopma kuvvet değerinin, kaynak zamanının yüksek olduğu durumlara göre daha az olduğu görülmüştür. Fakat kaynak akımı değeri arttıkça, kaynak zamanının yapılan parametre değerleri dahilinde etkisinin azaldığı gözlemlenmektedir.

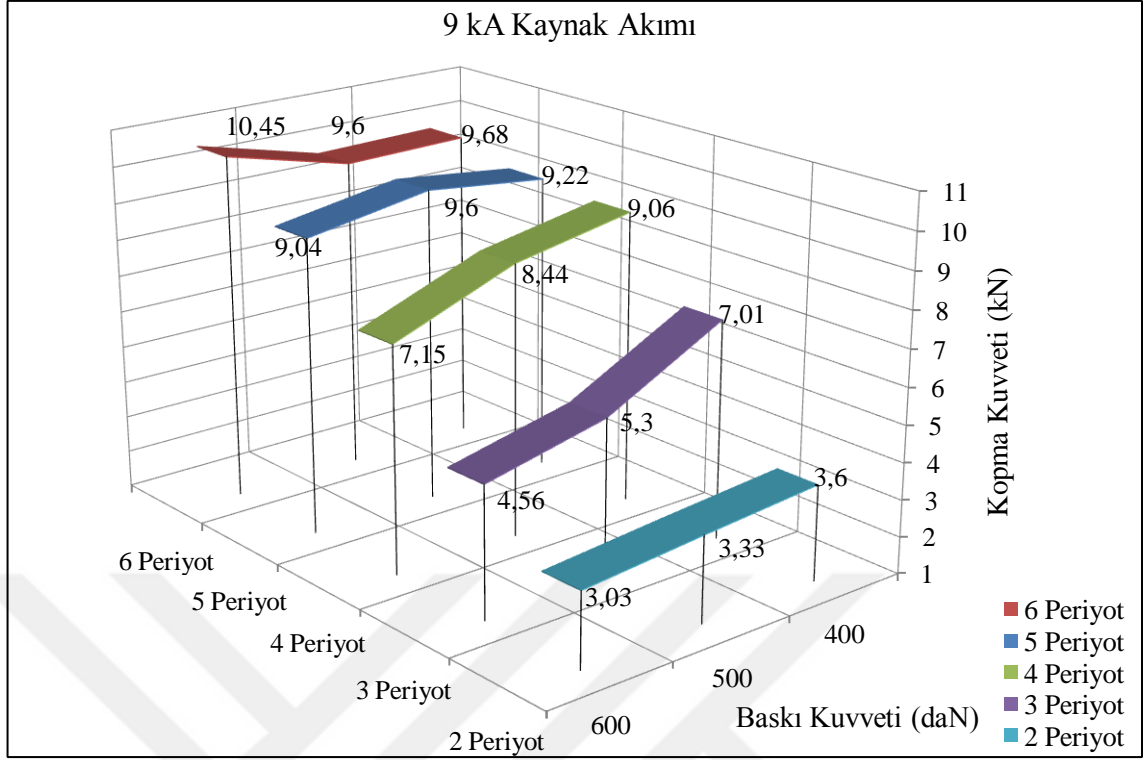
Baskı kuvveti değerleri ise ön deneylerle belirlendiği ve yakın değerler olduğu için bu deneylerde etkisinin olmadığı anlaşılmaktadır.



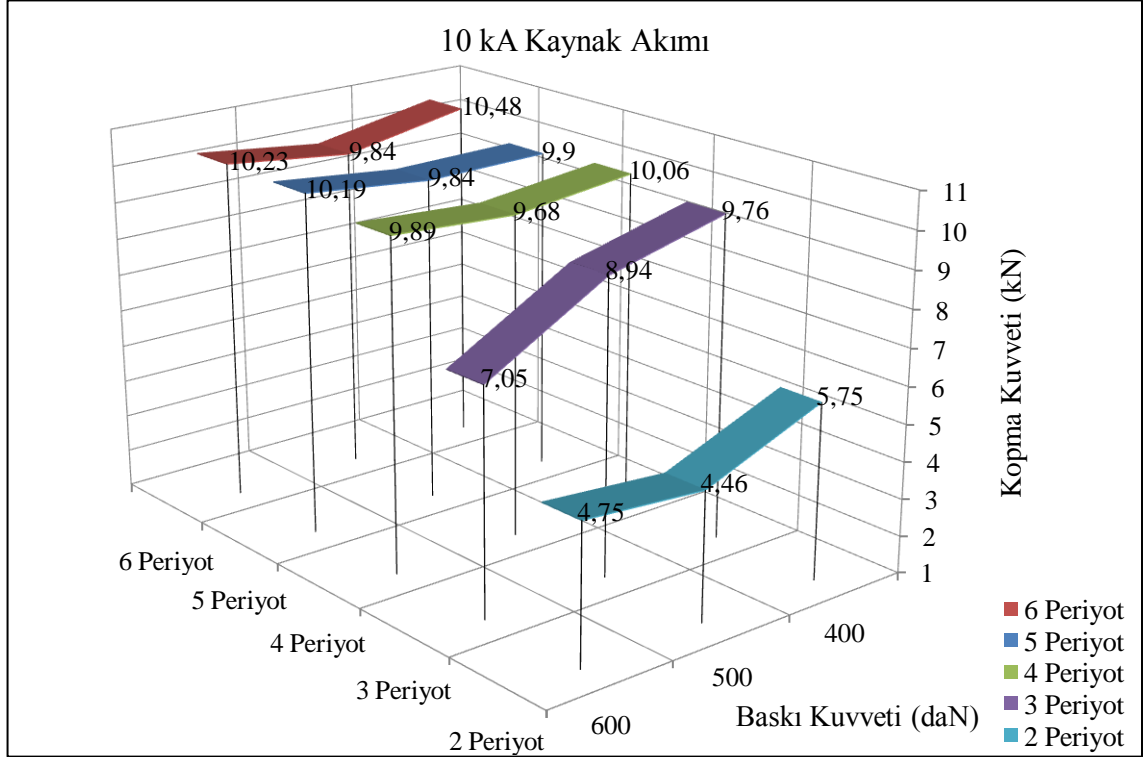
Şekil 4.2. Ana deney numuneleri çekme- makaslama testi kopma kuvvet değerleri



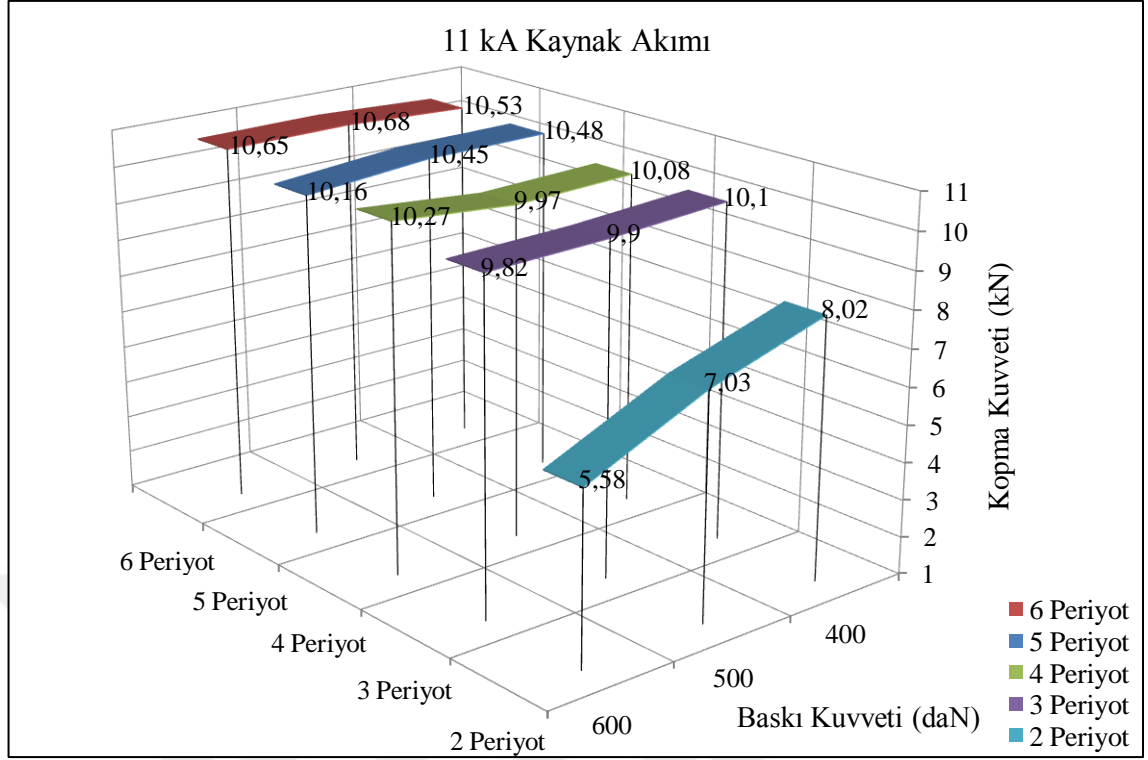
Şekil 4.3. Ana deney numuneleri çekme- makaslama testi çekirdek çapı değerleri



Şekil 4.4. Çekme makaslama test değerleri (9 kA)



Şekil 4.5. Çekme makaslama test değerleri (10 kA)



Şekil 4.6. Çekme makaslama test değerleri (11 kA)

4.3. Doğrulama Deneyleri ve Sonuçları

Ana deney numunelerinin renk ölçümleri ve çekme makaslama testlerinin ardından yapılan değerlendirmeler sonucunda Çizelge 4.8’de ana deney numune kodları verilen test parçaları doğrulama deneyleri için ikişer adet hazırlanmıştır. Bu numunelerin hazırlanmasında ana deneylerdeki parametre deneyleri kullanılmıştır. Kaynak uzmanının 1, 2 ve 3 puan verdiği ve ara yüzey ayrılması hata tipinde kopmayan yani çekirdek çapları ölçülebilen deney numuneleri seçilerek doğrulama deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.8. Doğrulama deney numuneleri

Numune Sayısı	Ana Deney Numune Kodu
1	7-1
2	7-2
3	10-1
4	10-2
5	12-1
6	12-2
7	13-1

Çizelge 4.8. Doğrulama deney numuneleri (devam)

8	13-2
9	15-1
10	15-2
11	19-1
12	19-2
13	34-1
14	34-2
15	35-1
16	35-2
17	37-1
18	37-2
19	39-1
20	39-2
21	40-1
22	40-2
23	43-1
24	43-2
25	45-1
26	45-2

Seçilen doğrulama deney numunelerinin ana deney parametreleri kullanılarak kaynak işlemleri tamamlandıktan sonra renk ölçümleri aynı şartlar ve programlar kullanılarak ölçülmüştür.

Renk ölçüm değerleri elde edildikten sonra bu numunelerin de taratılmış halleri uzman kişiye gönderilerek ana deneylerdeki aynı şartlarla değerlendirilmesi istenmiştir. Çizelge 4.9'da doğrulama deney numunelerinin estetik açıdan uzman kişi tarafından verilen puanlar ve renk ölçümleri ile elde edilen puanlar verilmiştir.

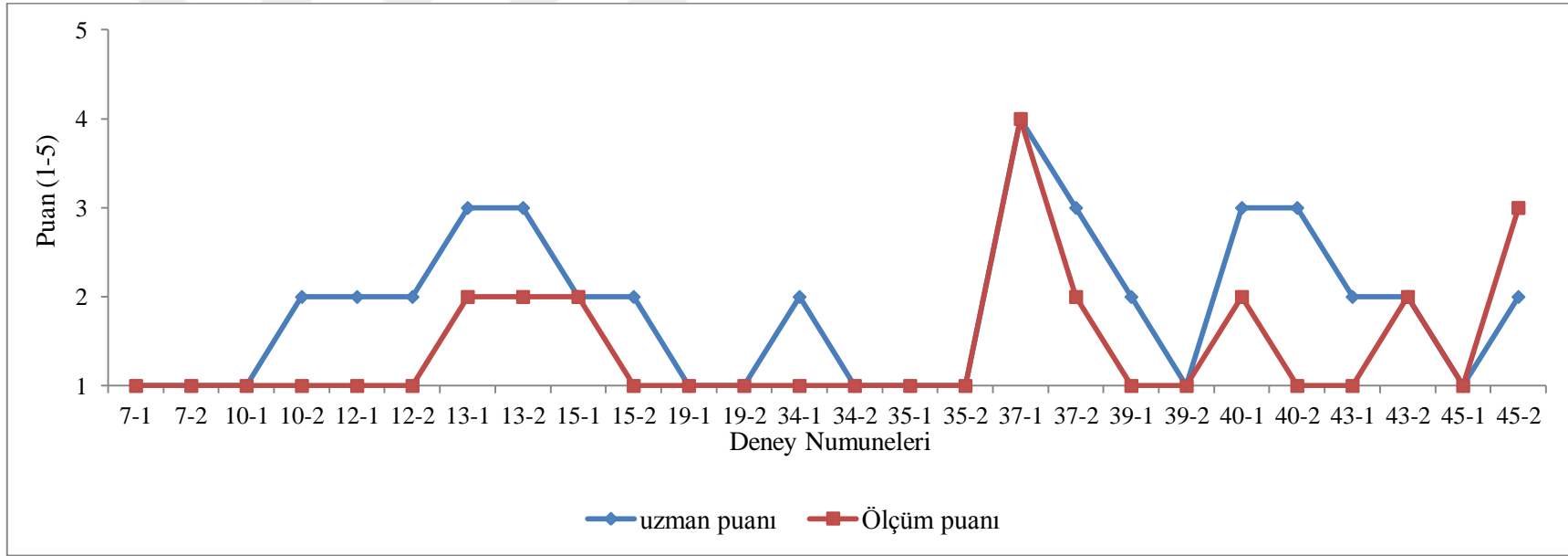
Çizelge 4.9. Doğrulama deneyleri uzman puanları ve ölçüm puanları

Numune	Uzman Puanı (1-5)	Tüm Yüzey Ölçüm Değeri	Kaynaklı Bölge Ölçüm Değeri	Benzerlik (%)	Ölçüm Puanı (1-5)
7-1	1	41,897	41,646	100,603	1
7-2	1	40,519	39,888	101,582	1
10-1	1	39,484	41,132	95,993	1
10-2	2	39,519	41,122	96,102	1
12-1	2	40,367	41,861	96,431	1
12-2	2	41,634	40,829	101,972	1
13-1	3	39,402	41,775	94,320	2
13-2	3	38,563	41,793	92,271	2

Çizelge 4.9. Doğrulama deneyleri uzman puanları ve ölçüm puanları (devam)

Numune	Uzman Puanı (1-5)	Tüm Yüze Ölçüm Değeri	Kaynaklı Bölge Ölçüm Değeri	Benzerlik (%)	Ölçüm Puanı (1-5)
15-1	2	39,466	41,598	94,875	2
15-2	2	42,125	42,316	99,549	1
19-1	1	40,105	40,949	97,939	1
19-2	1	40,030	41,290	96,948	1
34-1	2	42,434	41,801	101,514	1
34-2	1	42,126	43,307	97,273	1
35-1	1	42,868	43,537	98,463	1
35-2	1	41,417	42,281	97,957	1
37-1	4	41,448	46,807	88,551	4
37-2	3	41,144	43,451	94,691	2
39-1	2	43,453	45,012	96,536	1
39-2	1	40,619	40,960	99,167	1
40-1	3	41,875	44,309	94,507	2
40-2	3	40,766	42,401	96,144	1
43-1	2	41,379	43,259	95,654	1
43-2	2	39,967	42,122	94,884	2
45-1	1	40,293	42,058	95,803	1
45-2	2	40,589	44,255	91,716	3

Renk ölçüm işlemleri ve puanlamalardan sonra bu puanlamalar bir grafik oluşturularak uzman puanları ve ölçüm puanları olarak verilmiştir. Şekil 4.7'ye bakıldığında bazı numuneler dışında uzman puanı ile ölçüm puanı arasında genelde aynı veya puan farkının bir puan olduğu görülmektedir. Puan farkının bir puandan fazla olduğu durumlar 26 adet doğrulama numunesinden sadece 1 tanesidir. Ölçüm puanı ile uzman puanı arasında puan farkının 1 (bir) olduğu numune sayısı 12 adet olup, uzman puanı ile ölçüm puanının aynı olduğu numune sayısı ise 13 adet numunedir.

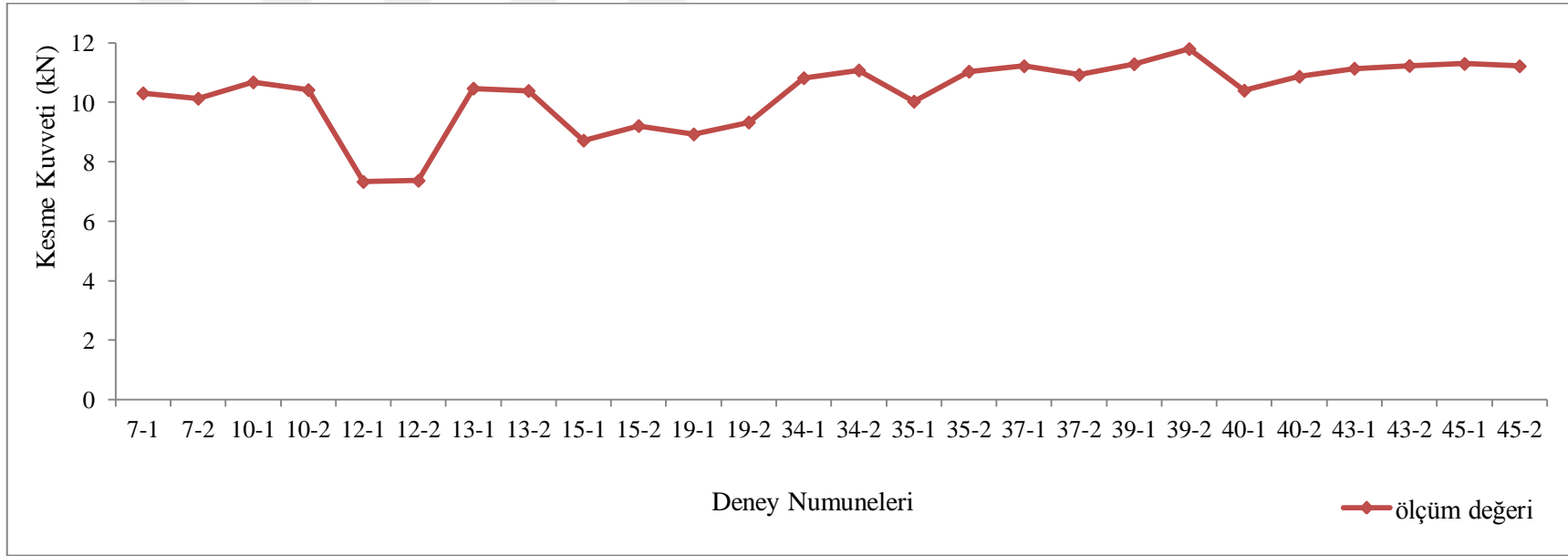


Şekil 4.7. Doğrulama deney numuneleri ölçüm puanları ve uzman puanları

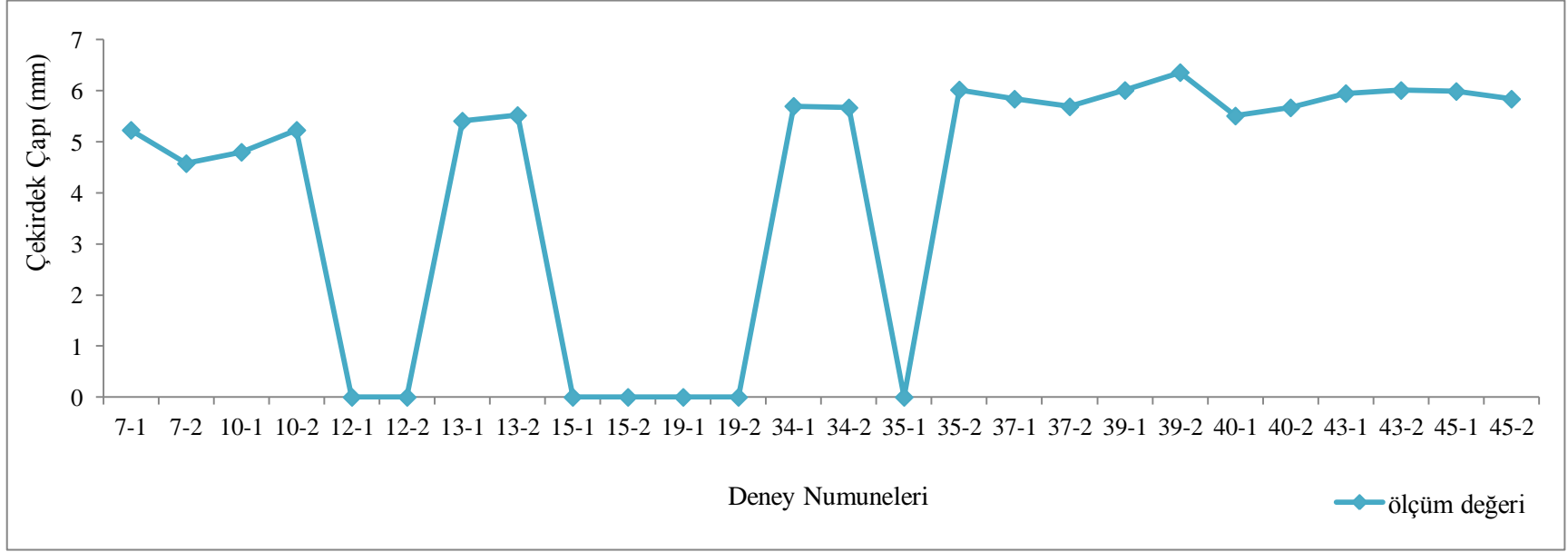
Doğrulama deney numunelerinin renk ölçümleri tamamlandıktan sonra numunelerin çekme makaslama testleri gerçekleştirilmiştir. Çizelge 4.10' da testlerden elde edilen sonuçlar verilmektedir.

Çizelge 4.10. Ana deneyler çekme- makaslama testi sonuçları

Numune	Çekirdek Çapı (mm)	Kopma Kuvveti (kN)	Kesme Gerilmesi (MPa)
7-1	5,23	10,31	479,92
7-2	4,58	10,13	615,68
10-1	4,8	10,68	590,20
10-2	5,23	10,42	485,04
12-1	Ara yüzey ayrılması	7,33	-
12-2	Ara yüzey ayrılması	7,37	-
13-1	5,41	10,47	455,47
13-2	5,52	10,39	434,16
15-1	Ara yüzey ayrılması	8,72	-
15-2	Ara yüzey ayrılması	9,21	-
19-1	Ara yüzey ayrılması	8,93	-
19-2	Ara yüzey ayrılması	9,33	-
34-1	5,7	10,82	424,02
34-2	5,67	11,08	438,82
35-1	Ara yüzey ayrılması	10,03	-
35-2	6,02	11,04	387,87
37-1	5,84	11,22	418,87
37-2	5,69	10,93	429,84
39-1	6,01	11,29	397,97
39-2	6,36	11,8	371,43
40-1	5,51	10,4	436,15
40-2	5,67	10,87	430,50
43-1	5,95	11,14	400,65
43-2	6,01	11,23	395,86
45-1	5,99	11,3	400,99
45-2	5,84	11,22	418,87



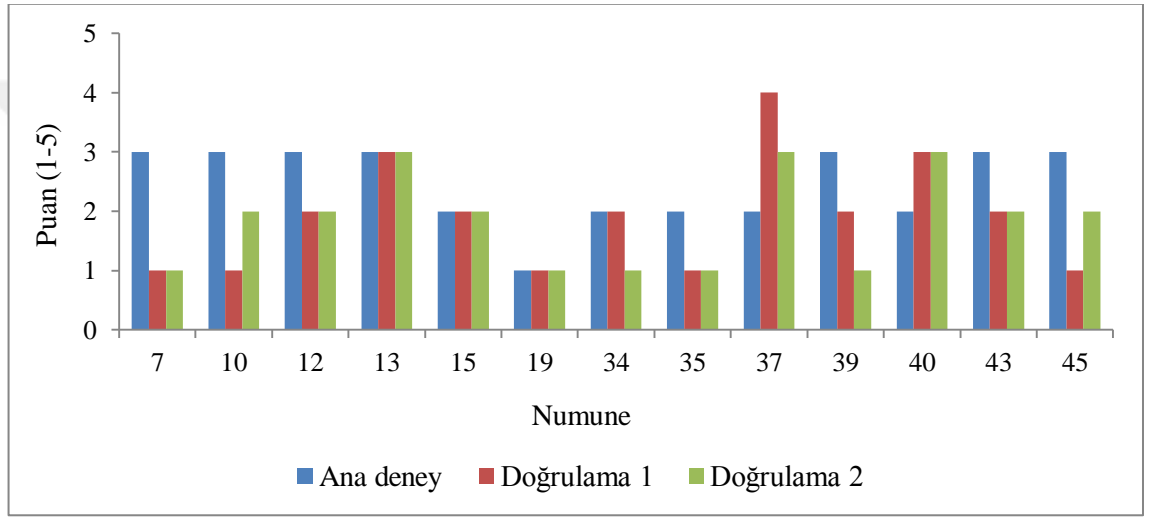
Şekil 4.8. Doğrulama deney numuneleri çekme- makaslama testi kopma kuvvet değerleri



Şekil 4.9. Doğrulama deney numuneleri çekme- makaslama testi çekirdek çapı değerleri

4.4. Ana Deneyler ve Doğrulama Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması

Ön deneyler sonucunda elde edilen kaynak parametreleri değerlerine göre yapılan ana deneyler sonucunda, kaynaklı numunelerin renk ölçümleri ve çekme- makaslama testleri yapılmıştır. Bunların içinden seçilen 13 farklı kaynak parametresinin doğrulama deney numuneleri hazırlanarak elde edilen veriler 4.2 ve 4.3 sayılı konu başlıklarında verilmiştir. Bu başlık altında ise ana deneyler ile doğrulama deneyleri sonucu elde edilen verilerin karşılaştırılması yapılmıştır.

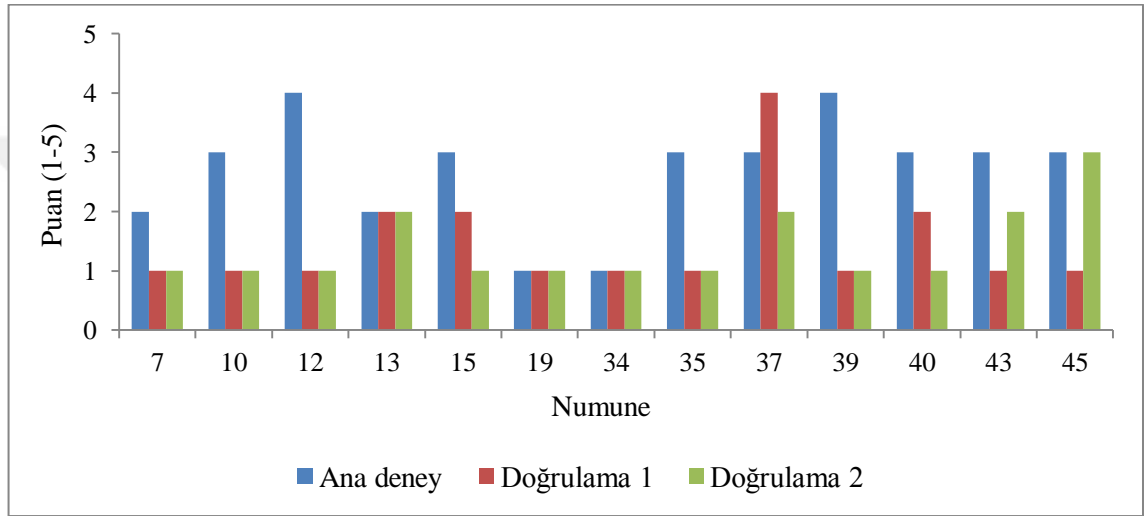


Şekil 4.10. Ana deneyler ve doğrulama deneyleri uzman puanları

Şekil 4.10' da verilen grafikte, aynı kaynak parametresi değerlerinde ana deneyler ve doğrulama deneyleri için uzman puanları gösterilmektedir. Bu grafik incelendiğinde puanlar kendi içlerinde tutarlı olduğu görülmektedir. Uzman puanlarındaki bazı değişikliklerin sebebi olarak ise farklı zamanlarda yapılan deneylerin değerlendirilmesinde kişiye bağlı olarak beklenen farklılıklardır.

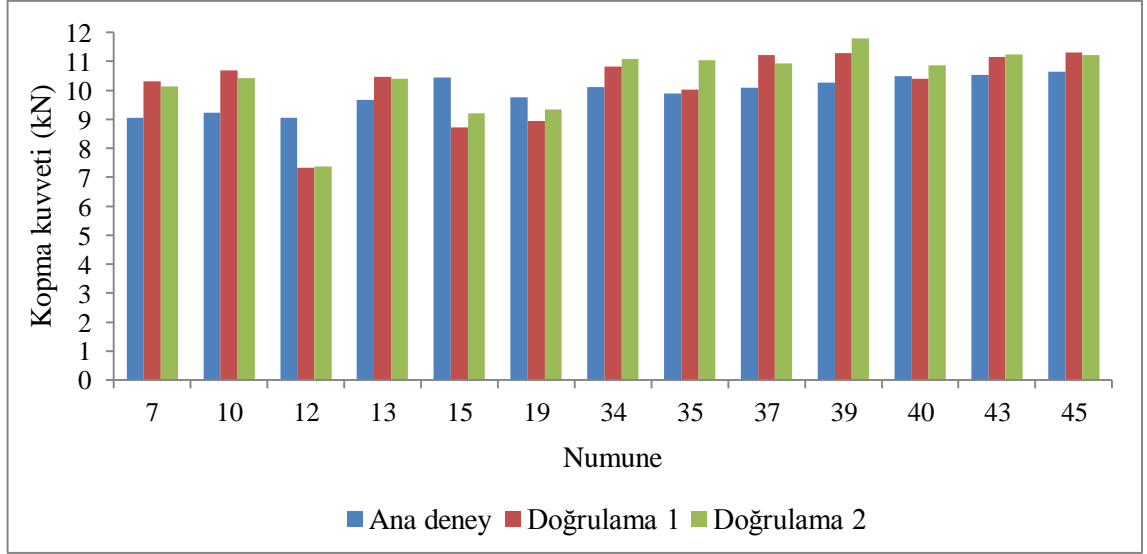
Şekil 4.11'de ise aynı kaynak parametresi değerlerinde ana deneyler ve doğrulama deneyleri için ölçüm puanlarının grafiği verilmiştir. Bu grafik incelendiğinde, ele edilen puanların bazılarında farklılıklar olmasına rağmen genelde benzer olduğu kabul edilebilir.

Bunun yanında, hem uzman puanlamasında hem de ölçüm puanlamasında her bir kaynağın aynı puan almasından ziyade elde edilen sonuçların kabul edilebilir aralıkta olması daha önemlidir. Doğrulama deney numuneleri seçilirken 1- 5 puan aralığında 1, 2 ve 3 puan estetik olarak kabul edilebilir puanlar olarak belirlenmiştir. İlgili grafiklere bakıldığında 13 farklı parametre değeri için, uzman puanlandırmasında 12 adet parametre kabul edilebilir estetik seviyesinde iken, ölçüm puanlandırmasında ise 10 adet parametre kabul edilebilir estetik seviyesindedir.



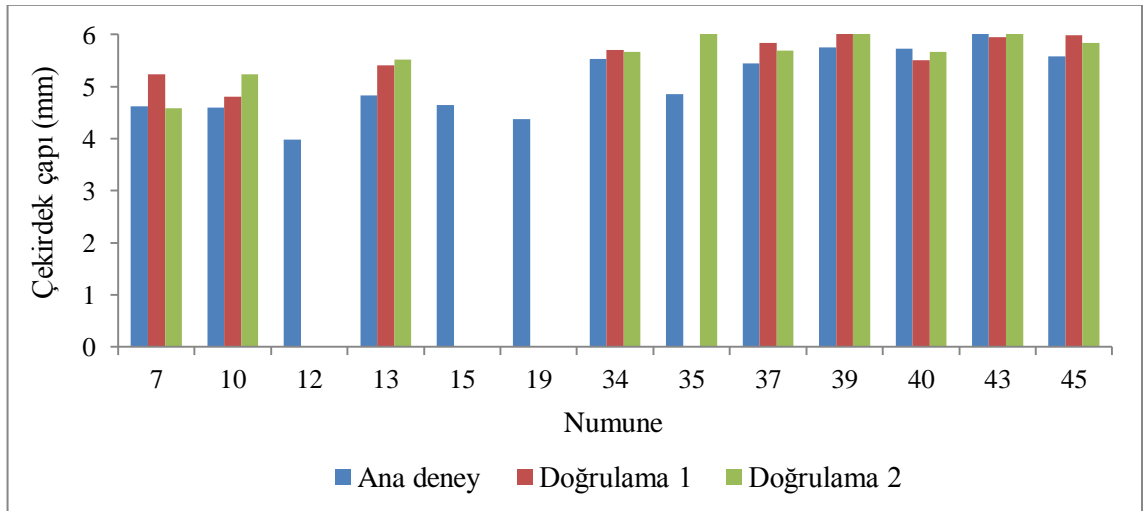
Şekil 4.11. Aynı kaynak parametresi değerlerinde ana deney ve doğrulama deneyleri ölçüm puanları

Şekil 4.12’de verilen kopma kuvveti karşılaştırması grafiğine bakıldığında, doğrulama deney numuneleri değerleri ile ana deney numuneleri değerlerinin benzer olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 4.12. Aynı kaynak parametresi değerlerinde ana deney ve doğrulama deneyleri kopma kuvveti değerleri

Şekil 4.13'te verilen çekirdek çapı karşılaştırması grafiği incelendiğinde ise değerlerin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Fakat 3 adet numunede ara yüzey ayrılması hata tipinde kopma gerçekleşmiştir. Bunlar 12, 15 ve 19 numaralı deney numuneleri olup, doğrulama deneylerindeki kopma kuvveti değerinin, ana deneylerdeki değere göre düşük olduğu da ayrıca görülmüştür. Buradan anlaşılacağı üzere çekirdek çapının artması ile kopma kuvvet değeri de artmaktadır.



Şekil 4.13. Aynı kaynak parametresi değerlerinde ana deney ve doğrulama deneyleri çekirdek çapı değerleri

5. SONUÇ

Bu çalışmada direnç nokta kaynağı ile birleştirme yönteminde, AISI 304 ostenitik paslanmaz çeliğin bağlantı mukavemetinin yanı sıra estetik açıdan istenmeyen kaynak izi araştırılmıştır. Bu sebeple önce ön deneyler, elde edilen veriler ile ana deneyler gerçekleştirilmiştir. Son olarak ana deneyler içinde hem estetik açıdan hem de dayanım açısından iyi olan kaynak numunelerin parametreleri ile doğrulama deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Kaynak izinin tespit edilmesi için sanayide yapılan öznel değerlendirmelerin yerine objektif değerlendirmelerin yapılabilmesi için renk ölçümleri yöntemi oluşturularak bu yöntem test edilmiştir. Renk ölçümleri yöntemi ile değerlendirilen ana deneyler ve doğrulama deneylerinde tutarlı sonuçlar elde edilmiştir. Bu yöntemin izsiz kaynak parametrelerinin elde edilmesi için objektif değerlendirmelerde kullanılabileceği görülmüştür.

Deneyler sonucunda izsiz olması istenen kaynaklı üretim parçaları için öncelik elektrot kepleri seçimidir. Bu amaçla çalışmada ön deneyler ile farklı elektrot kepleri denenmiştir. Standart elektrot kepleri içinden, izsiz olması istenen yüzey tarafında en uygun kep olarak C0 tipi standart elektrot kepi belirlenmiştir. Çalışmada ize izin verilen tarafta ise G0 tipi standart elektrot kepi kullanılmıştır. Sonuç olarak izsiz kaynaklı birleştirme yapılabilmesi için elektrot kepleri ve kaynak parametre değerleri önemlidir. Bu sebeple izsiz direnç nokta kaynağı için en uygun ekipman ve parametre değerleri seçilmelidir.

Kaynak akımının artırılması ile kopma kuvveti değerleri yükselme eğilimindedir. Ayrıca kaynak akımının artması çekirdek çapının da artmasına olanak vermektedir. Kaynak zamanının düşük tutulduğu 2 periyot değerinde numuneler ara yüzey ayrılması hata tipinde kopmuştur. Kaynak zamanının 2 periyottan yüksek olduğu değerlerde ise birkaç numune dışında çekirdek elde edilmiştir. Kaynak zamanının ve akımının artmasının ortaya çıkardığı etki temel ısı girdisi formülüyle açıklanabilir.

Aynı kaynak akım değerinde, kaynak zamanının artması görüntü kalitesini olumsuz etkilediği görülmüştür. Fakat çalışmanın amacının bu parametrelerin araştırılması olması ve 45 adet farklı numunenin değerlendirilmesi sebebiyle bu deneylerdeki parametre değerlerinin kaynak izine etkisi tespit edilememektedir.

Kaynaklı iş parçasının estetik açıdan objektif değerlendirilmesinde renk ölçümü ve görüntü işleme için oluşturulan bu çalışmadaki yöntemin kullanılabilceği görülmektedir. Bunun yanında daha gelişmiş görüntü oluşturma araçları ve görüntü işleme yöntemleri kullanılarak bu değerlendirmelerin hassasiyeti artırılabilir.

Yapılan ana deneyler ve bunların içinden seçilen doğrulama deneyleri yapıldıktan sonra aynı testlere tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, yapılan doğrulama deneylerinin tutarlı olduğu görülmüştür.

Çalışma sonucunda elde edilen izsiz kaynak parametre değerleri ile yapılan kaynaklı birleştirmelerde, ek temizleme proseslerine ve işçiliğe gerek kalmadan imalatın yapılabileceği düşünölmektedir.

Kaynaklı iş parçasının değerlendirilmesinde uzman kişilerin subjektif değerlendirmesi ile ölçüm sonucundaki objektif değerlendirmeler karşılaştırıldığında farklılıklar çıkabilmektedir. Buradaki farklılıkların ana sebebi insan gözünün ve algısının kişiden kişiye göre değişebilmesidir. Bununla birlikte elde edilen sonuçlar çoğunlukla benzerdir.

Renk ölçümü ile görsel açıdan değerlendirme günümüz üretim ve test şartlarında ve özellikle de teknolojidaki gelişmeler ile kullanılabilir hale getirilebilir. Bu yöntem robotlu sistemlere entegre edilerek görüntüler kaynak üzerinden alındıktan sonra değerlendirme kriterleri uygulanabilir.

KAYNAKLAR

- Akkaş, N., Ferik, E., İlhan, E., Aslanlar, S. 2016.** The effect of nugget sizes on mechanical properties in resistance spot welding of S235JR(Cu) steel sheets used in railway vehicles. *Acta Physica Polonica A*, 130(1): 60-63.
- Akkuş, A. 2006.** Galvanizli ve ostenitik paslanmaz çelik sacların nokta kaynaklı bağlantılarının yorulma dayanımlarının araştırılması. *Doktora Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Akkuş, A., Vural, M. 2007.** Nokta kaynaklı farklı çelik sacların yorulma dayanımlarının deneysel analizi. *İTÜ dergisi*, 6(1): 37- 46.
- Anık, S. 1991.** Kaynak tekniği el kitabı: Yöntemler ve donanımlar. Gedik Eğitim Vakfı, İstanbul, 244 s.
- Anonim, 1982.** Welding handbook seventh edition volume 4- metals and their weldability. American Welding Society, Miami, USA, 582 pp.
- Anonim, 2001.** Elektrik direnç kaynağı eğitim paketi, Bursa.
- Anonim, 2007.** Welding handbook ninth edition, volume 3- welding process, part 2. American Welding Society, Miami, USA, 624 pp.
- Anonim, 2017a.** Beryllium copper welding electrodes/ wheels/ parts. <http://www.alb-copperalloys.com/beryllium-copper-welding-electrode-parts/>- (Erişim tarihi: Ağustos 2017).
- Anonim, 2017b.** Beryllium copper welding electrodes/ wheels/ parts. <https://tjsnow.com/resistanceweldingsupplies/tuffaloyresistancewelding%20products/standard-electrodes/caps-and-shanks/female-caps/>- (Erişim tarihi: Ağustos 2017).
- Anonim, 2017c.** SpotTrack: a spot weld inspection device ready for field trials. <http://www.twi-global.com/news-events/case-studies/2014-02-spottrack-a-spot-weld-inspection-device-ready-for-field-trials-552/>- (Erişim tarihi: Nisan 2017).
- Anonim, 2017d.** How can I minimise the surface marking on resistance spot welded joints? <http://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/faq-how-can-i-minimise-the-surface-marking-on-resistance-spot-welded-joints/>- (Erişim tarihi: Mart 2017).
- Arunchai, T., Sonthipermpoon, K., Apichayakul, P., Tamee, K. 2014.** Resistance Spot Welding Optimization Based on Artificial Neural Network. *International Journal of Manufacturing Engineering*, 2014: 1- 6.
- Bina, M.H., Jamali, M., Shamanian, M., Sabet, H. 2014.** Investigation on the resistance spot-welded austenitic/ferritic stainless steel. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 75: 1371- 1379.
- Brozek, M. 2015.** Resistance spot welding of steel sheets of different thickness. Engineering for rural development, 20-22 May 2015, Jelgava.
- Chao, Y.J. 2003.** Ultimate strength and failure mechanism of resistance spot weld subjected to tensile, shear or combined tensile/ shear loads. *Journal of Engineering Materials and Technology*, 125: 125- 132.
- Doyum, B., Sonat, E., 2003.** Ultrasonic examination of resistance spot welds. <http://www.ndt.net/article/dgzfp03/papers/p01/p01.htm>- (Erişim tarihi: 07.02.2016).
- Doruk, E., Pakdil, M., Çam, G., Durgun, İ., Kumru, U. 2016.** Otomotiv sektöründe direnç nokta kaynağı Tofaş uygulamaları. Kaynak Teknolojisi IX. Ulusal Kongre ve Sergisi, 20-21 Kasım 2015, Ankara.
- EN ISO 669, 2016.** Resistance welding - Resistance welding equipment -Mechanical and electrical requirements, European Committee for Standardization, Brussels, 38 pp.

- EN ISO 14271, 2001.** Vickers hardness testing of resistance spot, projection or seam welds (low load and microhardness), European Committee for Standardization, Brussels, 6 pp.
- EN ISO 14273, 2001.** Specimen dimensions and procedure for shear testing resistance spot, seam and embossed projection welds, European Committee for Standardization, Brussels, 8 pp.
- Horozoğlu, E. 2013.** Görüntü işleme ile yüzey pürüzlülüğü ölçümü ve analizi. *Yüksek Lisans Tezi*, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Elektronik ve Bilgisayar Sistemleri Eğitimi Anabilim Dalı, Konya.
- ISO 5821, 2009.** Resistance welding- Spot welding electrode caps, International Organization for Standardization, Switzerland, 9 pp.
- ISO 15609- 5, 2011.** Specification and qualification of welding procedures for metallic materials- Welding procedure specification- Part 5: Resistance welding, International Organization for Standardization, Switzerland, 13 pp.
- Kaščák, L., Brezinová, J. 2013.** Influence of welding current on the surface quality of joined materials. *Transfer Inovácií*, 27: 72- 75.
- Onsekiz, M., Altunpak, Y. 2017.** Effect of electrode materials type on resistance spot welding of AISI 430 ferritic stainless steel. *International Journal of Engineering Research in Africa*, 31: 53- 58.
- Ruisz, J., Biber, J., Loipetsberger, M. 2007.** Quality evaluation in resistance spot welding by analysing the weld fingerprint on metal bands by computer vision. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 33: 952– 960.
- Safari, M., Mostaan, H., Yadegari, H., Asgari, D. 2017.** Effects of process parameters on tensile-shear strength and failure mode of resistance spot welds of AISI 201 stainless steel. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 89: 1853– 1863.
- Turgut, S., Bağış, B. 2012.** Diş hekimliğinde renk ve renk ölçüm yöntemleri. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 5: 65- 75.
- Vural, M., Akkuş, A. 2004.** On the resistance spot weldability of galvanized interstitial free steel sheets with austenitic stainless steel sheets. *Journal of Materials Processing Technology*, 153–154: 1–6.
- Zhang, P., Xie, J., Wang, Y.X., Chen, J.Q. 2011.** Effects of welding parameters on mechanical properties and microstructure of resistance spot welded DP600 joints. *Science and Technology of Welding and Joining*, 16(7): 567- 574.
- Zhou, K., Cai, L. 2014.** Study on effect of electrode force on resistance spot welding process. *Journal of Applied Physics*, 116(084902): 1- 7.

EKLER

EK 1 ANA DENEYLER FOTOĞRAF VE ÇİZELGELERİ

EK 2 DOĞRULAMA DENEYLERİ FOTOĞRAF VE ÇİZELGELERİ



EK 1 ANA DENEYLER FOTOĞRAF VE ÇİZELGELERİ

Numune	Fotoğraf		
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		

19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		

28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			

37		
38		
39		
40		
41		
42		
43		
44		
45		

Numune		Kaynak Parametreleri			
1		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		9 kA	2 periyot	400 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3590 px
				y	30 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3965 px	750x750 px	340 x340 px	x	212 px
y	665 px			y	214 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		66,096	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		68,819	

Numune		Kaynak Parametreleri			
2		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		9 kA	2 periyot	500 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3570 px
				y	45 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3965 px	750x750 px	340 x340 px	x	206 px
y	675 px			y	227 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		65,227	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		68,806	

Numune		Kaynak Parametreleri			
3		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		9 kA	2 periyot	600 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3560 px
				y	35 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3960 px	750x750 px	340 x340 px	x	192 px
y	665 px			y	223 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		65,316	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		68,806	

Numune		Kaynak Parametreleri			
4		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		9 kA	3 periyot	400 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3560 px
				y	50 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3945 px	750x750 px	340 x340 px	x	216 px
y	670 px			y	221 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		64,716	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		66,698	

Numune		Kaynak Parametreleri			
5		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		9 kA	3 periyot	500 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3570 px
				y	70 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3955 px	750x750 px	340 x340 px	x	207 px
y	700 px			y	204 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		67,166	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		70,713	

Numune		Kaynak Parametreleri			
6		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		9 kA	3 periyot	600 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3600 px
				y	40 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	4000 px	750x750 px	340 x340 px	x	217 px
y	670 px			y	203 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		66,083	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		72,427	

Numune		Kaynak Parametreleri			
7		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		9 kA	4 periyot	400 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3600 px
				y	45 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3980 px	750x750 px	340 x340 px	x	214 px
y	680 px			y	214 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		65,421	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		69,758	

Numune		Kaynak Parametreleri			
8		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		9 kA	4 periyot	500 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3550 px
				y	30 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3935 px	750x750 px	340 x340 px	x	222 px
y	685 px			y	209 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		64,035	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		68,359	

Numune		Kaynak Parametreleri			
9		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		9 kA	4 periyot	600 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3600 px
				y	30 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3965 px	750x750 px	340 x340 px	x	207 px
y	655 px			y	212 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		62,108	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		67,834	

Numune		Kaynak Parametreleri			
10		Kaynak Akım		Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti
		9 kA		5 periyot	400 daN
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3520 px
				y	30 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3965 px	750x750 px	340 x340 px	x	210 px
y	685 px			y	216 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		63,803	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		71,343	

Numune		Kaynak Parametreleri			
11		Kaynak Akım		Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti
		9 kA		5 periyot	500 daN
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3606 px
				y	32 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3965 px	750x750 px	340 x340 px	x	208 px
y	700 px			y	196 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		65,262	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		73,553	

Numune		Kaynak Parametreleri			
12		Kaynak Akım		Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti
		9 kA		5 periyot	600 daN
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3600 px
				y	32 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3960 px	750x750 px	340 x340 px	x	210 px
y	660 px			y	211 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		64,166	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		72,437	

Numune		Kaynak Parametreleri			
13		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		9 kA	6 periyot	400 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3685 px
				y	61 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3960 px	750x750 px	340 x340 px	x	208 px
y	705 px			y	210 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		63,46	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		68,438	

Numune		Kaynak Parametreleri			
14		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		9 kA	6 periyot	500 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3622 px
				y	32 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3965 px	750x750 px	340 x340 px	x	210 px
y	680 px			y	190 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		62,878	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		72,622	

Numune		Kaynak Parametreleri			
15		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		9 kA	6 periyot	600 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3600 px
				y	16 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3965 px	750x750 px	340 x340 px	x	210 px
y	665 px			y	186 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		63,106	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		70,593	

Numune		Kaynak Parametreleri			
16		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		10 kA	2 periyot	400 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3600 px
				y	24 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3990 px	750x750 px	340 x340 px	x	214 px
y	680 px			y	210 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		62,887	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		64,373	

Numune		Kaynak Parametreleri			
17		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		10 kA	2 periyot	500 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3590 px
				y	24 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3970 px	750x750 px	340 x340 px	x	208 px
y	680 px			y	202 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		62,685	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		66,602	

Numune		Kaynak Parametreleri			
18		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		10 kA	2 periyot	600 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3584 px
				y	68 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3985 px	750x750 px	340 x340 px	x	204 px
y	685 px			y	214 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		63,576	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		68,374	

Numune		Kaynak Parametreleri			
19		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		10 kA	3 periyot	400 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3610 px
				y	70 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3975 px	750x750 px	340 x340 px	x	218 px
y	690 px			y	204 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		63,754	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		66,965	

Numune		Kaynak Parametreleri			
20		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		10 kA	3 periyot	500 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3600 px
				y	28 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3980 px	750x750 px	340 x340 px	x	208 px
y	680 px			y	208 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		66,301	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		72,329	

Numune		Kaynak Parametreleri			
21		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		10 kA	3 periyot	600 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3570 px
				y	40 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3970 px	750x750 px	340 x340 px	x	210 px
y	690 px			y	208 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		65,912	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		69,786	

Numune		Kaynak Parametreleri			
22		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		10 kA	4 periyot	400 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3595 px
				y	50 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3980 px	750x750 px	340 x340 px	x	202 px
y	690 px			y	200 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		63,861	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		69,703	

Numune		Kaynak Parametreleri			
23		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		10 kA	4 periyot	500 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3600 px
				y	50 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3965 px	750x750 px	340 x340 px	x	214 px
y	705 px			y	200 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		64,372	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		70,073	

Numune		Kaynak Parametreleri			
24		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		10 kA	4 periyot	600 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3620 px
				y	45 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3970 px	750x750 px	340 x340 px	x	212 px
y	670 px			y	200 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		63,537	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		69,997	

Numune		Kaynak Parametreleri			
25		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		10 kA	5 periyot	400 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3580 px
				y	55 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3960 px	750x750 px	340 x340 px	x	212 px
y	695 px			y	204 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		63,385	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		72,054	

Numune		Kaynak Parametreleri			
26		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		10 kA	5 periyot	500 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3632 px
				y	50 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3990 px	750x750 px	340 x340 px	x	210 px
y	700 px			y	190 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		65,587	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		74,666	

Numune		Kaynak Parametreleri			
27		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		10 kA	5 periyot	600 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3620 px
				y	60 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3975 px	750x750 px	340 x340 px	x	209 px
y	650 px			y	199 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		64,338	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		76,511	

Numune		Kaynak Parametreleri			
28		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		10 kA	6 periyot	400 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3610 px
				y	60 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3975 px	750x750 px	340 x340 px	x	210 px
y	705 px			y	206 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		63,062	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		72,401	

Numune		Kaynak Parametreleri			
29		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		10 kA	6 periyot	500 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3570 px
				y	45 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3965 px	750x750 px	340 x340 px	x	202 px
y	660 px			y	208 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		62,478	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		69,243	

Numune		Kaynak Parametreleri			
30		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		10 kA	6 periyot	600 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3570 px
				y	50 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3960 px	750x750 px	340 x340 px	x	196 px
y	670 px			y	208 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		66,001	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		75,546	

Numune		Kaynak Parametreleri			
31		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		11 kA	2 periyot	400 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3575 px
				y	65 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3965 px	750x750 px	340 x340 px	x	204 px
y	655 px			y	198 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		63,44	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		65,286	

Numune		Kaynak Parametreleri			
32		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		11 kA	2 periyot	500 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3575 px
				y	60 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3960 px	750x750 px	340 x340 px	x	206 px
y	695 px			y	210 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		65,467	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		67,466	

Numune		Kaynak Parametreleri			
33		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		11 kA	2 periyot	600 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3600 px
				y	60 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3970 px	750x750 px	340 x340 px	x	206 px
y	670 px			y	202 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		63,298	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		68,452	

Numune		Kaynak Parametreleri			
34		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		11 kA	3 periyot	400 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3580 px
				y	50 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3965 px	750x750 px	340 x340 px	x	214 px
y	685 px			y	208 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		64,103	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		67,268	

Numune		Kaynak Parametreleri			
35		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		11 kA	3 periyot	500 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3570 px
				y	50 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3945 px	750x750 px	340 x340 px	x	204 px
y	700 px			y	192 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		64,221	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		71,73	

Numune		Kaynak Parametreleri			
36		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		11 kA	3 periyot	600 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3570 px
				y	45 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3955 px	750x750 px	340 x340 px	x	208 px
y	685 px			y	204 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		64,991	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		71,504	

Numune		Kaynak Parametreleri			
37		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		11 kA	4 periyot	400 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3560 px
				y	40 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3970 px	750x750 px	340 x340 px	x	202 px
y	695 px			y	200 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		64,309	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		71,411	

Numune		Kaynak Parametreleri			
38		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		11 kA	4 periyot	500 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3560 px
				y	25 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3940 px	750x750 px	340 x340 px	x	212 px
y	660 px			y	208 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		64,48	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		75,774	

Numune		Kaynak Parametreleri			
39		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		11 kA	4 periyot	600 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3600 px
				y	30 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3980 px	750x750 px	340 x340 px	x	196 px
y	650 px			y	202 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		64,911	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		73,265	

Numune		Kaynak Parametreleri			
40		Kaynak Akım		Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti
		11 kA		5 periyot	400 daN
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3590 px
				y	35 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3975 px	750x750 px	340 x340 px	x	198 px
y	670 px			y	202 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		67,118	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		73,485	

Numune		Kaynak Parametreleri			
41		Kaynak Akım		Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti
		11 kA		5 periyot	500 daN
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3570 px
				y	40 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3985 px	750x750 px	340 x340 px	x	198 px
y	680 px			y	200 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		64,321	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		71,92	

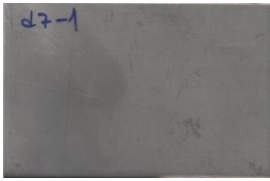


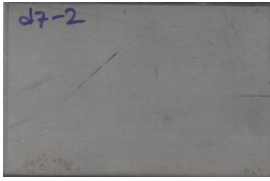
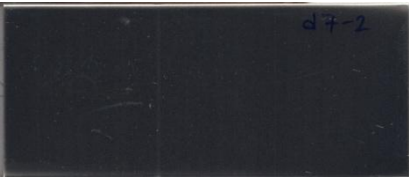
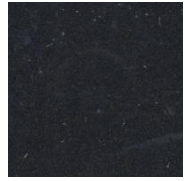
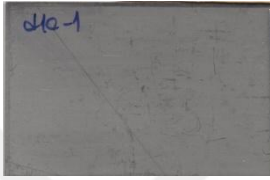

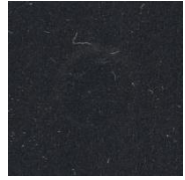
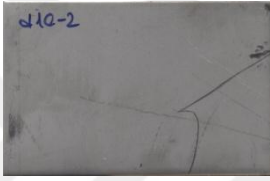


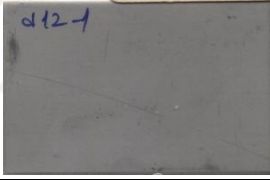

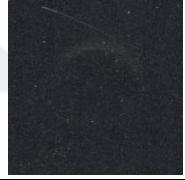
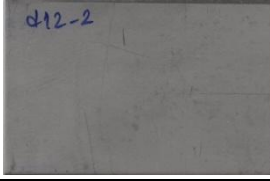

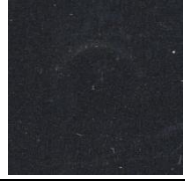
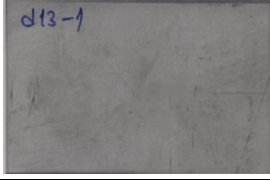


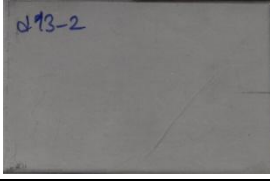


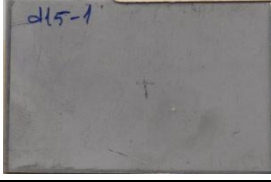

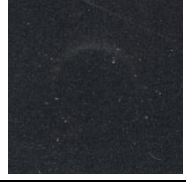
Numune		Kaynak Parametreleri			
42		Kaynak Akım		Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti
		11 kA		5 periyot	600 daN
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3600 px
				y	40 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3965 px	750x750 px	340 x340 px	x	200 px
y	685 px			y	198 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		64,174	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		73,011	



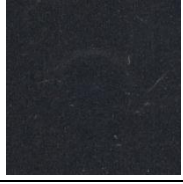


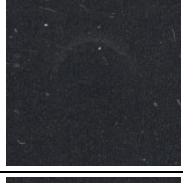
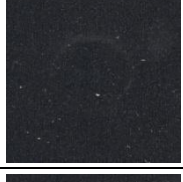

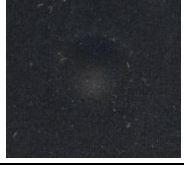
Numune		Kaynak Parametreleri			
43		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		11 kA	6 periyot	400 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3640 px
				y	40 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	4000 px	750x750 px	340 x340 px	x	208 px
y	685 px			y	196 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		64,472	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		71,35	


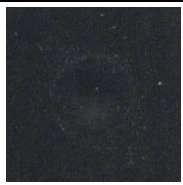
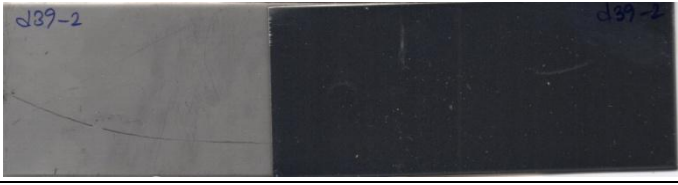

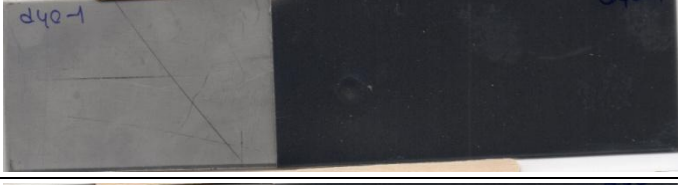


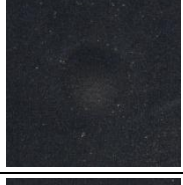
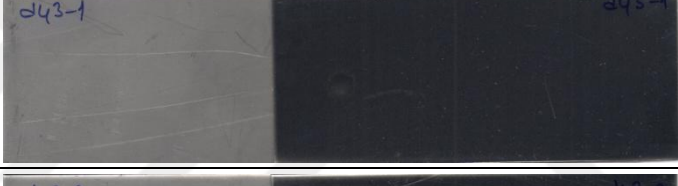
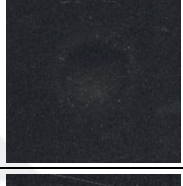
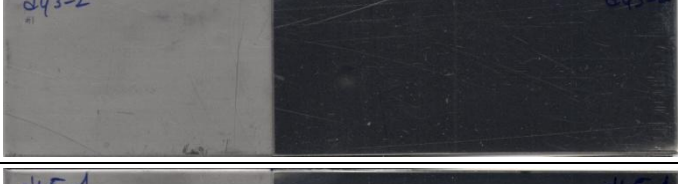
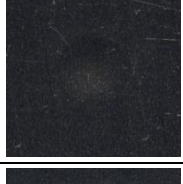
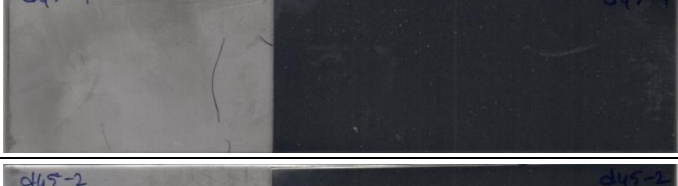
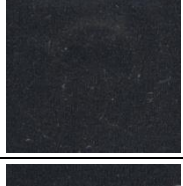


Numune		Kaynak Parametreleri			
44		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		11 kA	6 periyot	500 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3600 px
				y	40 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3970 px	750x750 px	340 x340 px	x	210 px
y	685 px			y	212 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		63,896	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		74,439	

Numune		Kaynak Parametreleri			
45		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		11 kA	2 periyot	400 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8504x2126 px		4800x2040 px		x	3600 px
				y	40 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	4005 px	750x750 px	340 x340 px	x	192 px
y	670 px			y	204 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		68,803	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		76,638	

EK 2 DOĞRULAMA DENEYLERİ FOTOĞRAF VE ÇİZELGELERİ

Numune	Fotoğraf		
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

10	d15-2	d15-2	
11	d19-1	d19-1	
12	d19-2	d19-2	
13	d34-1	d34-1	
14	d34-2	d34-2	
15	d35-1	d35-1	
16	d35-2	d35-2	
17	d37-1	d37-1	
18	d37-2	d37-2	

19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		

Numune		Kaynak Parametreleri			
D7-2		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		9 kA	4 periyot	400 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8270x2126 px		4800x2040 px		x	3410 px
				y	70 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3887 px	750x750 px	340 x340 px	x	204 px
y	694 px			y	196 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		40,519	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		39,888	

Numune		Kaynak Parametreleri			
D10-1		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		9 kA	5 periyot	400 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8270x2126 px		4800x2000 px		x	3365 px
				y	105 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3676 px	750x750 px	340 x340 px	x	216 px
y	686 px			y	198 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		39,484	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		41,132	

Numune		Kaynak Parametreleri			
D10-2		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		9 kA	5 periyot	400 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8270x2126 px		4800x2000 px		x	3400 px
				y	60 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3810 px	750x750 px	340 x340 px	x	214 px
y	462 px			y	203 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		39,519	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		41,122	

Numune		Kaynak Parametreleri			
D12-1		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		9 kA	5 periyot	600 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8270x2126 px		4800x2000 px		x	3400 px
				y	60 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3778 px	750x750 px	340 x340 px	x	226 px
y	714 px			y	174 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		40,367	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		41,861	

Numune		Kaynak Parametreleri			
D12-2		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		9 kA	5 periyot	600 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8270x2126 px		4800x2040 px		x	3400 px
				y	110 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3736 px	750x750 px	340 x340 px	x	239 px
y	750 px			y	175 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		41,634	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		40,829	

Numune		Kaynak Parametreleri			
D13-1		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		9 kA	6 periyot	400 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8270x2126 px		4800x2040 px		x	3380 px
				y	55 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3654 px	750x750 px	340 x340 px	x	205 px
y	794 px			y	211 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		39,402	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		41,775	

Numune		Kaynak Parametreleri			
D13-2		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		9 kA	6 periyot	400 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8270x2126 px		4800x2000 px		x	3400 px
				y	65 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3800 px	750x750 px	340 x340 px	x	209 px
y	640 px			y	202 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		38,563	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		41,793	

Numune		Kaynak Parametreleri			
D15-1		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		9 kA	6 periyot	600 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8270x2126 px		4800x2040 px		x	3370 px
				y	70 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3694 px	750x750 px	340 x340 px	x	207 px
y	826 px			y	184 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		39,466	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		41,598	

Numune		Kaynak Parametreleri			
D15-2		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		9 kA	6 periyot	600 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8270x2126 px		4800x2040 px		x	3410 px
				y	40 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3773 px	750x750 px	340 x340 px	x	212 px
y	777 px			y	185 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		42,125	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		42,316	

Numune		Kaynak Parametreleri			
D19-1		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		10 kA	3 periyot	400 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8270x2126 px		4800x2040 px		x	3400 px
				y	20 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3783 px	750x750 px	340 x340 px	x	215 px
y	583 px			y	208 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		40,105	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		40,949	

Numune		Kaynak Parametreleri			
D19-2		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		10 kA	3 periyot	400 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8270x2126 px		4800x1960 px		x	3380 px
				y	80 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3730 px	750x750 px	340 x340 px	x	212 px
y	773 px			y	203 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		40,03	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		41,29	

Numune		Kaynak Parametreleri			
D34-1		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		11 kA	3 periyot	400 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8270x2126 px		4800x1960 px		x	3400 px
				y	40 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3732 px	750x750 px	340 x340 px	x	198 px
y	736 px			y	196 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		42,434	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		41,801	

Numune		Kaynak Parametreleri			
D34-2		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		11 kA	3 periyot	400 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8270x2126 px		4800x2000 px		x	3400 px
				y	120 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3664px	750x750 px	340 x340 px	x	209 px
y	639 px			y	186 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		42,126	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		43,307	

Numune		Kaynak Parametreleri			
D35-1		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		11 kA	3 periyot	500 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8270x2126 px		4800x2000 px		x	3340 px
				y	110 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3720 px	750x750 px	340 x340 px	x	206 px
y	798 px			y	191 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		42,868	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		43,537	

Numune		Kaynak Parametreleri			
D35-2		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		11 kA	3 periyot	500 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8270x2126 px		4800x2000 px		x	3360 px
				y	80 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3602 px	750x750 px	340 x340 px	x	199 px
y	644 px			y	203 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		41,417	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		42,281	

Numune		Kaynak Parametreleri			
D37-1		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		11 kA	4 periyot	400 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8270x2126 px		4800x2000 px		x	3440 px
				y	80 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3740 px	750x750 px	340 x340 px	x	205 px
y	788 px			y	213 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		41,448	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		46,807	

Numune		Kaynak Parametreleri			
D37-2		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		11 kA	4 periyot	400 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8270x2126 px		4800x2040 px		x	3400 px
				y	40 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3748 px	750x750 px	340 x340 px	x	214 px
y	728 px			y	193 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		41,144	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		43,451	

Numune		Kaynak Parametreleri			
D39-1		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		11 kA	4 periyot	600 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8270x2126 px		4800x2040 px		x	3370 px
				y	70 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3730 px	750x750 px	340 x340 px	x	213 px
y	730 px			y	214 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		43,453	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		45,012	

Numune		Kaynak Parametreleri			
D39-2		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		11 kA	4 periyot	600 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8270x2126 px		4800x1960 px		x	3370 px
				y	75 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3784 px	750x750 px	340 x340 px	x	210 px
y	800 px			y	188 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		40,619	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		40,96	

Numune		Kaynak Parametreleri			
D40-1		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		11 kA	5 periyot	400 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8270x2126 px		4800x1860 px		x	3420 px
				y	15 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3880 px	750x750 px	340 x340 px	x	208 px
y	744 px			y	204 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		41,875	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		44,309	

Numune		Kaynak Parametreleri			
D40-2		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		11 kA	5 periyot	400 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8270x2126 px		4800x1800 px		x	3440 px
				y	25 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3746 px	750x750 px	340 x340 px	x	216 px
y	734 px			y	202 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		40,766	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		42,401	

Numune		Kaynak Parametreleri			
D43-1		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		11 kA	6 periyot	400 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8270x2126 px		4800x2000 px		x	3400 px
				y	90 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3756 px	750x750 px	340 x340 px	x	220 px
y	813 px			y	198 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		41,379	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		43,259	

Numune		Kaynak Parametreleri			
D43-2		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		11 kA	6 periyot	400 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8270x2126 px		4800x2000 px		x	3400 px
				y	40 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3847 px	750x750 px	340 x340 px	x	208 px
y	784 px			y	204 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		39,967	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		42,122	

Numune		Kaynak Parametreleri			
D45-1		Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
		11 kA	6 periyot	600 daN	
Fotoğraf Boyutu		Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8270x2126 px		4800x2040 px		x	3420 px
				y	70 px
Kesim Koordinatları		Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	3624 px	750x750 px	340 x340 px	x	220 px
y	754 px			y	182 px
Ölçüm Değerleri					
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B		40,293	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B		42,058	

Numune	Kaynak Parametreleri			
D45-2	Kaynak Akım	Kaynak Zamanı	Baskı Kuvveti	
	11 kA	6 periyot	600 daN	
Fotoğraf Boyutu	Ölçülen Alan Boyutu		Ölçüm Koordinatları	
8270x2126 px	4800x2000 px		x	3420 px
			y	75 px
Kesim Koordinatları	Fotoğraf Boyutu	Ölç. Alan Boyutu	Ölç. Koordinatları	
x	750x750 px	340 x340 px	x	222px
y			y	182 px
Ölçüm Değerleri				
Tüm Yüzeyin Ölçümü		0,299R+0,587G+0,114B	40,589	
Kaynaklı Bölgenin Ölç.		0,299R+0,587G+0,114B	44,255	

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Hüseyin Yaşar
Doğum Yeri ve Tarihi : Kütahya/ 1991
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Tavşanlı İMKB Anadolu Öğretmen Lisesi/ Kütahya
Lisans : Uludağ Üniversitesi/ Makine Mühendisliği

Çalıştığı Kurum : TMMOB Makine Mühendisleri Odası (2014- halen)

İletişim (e-posta) : husyasar@yandex.com

Yayımları :

Çavdar, K., Yaşar, H., Şahin, U.O. 2017. AISI 304 paslanmaz çeliğin nokta direnç kaynağı yöntemi ile izsiz kaynak parametrelerinin araştırılması. Kaynak Teknolojisi X. Ulusal Kongre ve Sergisi, 17-18 Kasım 2017, Ankara.