



**GELENEKSEL GAZ ALTI KAYNAK YÖNTEMLERİYLE ROBOTİK
KAYNAĞIN KAYNAK ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

İlker POLAT

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ŞUBAT 2016

İlker POLAT tarafından hazırlanan “GELENEKSEL GAZALTI KAYNAK YÖNTEMLERİYLE ROBOTİK KAYNAĞIN KAYNAK ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Nihat GEMALMAYAN

Makina Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Başkan : Prof. Dr. Bedri TUÇ

Makina Mühendisliği, Başkent Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Üye : Prof. Dr. Mustafa YURDAKUL

Makina Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Tez Savunma Tarihi: 24/02/2016

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Metin GÜRÜ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

İlker POLAT

20.01.2016

GELENEKSEL GAZALTI KAYNAK YÖNTEMLERİYLE ROBOTİK KAYNAĞIN KAYNAK ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

(Yüksek Lisans Tezi)

İlker POLAT

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Şubat 2016

ÖZET

Günümüzde insan popülasyonunun artmasıyla beraber nesnel ihtiyaçlara olan talep de buna paralel olarak artmaktadır. Bu taleplerin karşılanabilmesi için sanayide mühendislik gerekliliklerinden ve kaliteden ödün vermeden farklı yöntemler denenmekte ve uygulanmaktadır. Kaynaklı imalatta kullanılan yöntemlerden biri de robotik kaynaktır. Bu çalışmada geleneksel gazaltı kaynak yöntemiyle robotik kaynağın kaynak özelliklerine etkileri karşılaştırılmıştır. Öncelikle Taguchi yöntemi kullanılarak T köşe kaynağının kaynak parametreleri optimizasyonu sağlanmıştır. Sonra her grupta birbiriyle aynı boyutsal ve metalurjik özellikte malzeme kullanılarak toplamda 7 adet test gurubu hazırlanmış ve her gruptaki test numunelerinin biri geleneksel kaynakla, diğeri de robotik kaynakla birleştirilmiştir. Bu numunelere çatlak kontrol, çekme, bükme, basma, çentik darbe, sertlik ve makroyapı testleri uygulanarak her iki yöntemin karşılaştırılması yapılarak farklılıkları araştırılmıştır. Uygulanan 7 testin 5'inde robotik kaynağın daha iyi sonuçlar verdiği, 2 testte ise aynı sonuçları sağladığı gözlemlenmiştir.

Bilim Kodu : 91415
Anahtar Kelimeler : Robot, robotik, kaynak, gazaltı kaynak, MIG, MAG, GMAW
Sayfa Adedi : 123
Danışman : Yrd. Doç. Dr. Nihat GEMALMAYAN

STUDYING THE EFFECTS OF MIG-MAG WELDING CHARACTERISTICS OF THE
TRADITIONAL METHODS WITH THE METHOD OF ROBOTICS

(M.Sc. Thesis)

İlker POLAT

GAZİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

February 2016

ABSTRACT

Today, thanks to the growing human population, the demand for the objective needs is increasing concordantly. In order to meet these demands, various methods are being tested and applied without sacrificing the quality and engineering requirements. One of the methods applied in welding is the robotic welding. In this study, the effects of the traditional MIG welding method and robotic welding on welding aspects are compared. Initially, the experiments are designed via Taguchi method and the T-fillet welding parameters are optimized. In each group, dimensionally and metallurgically similar materials were used and 7 test groups were prepared. One of the test samples in each group was joined with traditional welding and the other one with robotic welding. Both samples were tested with crack control, tension, bending, compression, fracture toughness, hardness and macrostructure. Both methods were compared to find differences. In five out of seven tests, robotic welding turned out to yield better results, while in the remaining two, some results were attained.

Science Code : 91415
Key Words : Robot, robotic, welding, MIG, MAG, GMAW
Page Number : 123
Supervisor : Assist. Prof. Dr. Nihat GEMALMAYAN

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında ve tezin öngördüğü çalışmaların yapılmasında yardım ve desteğini esirgemeyen danışman hocam Yrd.Doç.Dr. Nihat GEMALMAYAN'a, deneysel numunelerin hazırlanmasında malzeme desteği vererek ve kaynak robotlarını, geleneksel kaynak makinalarını, talaşlı imalat makinalarını ve kalite kontrol cihazlarını tahsis eden MAPSAN A.Ş. firmasına, dökümhane laboratuvarını kullanımına sunan Ekip Metalurji Döküm ve Makine Parçaları İmalat San. ve Tic. Ltd. Şti.'ne, test anının her aşamasında bilgi toplamama imkan veren KOSGEB Sincan Merkez Müdürlüğü Laboratuvarları çalışanlarına destekleri için teşekkürü borç bilirim.

Ayrıca manevi olarak bana destek olan sevgili eşim Meltem POLAT ve kızım Defne POLAT'a verdikleri emeklerden dolayı teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xiii
RESİMLERİN LİSTESİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvi
1. GİRİŞ	1
2. ROBOTLAR VE SINIFLANDIRIL.....	5
3. GAZ ALTI KAYNAK METODU	7
4. PROSES PARAMETRELERİ	9
4.1. Kaynak Öncesi Saptanan Parametreler	10
4.1.1. Kaynak teli çapı.....	10
4.1.2. Koruyucu gaz türü.....	11
4.2. Birinci Derecede Ayarlanabilir Parametreler	11
4.2.1. Kaynak akım şiddeti	11
4.2.2. Kaynak gerilimi (Ark boyu).....	12
4.2.3. Kaynak hızı.....	13
4.3. İkinci Derecede Ayarlanabilir Parametreler	14
4.3.1. Serbest tel uzunluğu	14
4.3.2. Torç açısı.....	15
5. KAYNAK KONTROLÜ METOTLARI.....	17

	Sayfa
5.1. Penetrant Testi (PT) İle Çatlak Kontrolü	17
5.2. Sertlik Kontrolü.....	18
5.2.1. Brinell sertlik testi	18
5.2.2. Vickers sertlik testi.....	19
5.3. Çekme Testi	20
5.4. Bükme Testi.....	22
5.5. Çentik Darbe Testi	23
5.6. Basma Testi	24
5.7. Makroyapı Kontrolü	25
6. KAYNAK ŞEKİLLERİ.....	27
7. DENEYİN TANIMI	33
7.1. Deneyde kullanılacak Malzemelerin Özellikleri.....	33
7.2. Deney Parçalarının Durumu ve Kaynak Ağızları	33
7.2.1. Grup 1-Alın kaynak test numunesi	35
7.2.2. Grup 2-V kaynak (yatay) test numunesi	35
7.2.3. Grup 3-V kaynak (dikey) test numunesi	35
7.2.4. Grup 4-T kaynak test numunesi	36
7.2.5. Grup 5-Boğaz kaynak (boru-sac) test numunesi	36
7.2.6. Grup 6-Boğaz kaynak (boru-boru) test numunesi.....	36
7.2.7. Grup 7-Dolgu kaynak test numunesi	37
8. TAGUCHI YÖNTEMİ İLE DENEY TASARIMI VE KAYNAK PARAMETRELERİ OPTİMİZASYONU.....	39
9. DENEY PARÇALARI HAZIRLIKLARI	51
9.1. Numune Hazırlama Ekipmanları	51

	Sayfa
9.2. Deneyde Kullanılan Kaynak Teli Özellikleri.....	53
9.3. Deneyde Kullanılan Koruyucu Gaz Özellikleri.....	53
9.4. Geleneksel Kaynak Uygulayıcısının Yetkinliği.....	53
9.5. Deney Parçası Kimyasal Analizleri.....	53
9.6. Numune Hazırlığı	54
10. DENEY SONUÇLARI.....	63
10.1. Çatlak Kontrol	63
10.2. Çekme Testi.....	66
10.3. Bükme Testi.....	67
10.3.1. Birinci grup parça bükme testi	67
10.3.2. İkinci grup parça bükme.....	69
10.3.3. Bükme testi karşılaştırması	70
10.4. Basma Testi	70
10.5. Çentik Darbe Testi	71
10.6. Sertlik ve Makroyapı Testi.....	72
11. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	85
KAYNAKLAR	89
EKLER.....	93
Ek-1. Alın kaynak test numunesi teknik resmi	94
Ek-2. Alın kaynak test numunesi dilimlenmiş teknik resmi	95
Ek-3. V kaynak test numunesi (yatay) teknik resmi	96
Ek-4. V kaynak test numunesi (yatay) dilimlenmiş teknik resmi	97
Ek-5. V kaynak test numunesi (dikey) teknik resmi.....	98
Ek-6. Bükme kalıbı teknik resmi	99

Sayfa

Ek-7. Çekme testi numunesi teknik resmi	100
Ek-8. T kaynak test numunesi teknik resmi.....	101
Ek-9. T kaynak test numunesi dilimlenmiş teknik resmi.....	102
Ek-10. Boğaz kaynak test numunesi (boru-sac) teknik resmi.....	103
Ek-11. Boğaz kaynak test numunesi (boru-sac) dilimlenmiş teknik resmi	104
Ek-12. Boğaz kaynak test numunesi (boru-boru) teknik resmi	105
Ek-13. Dolgu kaynak test numunesi teknik resmi	106
Ek-14. Dolgu kaynak test numunesi dilimlenmiş teknik resmi	107
Ek-15. Kaynak teli raporu.....	108
Ek-16. Koruyucu gaz raporu.....	109
Ek-17. Kaynakçı kalfalık belgesi	110
Ek-18. 40x10 malzeme kimyasal analiz raporu	111
Ek-19. 60x15 malzeme kimyasal analiz raporu	112
Ek-20. 90x15 malzeme kimyasal analiz raporu	113
Ek-21. 150x20 malzeme kimyasal analiz raporu	114
Ek-22. 82,5x8 malzeme kimyasal analiz raporu	115
Ek-23. 50x15 malzeme kimyasal analiz raporu	116
Ek-24. Robotik kaynaklı parça çekme deneyi raporu	117
Ek-25. Geleneksel kaynaklı parça çekme deneyi raporu	118
Ek-26. Robotik kaynaklı parça çekme deneyi grafiği.....	119
Ek-27. Geleneksel kaynaklı parça çekme deneyi grafiği	120
Ek-28. Robotik kaynaklı parça çentik darbe deneyi raporu.....	121
Ek-29. Geleneksel kaynaklı parça çentik darbe deneyi raporu	122
ÖZGEÇMİŞ.....	123

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Robot çeşitleri ve fiziksel özellikleri.....	6
Çizelge 5.1. Malzeme kalınlığına göre bilya çapları.....	18
Çizelge 6.1. Parça durumları ve dikiş şekilleri (DIN 1912)	27
Çizelge 6.2. Kaynak ağızları (ISO9692-1)	30
Çizelge 7.1. Deney parçalarına uygulanacak testler	34
Çizelge 7.2. Grup 1 parçalarına uygulanacak testler	35
Çizelge 7.3. Grup 2 parçalarına uygulanacak testler	35
Çizelge 7.4. Grup 3 parçalarına uygulanacak testler	36
Çizelge 7.5. Grup 4 parçalarına uygulanacak testler	36
Çizelge 7.6. Grup 5 parçalarına uygulanacak testler	36
Çizelge 7.7. Grup 6 parçalarına uygulanacak testler	37
Çizelge 7.8. Grup 7 parçalarına uygulanacak testler	37
Çizelge 8.1. S/N değerleri seçim kriterleri	40
Çizelge 8.2. Faktör ve seviye tablosu	41
Çizelge 8.3. Dizayn matrisi tablosu	43
Çizelge 8.4. Makroyapı inceleme sonuçları	45
Çizelge 8.5. S/N değerleri hesaplama tablosu	46
Çizelge 8.6. Robotik ve geleneksel kaynağın karşılaştırma tablosu	49
Çizelge 9.1. Deney parçalarına göre kimyasal analiz referansları	54
Çizelge 9.2. Alın kaynak numunesi hazırlama.....	55
Çizelge 9.3. V kaynak (yatay) numunesi hazırlama	56
Çizelge 9.4. V kaynak (dikey) numunesi hazırlama	57
Çizelge 9.5. T kaynak numunesi hazırlama.....	58

Çizelge	Sayfa
Çizelge 9.6. Boğaz kaynak (boru-sac) numunesi hazırlama.....	59
Çizelge 9.7. Boğaz kaynak (boru-boru) numunesi hazırlama	60
Çizelge 9.8. Dolgu kaynak numunesi hazırlama.....	61
Çizelge 10.1. Parça çatlak kontrolleri tablosu.....	64
Çizelge 10.2. Çekme testi yapılışı ve sonucu	65
Çizelge 10.3. Birinci parça bükme ve sonuç tablosu	68
Çizelge 10.4. İkinci parça bükme ve sonuç tablosu.....	69
Çizelge 10.5. Basma testi ve sonucu.....	71
Çizelge 10.6. Çentik darbe testi ve sonucu	72
Çizelge 10.7. Alın kaynak nüfuziyet, ITAB ve sertlik ölçüm sonuçları.....	74
Çizelge 10.8. V kaynak (yatay) nüfuziyet, ITAB ve sertlik ölçüm sonuçları	76
Çizelge 10.9. T kaynak nüfuziyet, ITAB ve sertlik ölçüm sonuçları.....	78
Çizelge 10.10. Boğaz kaynak (boru-sac) nüfuziyet, ITAB ve sertlik ölçüm sonuçları..	80
Çizelge 10.11. Dolgu kaynak nüfuziyet, ITAB ve sertlik ölçüm sonuçları.....	82

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 4.1. Kaynak parametreleri ve sınıflandırılması.....	10
Şekil 5.1. Çekme deneyi grafiği ve önemli noktalar.....	21
Şekil 5.2. Çekme deneyi grafiği ve önemli bölgeler.....	22
Şekil 8.1. Kaynak kesit ölçüleri	46
Şekil 10.1. Çekme deneyi karşılaştırma grafiği	67
Şekil 10.2. Çentik darbe deneyi karşılaştırma grafiği.....	73
Şekil 10.3. Alın kaynak nüfuziyet, ITAB ve sertlik ölçüm grafikleri.....	76
Şekil 10.4. V kaynak (yatay) nüfuziyet, ITAB ve sertlik ölçüm grafikleri	77
Şekil 10.5. T kaynak nüfuziyet, ITAB ve sertlik ölçüm grafikleri	79
Şekil 10.6. Boğaz kaynak (boru-sac) nüfuziyet, ITAB ve sertlik ölçüm grafikleri	81
Şekil 10.7. Dolgu kaynağı nüfuziyet, ITAB ve sertlik ölçüm grafikleri.....	83

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. MAG kaynağı yöntemi	7
Resim 5.1. PT kontrolü yapılmış parça.....	17
Resim 5.2. Brinell sertlik testi.....	19
Resim 5.3. Vickers sertlik testi	20
Resim 5.4. Bükme testi düzeneği.....	23
Resim 5.5. Bükme testi uygulanmış parça.....	23
Resim 5.6. Çentik darbe test düzeneği.....	24
Resim 5.7. Çentik darbe test numuneleri	24
Resim 5.8. Makroyapı inceleme görüntüleri.....	25
Resim 8.1. Seviye ve faktörlerin minitab programına girilmesi.....	41
Resim 8.2. Kullanılabilir dizinler.....	42
Resim 8.3. Ortogonal dizi seçimi.....	42
Resim 8.4. L9 dizayn matrisinin oluşturulması	43
Resim 8.5. Deney tasarımı numuneleri.....	44
Resim 8.6. Deney tasarımı numune hazırlama	44
Resim 8.7. Deney tasarımı numuneleri.....	44
Resim 8.8. Minitab programı ile S/N değerlerinin hesaplanması.....	47
Resim 8.9. S/N oranları grafiği	47
Resim 9.1. Deneyde kullanılan kaynak robotu resmi	51
Resim 9.2. Deneyde kullanılan gazaltı kaynak makinası resmi.....	51
Resim 9.3. Optik spektral analiz cihazı	52
Resim 9.4. Numune kesme, zımparalama, parlatma cihazı	52
Resim 9.5. Sertlik ölçme cihazı	53

Resim**Sayfa**

Resim 10.1. Penetrant sıvı ile çatlak kontrol tezgahı	63
---	----



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

m³	metreküp
A	Amper
V	Volt
S	İlerleme
m²	Metrekare
σ	Gerilme
C	Karbon
Mn	Mangan
Fe	Demir

Kısaltmalar

Açıklamalar

ASTM	American Society for Testing and Materials
DIN	Deutsches Institut für Normung
ISO	International Organization for Standardization
ITAB	Isı tesiri altındaki bölge
MAG	Metal active gas
MIG	Metal inert gas
S/N	Gürültü oranı
TSE	Türk Standardları Enstitüsü

1. GİRİŞ

Günümüzde her alanda teknolojiyi geliştirmek, teknolojik yenilikleri insan hayatının bir parçası haline getirmek sanayide de kaçınılmaz bir gereklilik haline gelmiştir. İnsanın fiziksel gücünün sınırlarını zorlamak yerine, an az seviyede insanı zorlayacak makinaların kullanımı daha çağdaş ve güvenli üretim anlayışını doğurmuştur. Halen çok tehlikeli kategorisinde bulunan kaynak operasyonunun otomasyonu üretim sistemi içinde ele alınması öncelikli proses olarak öne çıkmaktadır.

Bu çalışmada geleneksel ve operatörün bilgi, beceri ve tecrübesine, kullanılan analog gazaltı kaynak makinalarının yetkinlikleri ile robotik kaynak yönteminin karşılaştırılması, kaynak kalitesi ve parametrelerine etkileri deneysel olarak karşılaştırılacak, avantaj ve dezavantajları belirlenecektir.

Literatür taraması

Endüstriyel robotlarda kullanılan kaynak parametrelerinin kaynak kalitesine ve nüfuziyetine etkisinin araştırılması adı altında yapılan yüksek lisans tezi çalışmasında; Renault firmasının kaynak kriterlerine ulaşmak için kaynak tiplerine göre optimum kaynak parametreleri belirlenmiş ve nüfuziyet değerlendirmeleri yapılmıştır. Bindirme ve T kaynak numuneleriyle yapılan çalışmada kaynak hızının kaynak sırasındaki akıma etki etmediği görülmüş, tel sürme hızının akımla doğru orantılı olduğu vurgulanmıştır. Kaynak nüfuziyetine etki eden en önemli parametrenin akım olduğu belirtilmiştir [1].

Robotik gazaltı kaynak parametrelerinden akım, gerilim ve kaynak ilerleme hızının Taguchi yöntemiyle optimizasyonu adı altında yapılan yüksek lisan tezi çalışmasında; Taguchi yöntemi kullanılarak yapılan deneyler sonucunda robotik gazaltı kaynak uygulamasında 2 mm. kalınlığındaki St 37 çeliğinin kaynaklı birleştirilmesinde seçilecek parametrelerin akım 250A., gerilim 22 V., kaynak ilerleme hızı içinde 0,4 m/dk. seçilmesi gerektiği bulunmuştur [2].

Alaşımsız çeliklere robotik gazaltı kaynağının uygulanması adı altında yapılan yüksek lisans tezi çalışmasında, kaynaklama metotlarının; St37 malzeme için ITAB' ın kırılma

direnci ve sertlik değeri üzerinde önemli etkilere sahip olduğu, kaynaklı numuneler üzerinde yapılan tüm testlerde, kopmalar ana metal üzerinde olduğu belirtilmiştir. Bu kritik sonuçlar; ana metalden daha yüksek mekanik değerlere sahip kaynak metali kullanılmasını gerektiren geleneksel kaynak tasarım çalışmaları için büyük önem taşıdığı sonucuna ulaşılmıştır [3].

Çeliklere gaz altı kaynağının uygulanması adı altında yapılan yüksek lisans tezi çalışmasında St-52 malzemeye SG2 teli kullanılarak küt alın kaynağı ve levha üzeri dikiş çekilerek deneysel çalışma yapılmıştır. Bu uygulamalarda farklı akım, gerilim ve kaynak ilerleme hızı parametreleri seçilmiştir. Daha sonra bu dikişlerin genişlik, tasan yükseklik, nüfuziyet derinliği ve yüzey temas açısı değerleri ölçülerek bu parametre değişimlerinin dikiş geometrisine etkileri incelenmiştir. Sonuç olarak yapılan deneyler incelendiğinde kaynak geometrisinde net birim dikiş enerjisinin etkisinin büyük olduğu gözlemlenmiştir. Akım ve gerilim artırıldığında dikiş geometrisinin tüm değerlerinin arttığı fakat hız artırıldığında dikiş geometrisinin tüm değerlerinin azaldığı belirtilmiştir. Bu bilgiler çerçevesinde manuel kaynakta ark uzunluğunun, kaynak ilerleme hızının ve torcun sabit tutulamamasından dolayı (torcun sağa ve sola manipülasyon yapması) kaynak genişliğini arttırdığı, bu nedenle çalışmanın kaynak robotu ile yapılması durumunda manuel kaynağa göre daha dar dikişler elde edilebileceği belirtilmiştir [4].

Koruyucu gaz kaynağında (MIG/MAG) gaz debisinin kaynak nüfuziyeti ve kaynak hızına etkisi adı altında yapılan yüksek lisans tezi çalışmasında Deneylerden elde edilen numuneler üzerinde nüfuziyet, dikiş genişliği ve sertlik değerleri karşılaştırmaları sonucunda diğer bütün parametreler sabit tutulduğunda kaynak hızı arttıkça ark tarafından eritilen ana malzeme dolgu teli tarafından yeterince doldurulamadığından dikiş genişliği azaldığı belirtilmiştir. Tüm kaynak parametreleri uygun seçilmiş olsa dahi dışarıdan gelebilecek; torcun sabit hızda tutulamaması, kaynakçının hatalı el hareketleri, hava akımları, elektriksel vb; etkenler kaynak dikişinde hatalara neden olabileceği aktarılmıştır [5].

Robot kaynaklı birleştirmelerde mekanik ve mikro yapının incelenmesi adı altında yapılan yüksek lisans tezi çalışmasında, St37/2 ve St 44/2 malzemelerinin OTC kaynak robotu ile birleştirilerek malzeme odaklı kaynak parametrelerinin belirlenmesinin amaçlanmış olup, kaynak makinesi yatay karakteristikli olduğu için amper arttıkça tel hızı arttığı, buna bağlı

olarak ta kaynak yüksekliğinin arttığı belirtilmiştir. Voltaj arttırıldığında kaynağın genişliğinin arttığı bu paralellikte çentik oluşumu gözlemlenmiştir. Parametreler arttıkça (Akım, Voltaj, kaynak ilerleme hızı) kaynakta makro yapısı üzerinde fiziki ölçü bozuklukları (yanma olukları) oluşturduğu gözlemlenmiştir [6].

Gazaltı kaynağında kaynak kalitesine tesir eden parametrelerin mekanik özelliklere etkisi adı altında yapılan yüksek lisans tezi çalışmasında; kaynaklama metotlarının ve kaynak parametrelerinin ITAB'ın (ısı tesiri altındaki bölge) tokluk ve sertlik değerleri üzerine belirgin bir etkisi olduğu, farklı parametreler (kaynak hızı, kaynak ağzı, kaynak teli, koruyucu gaz karışım oranı ve malzeme kalınlığı) kullanılarak kaynak edilmiş numunelerin sertlik değerleri referans numuneye göre düşük ölçüldüğü belirtilmiştir [7].

ITAB'de ana metalden daha yüksek sertlik değerleri oluşmakla beraber bu bölgenin malzeme kalitesi için de bir geçiş bölgesi oluşturduğu ve kılcal çatlamların oluşabileceği en kritik bölge olduğu ifade edilmiştir. ITAB'nin sertlik değeri için 350 Vickers değeri bir kriter olarak teklif edilmektedir [8].

Yapılan literatür taramasında, çalışmaların odak noktasının kaynak parametreleri olduğu, kaynak parametrelerinin kaynak özelliklerini etkileyen ve kaynak kalitesini belirleyen en önemli etken olarak göze çarptığı görülmektedir. Torç açısı, serbest tel boyu ve kaynak ilerleme hızı parametreleri, kaynak özelliklerini etkileyen en önemli parametrelerden olup geleneksel kaynakta bu parametrelerin sabitlenememesinin kaynak özelliklerine etkileri de bu çalışmada irdelenecektir.

Araştırmanın amacı

Bu çalışmada, endüstride kullanılan robotik kaynağın, kaynak parametreleri baz alınarak teknik anlamda tercih edilme gerekçelerini bulmaya yönelik testler yapılacak olup, bu testler sonucunda robotik ve geleneksel kaynağın öne çıkma nedenlerine bir cevap aranacaktır.

Sınırlılıklar

Deneysel çalışmada 350A'lık Panasonic kaynak robotu ve 400A'lık Oerlikon kaynak makinası kullanılacaktır. Test malzemeleri olarak SAE1040 ve St37 normlarında malzemelerden yararlanılacaktır. Çekme ve çentik darbe deneyleri için KOSGEB Sincan Hizmet Merkezi Müdürlüğü laboratuvarlarından yararlanılacaktır. Malzeme kimyasal analizleri OBLF spektral analiz cihazında, Vickers sertlik deneyleri Reicherter sertlik ölçme cihazında, makroyapı numune hazırlama işlemleri Metkon kesme ve parlatma cihazları kullanılarak Ekip Metalurji işletmesinde yapılacaktır.

Varsayımlar/Sayıtlar

Belirlenen kaynak parametrelerinin kontrolü robotik kaynakta tam olarak yapılmakla birlikte, geleneksel kaynakta torç açısı, ilerleme ve boşta tel boyu parametrelerinin doğruluğu, kaynak esnasında kontrol edilememektedir. Bu nedenle geleneksel kaynakta bu üç parametrenin doğruluğunu yakalayabilmek için parametrelerle ilgili bilgi verilerek kaynakçının yetkinliğine bırakılmıştır.

2. ROBOTLAR VE SINIFLANDIRILMASI

Robotun, Amerikan Robot Enstitüsü tarafından yapılan tanımı, "malzemelerin, parçaların ve araçların hareket ettirilebilmesi için tasarlanmış olan çok fonksiyonlu ve programlanabilir manipülatör veya farklı görevleri yerine getirebilmek için değişken programlı hareketleri gerçekleştirebilen özel araç" şeklindedir [9]. Robot sabit ya da hareketli bir kaide üzerinde en az bir kol, tutma organları (pensler, vantuzlar, veya elektromıknatıslar), proses makinaları (kaynak, plazma-lazer kesme, boyama makinaları ve aksesuarları) ile donatılmış, pnomatik, hidrolik veya elektriksel sensörler ile konumu ve basınç algılayıcılarıyla, bilgi işlem organlarına sahip kontrollü-mekanik manipülatörlerdir.

Sanayi robotunun en kapsamlı tanımı ve robot tiplerinin sınıflandırılması ISO 8373 standardında belirlenmiştir. Bu standarda göre bir robot şöyle tanımlanır: "Endüstriyel uygulamalarda kullanılan, üç veya daha fazla programlanabilir eksenli olan, otomatik kontrollü, yeniden programlanabilir, çok amaçlı, bir yerde sabit duran veya hareket edebilen manipülatör" [10].

Koordinat Eksenlerine ve Çalışma Hacimlerine Göre Robotlar aşağıdaki gibi sınıflandırılabilirler [11].

1. Kartezyen robotlar,
2. Silindirik robotlar,
3. Küresel robotlar,
4. Scara robotlar,
5. Mafsallı robotlar
6. Paralel robotlar.

Eğer bir robot herhangi bir iş yaparken kolu dairesel hareketli bağlamlarla oluşturuyorsa, bu tip robotlara Döner koordinat sistemli ya da mafsallı robotlar denir.

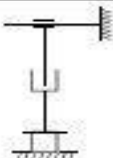
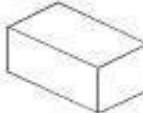
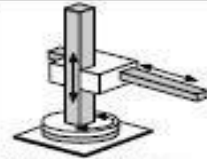
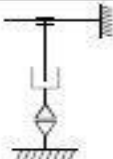
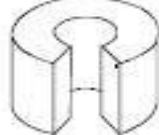
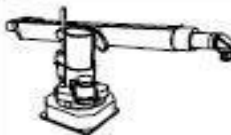
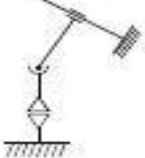
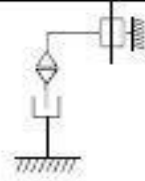
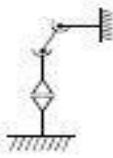
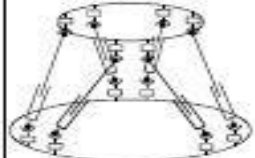
Robot kolunun bağlantıları gövde üzerine, etrafında dönecek şekilde monte edilmiştir ve dayanak noktaları birbirine benzeyen iki ayrı bölümü taşır. Dönen parçalar yatay ve dikey monte edilebilir. Bu tip robotlar insan kolunun yapabileceği çok sayıda hareketi

yapabilmektedirler. Bu özellikleri kullandıkları koordinat sisteminden (Döner koordinat sisteminden) almaktadırlar. Bu koordinat sisteminin gereği olarak omuz, dirsek ve bilek bağlantıları vardır.

Yapılan bu çalışmada da kaynaklı imalatla endüstride yaygın olarak tercih edilen mafsallı robot kullanılacaktır.

Bu robotların özet gösterim biçimi Çizelge 2.1'deki gibidir [12].

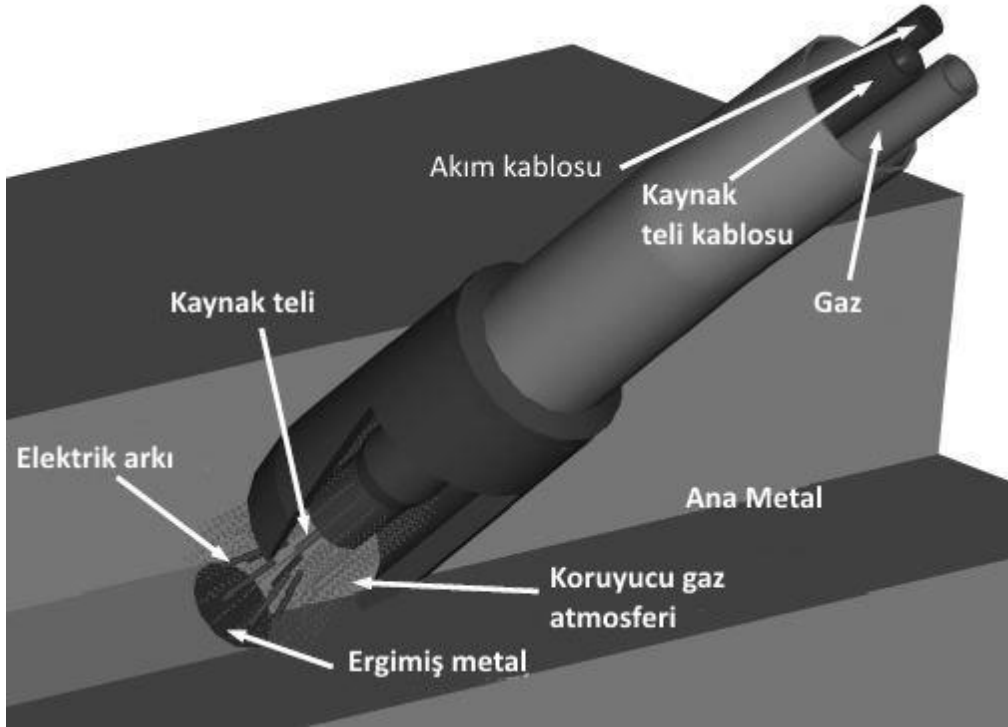
Çizelge 2.1. Robot çeşitleri ve fiziksel özellikleri

Robot	Eksenler		Örnekler
Prensibi	Kinematik Yapısı	Çalışma Hacmi	Fotoğraf
 Kartezyen Robot			
 Silindirik Robot			
 Küresel Robot			
 SCARA Robot			
 Mafsallı Robot			
 Paralel Robot			

3. GAZ ALTI KAYNAK METODU

Kaynak yapılacak bölgenin bir gaz ortamı ile korunduğu, ark kaynağı türü "gazaltı ark kaynağı" olarak adlandırılır. Gaz altı kaynak yöntemi, kullanılan koruyucu gaz türüne göre MIG ve MAG kaynağı olarak ikiye ayrılır. MAG kaynağı, Resim 5.1'de gösterildiği gibi eriyen elektrodla karbondioksit atmosferi altında yapılan, gazaltı kaynak yöntemidir. MAG sembolü, "Metal Active Gas" ifadesinin kelimelerinin baş harflerinin alınmasıyla oluşmuştur. MIG kaynağı, eriyen elektrodla argon, helyum gibi inert gaz ya da bunların karışımı olan koruyucu gaz atmosferi altında yapılan gazaltı kaynak usulüdür. MIG sembolü, "Metal Inert Gas" ifadesinin kelimelerinin baş harflerinin alınmasıyla oluşmuştur [13].

Yapılan çalışmada MAG kaynak yöntemi kullanılmıştır.



Resim 3.1. MAG kaynağı yöntemi



4. PROSES PARAMETRELERİ

Kaynak parametreleri kaynak işlemini ve elde edilen kaynak bağlantısının kalitesini belirleyen en önemli unsurlardır. Kaynak parametreleri, kaynaklanan metal veya alaşım ile kaynak metalinin türü ve kaynak ağız geometrisi gözönünde bulundurularak saptanır. Bu parametrelerin seçimi kaynakçının çalışma koşullarını kolaylaştırdığı gibi gereken özellikte kaynaklı bağlantı elde edebilme olasılığını da artırır.

Kaynak parametreleri, kaynak öncesi saptanan ve kaynak süresince değiştirilmesi mümkün olmayan parametreler, birinci derecede ayarlanabilir ve ikinci derecede ayarlanabilir parametreler olmak üzere üç ayrı grupta incelenebilir.

Birinci gruba giren parametreler kaynağın uygulanmasından önce saptanan, kaynak koruyucu gaz türü, elektrod tür ve çapı gibi etmenlerdir ve bunların kaynak işlemi esnasında değiştirilmesine olanak yoktur. Bu parametreler, kaynaklanan malzemenin türü, kalınlığı, kaynak pozisyonu, erime gücü ve bağlantıdan beklenen mekanik özellikler gözönüne alınarak saptanır.

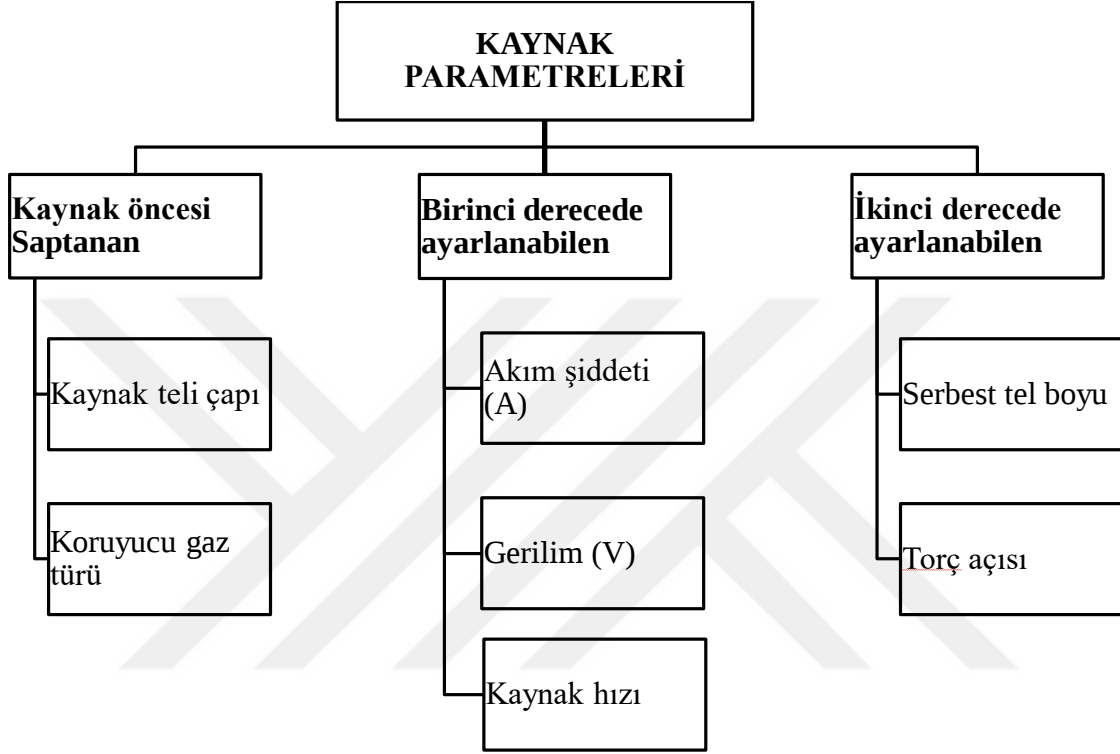
Birinci derecede ayarlanabilir olarak adlandırılan, ikinci gruba giren parametreler, ilk gruba giren parametreler seçildikten sonra, kaynak dikişini kontrol altında tutan, dikişin biçimini, boyutlarını, ark stabilitesini ve kaynaklı bağlantının emniyetini etkileyen değişkenlerdir. MIG-MAG kaynağında bu parametreler akım şiddeti, ark gerilimi ve kaynak hızıdır.

Bu parametreler kolaylıkla ölçülebildiği gibi, kaynak esnasında da gereken hallerde yeniden ayarlanabilen ve tüm dikişi en sıkı ve etkin bir biçimde kontrol altında tutan etmenlerdir.

Üçüncü gruba, kaynak işlemi süresince sürekli olarak değişen ve kaynak dikişinin biçimini oldukça şiddetli bir şekilde etkileyen parametreler girer. Bu parametrelerin önceden seçilip değerlendirilmeleri oldukça zordur ve bazı hallerde etkileri de açık bir şekilde görülmez. Bunlar genelde ikinci gruba giren parametreleri etkileyen ve dolaylı olarak da kaynak

dikişinin biçimini belirleyen parametrelerdir. MIG-MAG kaynağında bunlar torç açısı ve elektrod serbest uç uzunluğu olarak sıralanabilir [14].

Kaynak parametreleri ve sınıflandırılması Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1. Kaynak Parametreleri ve sınıflandırılması

4.1. Kaynak Öncesi Saptanan Parametreler

4.1.1. Kaynak teli çapı

Her tür kaynak teli bileşimi için çapa bağlı olarak bir akım şiddeti aralığı vardır. Büyük çaplı kaynak telleri daha yüksek akım şiddeti ile kullanılabildiklerinden daha yüksek bir erime gücüne sahiptirler ve daha derin nüfuziyetli dikişler oluştururlar. Erime gücü akım yoğunluğunun bir fonksiyonudur, eş çaplı iki kaynak teli farklı akım şiddetlerinde kullanıldıklarında, yüksek akım şiddeti ile yüklenende, akım yoğunluğu büyük olduğundan, daha yüksek bir erime gücü elde edilir. Dikişin nüfuziyeti de, akım yoğunluğuna bağlıdır, aynı akım şiddetinde, küçük çaplı kaynak teliyle daha derin

nüfuziyetli dikişler elde edilir. Büyük çaplı kaynak teli kullanımında ise kaynak dikişi daha büyük olur.

Kullanılacak olan kaynak telinin çapının seçiminde kaynatılan parçanın kalınlığı, nüfuziyet derecesi, erime gücü, arzu edilen kaynak dikişi profili, kaynak pozisyonu ve kaynak telinin fiyatı göz önünde bulundurulur. Küçük çaplı kaynak telleri ağırlık ölçüsünde daha pahalıdır, fakat her uygulama için kaynak maliyetini asgariye indiren bir kaynak teli çapı bulmak mümkündür [14].

4.1.2. Koruyucu gaz türü

Gazaltı kaynağında çeşitli türlerde gazlar kullanılır ve her gazın oluşturduğu erime gücü, dikiş biçimi ve nüfuziyet birbirlerinden farklıdır. Koruyucu gaz türünün aynı zamanda kaynak esnasında sıçrama miktarına, kaynak hızına, kaynak metalinin arktaki transfer şekline ve elde edilen bağlantının mekanik özelliklerine etkisi vardır.

Demir esaslı metallerin kaynağında saf karbondioksit ile argon-karbondioksit ve argon-oksijen karışımları kullanılır. Karbondioksitin koruyucu gaz olarak kullanılması halinde aynı akım şiddeti için en büyük erime gücü, en derin nüfuziyet, en geniş ve en konveks kaynak dikişi elde edilir. Karbondioksit en ucuz koruyucu gaz olmasına karşın en fazla sıçrama kaybı ve en fazla duman oluşturan gazdır. Karbondioksitin koruyucu gaz olarak kullanılması halinde oluşan yüksek ısı girdisi dolayısı ile aynı akım şiddeti için daha yüksek hızlarda kaynak yapmak mümkün olabilmektedir.

Argon ve argon-oksijen karışımı gazlar, kaynak esnasında karbondioksitin tam bir karşıtı özellik gösterirler; bu gazlar ile en düşük erime gücü, en az nüfuziyet, en dar ve en az yüksek kaynak dikişi elde edilir. Argon-oksijen karışımı gazlar aynı zamanda en az duman ve en az sıçrama oluşturan bir kaynak işlemi sağlarlar. Argon-karbondioksit karışımı gazlar ise karbondioksit ve argon-oksijen karışımı arasında bir özellik gösterirler.

Demir dışı metallerin kaynağında kullanılan koruyucu gazlar, argon, helyum ve argon-helyum karışımlarıdır. Bu durumda da argon en az nüfuziyeti ve en düşük erime gücünü, en dar dikişi veren gazdır.

Helyum ve argon-helyum karışımlarına oranla daha ucuz olan argon, aynı zamanda en az sıçrama oluşturan gazdır. Helyum en derin nüfuziyeti, daha yüksek bir erime gücü, geniş ve konveks bir kaynak dikişi oluşumunu sağlar. Helyumun kullanılması halinde aynı ark boyu için ark gerilimi daha yüksektir ve kaynak esnasında koruyucu gaz sarfiyatı argona nazaran daha fazladır [14].

4.2. Birinci Derecede Ayarlanabilir Parametreler

4.2.1. Kaynak akım şiddeti

Kaynakta kullanılan akım şiddetinin erime gücüne, kaynak dikiş biçim ve boyutlarına ve nüfuziyete etkisi diğer bütün parametrelerden daha şiddetlidir. Sabit gerilim sistemli olan MIG-MAG kaynak makinalarında, kaynak akım şiddeti tel hızı ile beraberce, tel hız ayarı düğmesinden ayarlanır, tel ilerletme hızı arttıkça, kaynak akım şiddeti de artar. Robotik kaynakta ise robot kullanım ekranından istenen yerde, istenen değerle rahatlıkla ayarlanabilir.

Kaynak akım şiddeti yükseldikçe erime gücü de artar. Artan akım şiddeti ile erime gücü arasındaki ilişkinin doğrusal olmadığı, yüksek akım yoğunluklarında erime gücü daha şiddetli artmaktadır. Bu durum serbest tel ucunda, telin yüksek akım şiddetlerinde ortaya çıkan şiddetli bir elektrik direnç ısıtmasına bağlanmaktadır. Bütün diğer kaynak parametreleri sabit tutulduğu zaman artan akım şiddeti ile kaynak dikişinin eninin yüksekliğinin, nüfuziyetinin ve boyutlarının artan akım şiddeti ile arttığı görülür. Aşırı yüksek akım şiddeti çok geniş bir kaynak banyosu ve derin nüfuziyete neden olduğundan delinmelerin ortaya çıkmasına neden olabilir; çok düşük akım şiddeti de çok kötü bir nüfuziyete ve elektrod metalinin parçanın üzerine yığılmasına neden olur [14].

4.2.2. Kaynak gerilimi (Ark boyu)

Sabit gerilim karakteristikli bir kaynak akım üreticinde ark gerilimi veya kaynak gerilimi, elektrod ucu ile iş parçası arasındaki uzaklık tarafından belirlenir.

Sabit gerilim karakteristikli kaynak akım üreteçlerinde ark gerilimi, akım üreticinin ince ve kaba ayar düğmelerinden kademeli olarak veya bazı tiplerde ise potansiyometre ile

kademesiz olarak ayarlanır. Zira bu tür akım üreteçlerinde, her ark gerilimi değeri için makina tarafından sabit olarak tutulan bir ark boyu vardır; sabit akım karakteristikli makinalarda (örtülü elektrod ile ark kaynağı, TIG) ise ark boyunu kaynakçı ayarlamak zorundadır.

Yukarıda belirtilen ayarlar robotik kaynakta yine robot kullanım ekranından çok yüksek hassasiyetlerde rahatça yapılabilmektedir.

Bir uygulama için ark gerilimi, kullanılan koruyucu gaz, elektrod çapı, kaynak pozisyonu, ağız şekli ve esas metalin kalınlığı göz önünde bulundurularak saptanır. Her koşulda aynı kaynak dikişini veren bir sabit ark boyu mevcut değildir. Örneğin, ark boyu, aynı gerilim için helyum ve karbondioksit kullanılması halinde, argonun koruyucu gaz olarak kullanılması haline göre çok daha uzundur. Bütün diğer parametreler sabit tutulmak koşulu ile ark geriliminin artması, halinde kaynak dikişi yaygın ve geniş bir biçim alır.

Nüfuziyet ise artan ark gerilimi ile bir optimum değere kadar artar ve bu değerden sonra azalmaya başlar. Yüksek ark gerilimi, nüfuziyetin azlığı dolayısı ile bazı geniş aralıklarda kök pasoda köprü kurabilmek için kullanılır. Çok küçük ark gerilimi çok dar ve aşırı şişkin (konveks) kaynak dikişlerinin oluşmasına, aşırı derecede küçük ark gerilimi ise poroziteye neden olur.

Uygun seçilmiş bir çalışma noktası, arkın sakin ve kararlı bir şekilde yanışı ile kendini belli eder. Bir MIG-MAG kaynak akım üretecinde sabit gerilim karakteristik ayar imkânı ne kadar fazla olursa optimal çalışma noktasının saptanması da o derece de kolay olur. Genel olarak Standard akım üreteçlerinde 3 kaba ayar ve 5 adet ince ayar vardır, bu da toplam 15 kademedede gerilim ayar olanağı sağlar [14].

4.2.3. Kaynak hızı

Kaynak hızı yarı otomatik yöntemlerde kaynakçı, otomatik veya mekanize yöntemlerde ise robotun programlanma sürecinde ayarlanır.

Kaynak hızı, kaynak arkının iş parçası boyunca olan hareketi veya birim zamanda yapılan kaynak dikişi boyu olarak tanımlanır. En derin nüfuziyet kaynak hızının optimum

değerinde elde edilir ve bu hızın yavaşlaması veya artması hallerinde ise nüfuziyet azalır. Kaynak hızı yavaş olduğu zaman, birim zamanda birim boya yığılan kaynak metali artar ve bu da kaynak banyosunun büyümesine neden olur, çok akışkan hale gelen sıvı metal ağız içinde arkın önüne doğru akar ve bu da nüfuziyetin azalmasına neden olur ve sonuçta geniş bir kaynak dikişi elde edilir. Kaynak hızının artması, dikiş yüksekliğinin artmasına neden olur.

Aşırı derecede yavaş kaynak hızı, fazla miktarda kaynak metalinin yığılması ve nüfuziyetin azlığı nedeni ile ağız kenarlarında kalan bölge oluşmasına neden olur. Hızın artması birim boya verilen ısıнын azalmasına ve dolayısı ile de esas metalin eriyen miktarlarının azalmasına neden olur ve bu da nüfuziyeti azaltır. Kaynak hızının aşırı artması, kaynak metalinin kaynak ağzını doldurmaması nedeni ile dikiş kenarlarında yanma oluklarını andıran yarıkların oluşmasına neden olur [14].

4.3. İkinci Derecede Ayarlanabilir Parametreler

4.3.1. Serbest tel uzunluğu

Elektrod serbest tel uzunluğu, torç içindeki kontak borusunun en uç noktası ile tel elektrodun uç kısmı arasındaki mesafe olarak tarif edilir. Bu boyun uzaması sonucu elektrodun elektrik direnci artar ve elektrodun ön ısınması diye tanımlanan sıcaklığı yükselir ve dolayısı ile de elektrodun uç noktasını eritebilmek için gerekli akım şiddetinde azalma ortaya çıkar. Serbest tel uzunluğunun artması erime gücünün artmasına, nüfuziyetin azalmasına neden olur, sonuç olarak serbest tel uzunluğunun aşırı artması, fazla miktarda soğuk kaynak metalinin (düşük sıcaklıkta) kaynak dikişine yığılmasına neden olur.

Genel olarak serbest tel uzunluğu, kaynak ağzında, kısa bir bölgede kök açıklığının değiştiği hallerde, dikişi kompanse edebilmek amacıyla kullanılır. Örneğin; geniş kök açıklığı halinde, nüfuziyetin azaltılmasının gerekli olduğu yerlerde serbest tel uzunluğu artırılarak akım şiddetinin ve nüfuziyetin azaltılması sağlanmış olur [14].

4.3.2. Torç açısı

Kaynak elektrodunun veya torçunun iş parçasına göre konumu ve kaynak esnasındaki hareketi kaynak dikişinin formunu etkileyen etmenlerden bir tanesidir.

Kaynak elektrodunun konumunu, kaynak dikişini referans alarak belirlemek konusunda Avrupa’da bir kural veya alışkanlık yoktur, buna karşın Amerikan literatüründe bu konuya yer verilmektedir. Bu konumlamaya göre, kaynak doğrultusuna dik düzleme çalışma düzlemi ve bu düzlem üzerinde torçun iz düşümü ile kaynak yapılan parçanın üst yüzü arasındaki açıya çalışma açısı denir.

Kaynak doğrultusu ve elektrod'dan geçen düzleme de hareket düzlemi adı verilir. Elektrodun bu düzlemde bulunan ve kaynak doğrultusuna dik olan çizgi ile yaptığı açı hareket açısı diye tanımlanır ve elektrodun ucu kaynak yönünde olursa bu açı negatif, aksi yönde olursa pozitif olarak gösterilir.

MIG - MAG kaynağında da, aynen oksiasetilen kaynağında olduğu gibi sola ve sağa kaynak yöntemi uygulanabilir.

Torçun kaynak yapılan iş parçasına tam dik olarak tutulması halinde sağ veya sol kaynak arasında sonuç yönünden bir fark görülemez, buna karşın kaynak hamlacı 30°'ye kadar bir hareket açısı ile tutulduğu zaman sol ve sağ kaynağın dikiş biçimi üzerine olan etkisi açık bir şekilde görülür. Hareket açısı 30°'yi aşmadığı sürece, bu açı, kaynağın, kaynakçı tarafından kontroluna yardımcı olur; kaynakçı kaynak banyosunu ve elektrod ucunun erimesini rahatlıkla görebildiği için dikişin kalitesi yükselir. Buna karşın bu değer aşıldığında nüfuziyet azalır ve dikiş incelir, bu durumda kaynak hızının arttırılması gerekir, aksi halde sıvı metal kaynak banyosunun önüne doğru ilerler ve dikişte gözenek ve kalıntı oluşumu olasılığı artar; eğimin fazlaşması diğer yönden koruyucu gaz akımının da etkilediğinin, gazın koruma etkinliği azalır.

Sağa kaynak pozitif hareket açısı ile daha dar, daha yüksek ve daha derin nüfuziyetli dikiş elde edilir, ark daha stabildir ve sıçrama daha azdır; sağa kaynak daha ziyade çeliklerin kaynağında tercih edilen bir yöntemdir. Sola kaynak (hareket açısı negatif) ise

kontaminasyona mani olmak ve esas metale intikal eden ısı miktarını azaltmak gayesi ile alüminyumun kaynağında tercih edilen bir yöntemdir.

MIG-MAG yönteminde kaynak dikişinin biçimine, kaynak dikişinin yataya nazaran konumu da büyük ölçüde etkiler; zira kaynak esnasında banyo sıvı haldedir ve kaynak ağzı içinde yer çekiminin etkisi ile eğim doğrultusunda akmak ister. Bu olayın etkisi en belirgin bir biçimde büyük çaplı bir boru biçiminde bir yapının çevre kaynağının, torç sabit tutulup parçanın eksenine etrafında döndürülerek gerçekleştirilmesinde görülür [15].

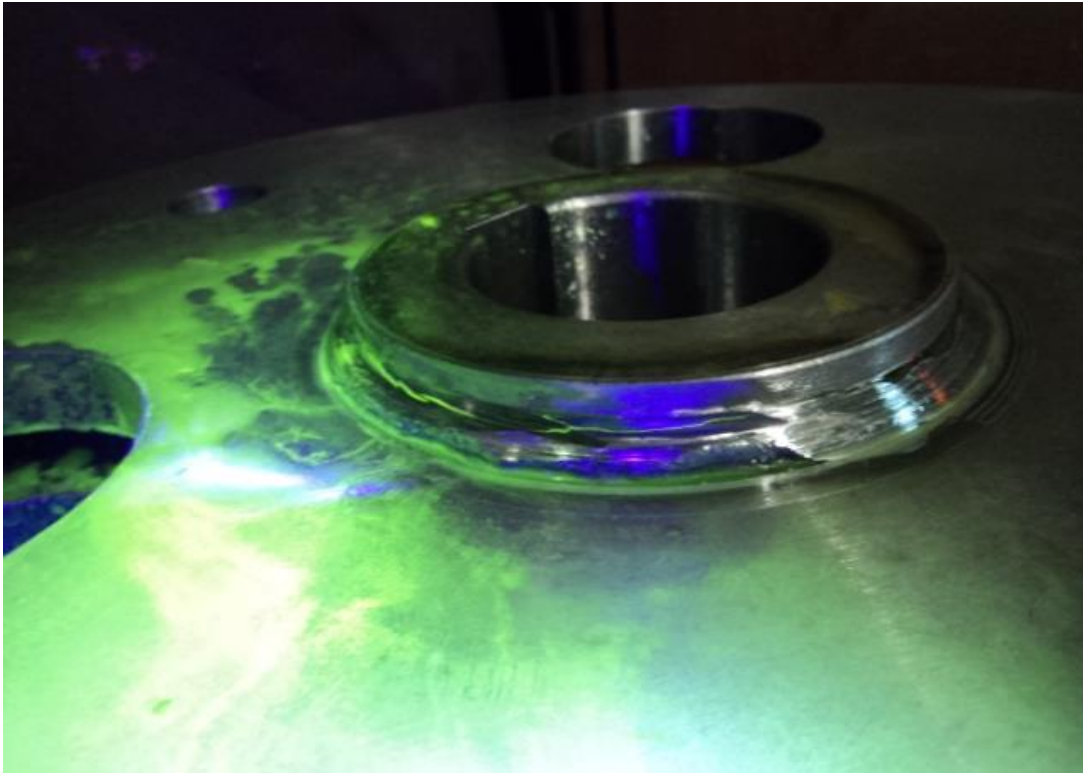


5. KAYNAK KONTROLÜ METOTLARI

5.1. Penetrant Testi (PT) İle Çatlak Kontrolü

Bu muayene metodu metalik veya metalik olmayan bütün malzemelerde yüzey hatalarının tespiti için kullanılmaktadır. Hataların bu metotla tespit edilebilmesi için çatlakların muayene yüzeyine açık olması gerekir. Muayene yüzeyinin altında kalan veya herhangi bir nedenle yüzeye açıklığı kapanmış bulunan hatalar bu metotla tespit edilemez. Ayrıca muayene parçasının çok gözenekli bir yapıya sahip olması da bu metotla tespit olanağını ortadan kaldırır.

PT muhtemelen en yaygın kullanılan NDT metodudur. Test malzemesi, akım geçen iki kutup arasına konularak görünür ya da Fluorescent boya çözeltisi ile kaplanır. Test parçasında çatlak olması durumunda bu çözelti içindeki parçacıklar çatlakla nüfuz eder. Floresan moröresi ışıkla parçaya bakıldığında bu çatlaklar kılcal ve mat renkli olarak gözlemlenir. Görülebilir boya ile, nüfuz eden madde ve geliştirici arasındaki parlak renk farklılığı dışarı taşmayı Resim 5.1'deki gibi görülebilir hale getirir.



Resim 5.1. PT kontrolü yapılmış parça

Tüm hazırlanan eş numuneler tahribatlı muayeneye geçmeden önce bu kontrole tabi tutulup raporlanacaktır.

5.2. Sertlik Kontrolü

Yapılacak deneyde aşağıda açıklanan sertlik testleri kullanılabilir. Sertlik ölçümü alınacak yüzey baz alındığında bu yüzeylerin birbirine bitişik ve ITAB bölgesinin alan genişliğinin küçük olması sebebiyle Vickers sertlik testinin kullanılması daha uygun olacaktır.

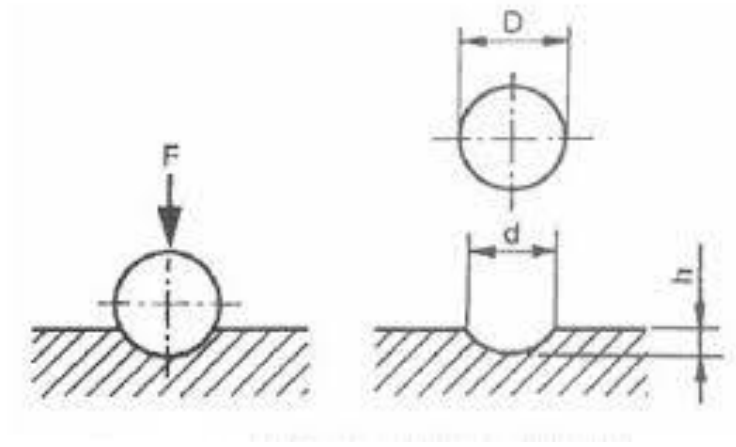
5.2.1. Brinell sertlik testi

Belli çaptaki sert bir bilya malzeme yüzeyine belli bir P yükü uygulanarak 30 saniye süre ile bastırılır. Deneyde uygulanan yükün meydana gelen izin alana bölünmesiyle Brinell sertlik değeri (BSD) bulunur. 400 Brinell değerine kadar sertlik değerleri için sertleştirilmiş çelik bilyalar, daha büyük sertlikler için sinterlenmiş malzemeden yapılmış bilyalar kullanılır. Baskı ucu olarak kullanılan bilyalarda max +- % ½ çap farklarına izin verilir. En fazla kullanılan bilya çapları: 0,625 ; 1,25; 2,5; 5 ve 10 mm' dir.

Parça kalınlığına bağlı olarak tercih edilir. Tercih edilecek bilya çapları Çizelge 5.1'de verilmiştir. Brinell sertlik testi uygulama yöntemi ise Resim 5.2'de görülmektedir.

Çizelge 5.1. Malzeme kalınlığına göre bilya çapları

Malzeme kalınlığı (mm)	Bilya çapı (mm)
>6	2,5 –5 –10
3 – 6	2,5 –5
2 – 3	2,5



Resim 5.2. Brinell sertlik testi

Brinell Sertlik Değeri aşağıdaki eşitlikle belirlenmekle birlikte, günümüzde kullanılan sertlik cihazları sertlik değerlerini doğrudan hesaplamaktadırlar.

$$HB = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

HB= Brinell sertlik değeri

P= Uygulanan kuvvet

A= Bilyenin parça üzerinde meydana getirdiği küresel iz alanı

D= Bilye çapı, mm

d= Sertliği ölçülen parça üzerindeki iz çapı, mm

5.2.2. Vickers sertlik testi

Vickers sertlik ölçme yöntemi, sertliği ölçülecek malzeme yüzeyine, tabanı kare olan tepe açısı 136° olan piramit şeklindeki bir ucun belirli bir yük altında batırılması ve yük kaldırıldıktan sonra meydana gelen izin köşegenlerinin ölçülmesini içerir. (Resim 5.3) Ölçme ve değerlendirme kriterleri aynı Brinell yöntemindeki gibidir. Bu yöntemi Brinell yönteminden ayıran özellik kullanılan ölçme ucunun farklı olmasıdır. Bu yöntem, daha sert malzemelerin ölçümlerinde veya daha hassas ölçümler için tercih edilir.

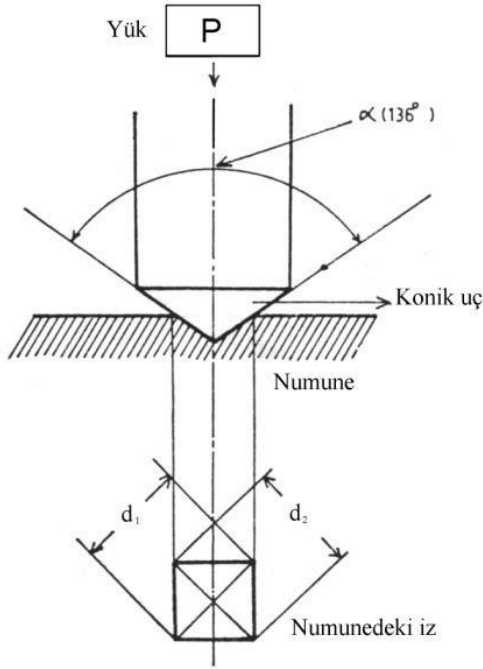
Vickers Sertlik Değeri aşağıdaki eşitlikle belirlenmekle birlikte, günümüzde kullanılan sertlik cihazları sertlik değerlerini doğrudan hesaplamaktadırlar.

$$HV = \frac{2P \left(\frac{\sin \alpha}{2} \right)}{d^2}$$

P=Uygulanan deney yükü (kg),

d= İz köşegenlerinin ortalaması (mm),

α =Tepe açısı= 136°



Resim 5.3. Vickers sertlik testi

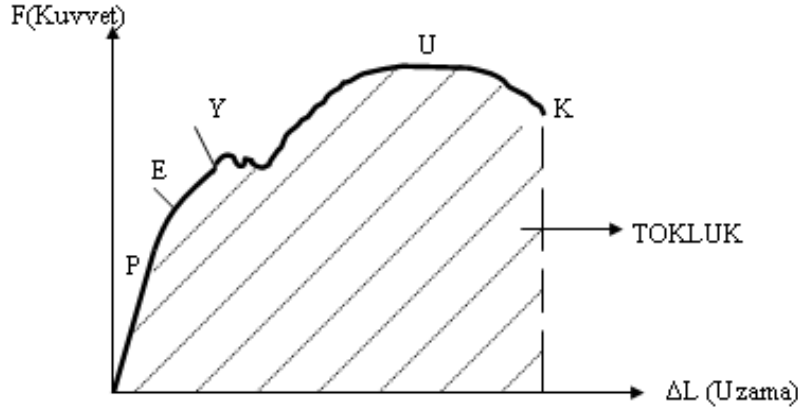
5.3. Çekme Testi

Mühendislik malzemeleri rijit olmadığından kuvvet altında deforme olup, şekil ve boyut değişiklikleri gösterirler. Malzeme özelliklerini anlamak üzere mekanik testler yapılır. Bunlardan en önemlisi “çekme deneyi”dir.

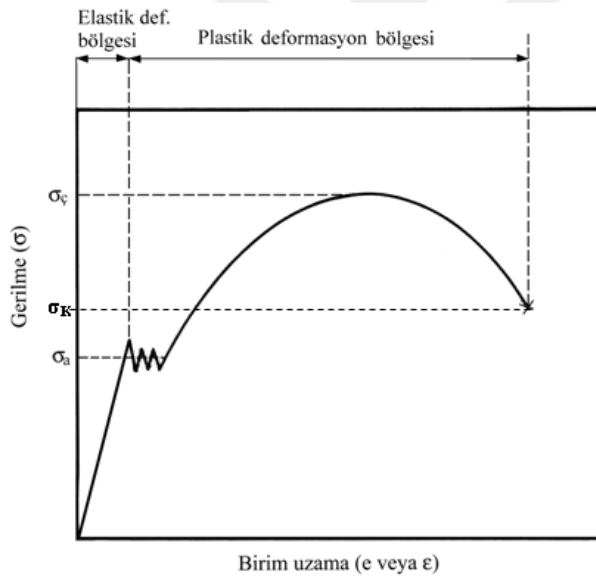
Çekme deneyinin amacı; malzemelerin statik yük altındaki elastik ve plastik davranışlarını belirlemektir. Bunun için boyutları standartlara uygun daire veya dikdörtgen kesitli deney parçası; çekme cihazına bağlanarak, aksenal ve değişken kuvvetler uygulanır.

Çekme cihazı esas olarak; birbirine göre aşağı ve yukarı hareket edebilen, deney parçasının bağlandığı iki çene ve bunlara hareket veya kuvvet veren, bu iki büyüklüğü ölçen ünitelerden oluşur. Çenelerden birisi sabit hızda hareket ettirilerek deney parçasına

değişken miktarlarda çekme kuvveti uygulanır ve bu kuvvete karşılık gelen uzama kaydedilir [16].



Şekil 5.1. Çekme deneyi grafiği ve önemli noktalar



Şekil 5.2. Çekme deneyi grafiği ve önemli bölgeler

Küçük kuvvet seviyelerinde uzama miktarı kuvvet ile doğru orantılıdır. Malzeme elastik davranış içindedir; yani kuvvet kaldırılınca uzama sıfırlanır. Bu karakter Şekil 5.1’de gösterilen P noktasına kadar devam eder. Orantı limiti P den sonra lineer fonksiyon eğimini değiştirir. Ancak elastik davranış devam eder. Elastik davranış E “Elastik Limiti” noktasında sona erer. E den sonra kalıcı; yani plastik deformasyonlar başlar. Kuvvet azaltıldığında lineer fonksiyona paralel bir yol izler. Ancak kuvvetin sıfır olduğu yerde deformasyon artık sıfır olmaz, belirli bir plastik deformasyon kalır.

Malzeme yüklenmeye devam edilirse Y noktasında akar. Akma noktasında kuvvet aynı iken büyük miktarda plastik deformasyon oluşur. Akan malzeme “çalışma sertleşmesi”ne uğrar ve daha mukavim hale gelerek daha fazla kuvvet alabilir hale gelir.

Bu malzeme üzerindeki kuvvet daha da arttırılarak U noktasına ulaşılır. U noktası “maksimum gerilme” noktası olup, burada malzeme kesitinde lokal daralmalar başlar. Buna malzemenin “boyun vermesi” denir. Boyun verme de malzemenin çalışma sertleşmesine uğramasına sebep olur ve malzeme daha fazla gerilimler alabilir; ancak boyun bölgesinde kesit alanı daraldığından taşıdığı net kuvvet azalır. Numune genellikle kontrolsüz bir şekilde K noktasına ilerler ve orada kopar.

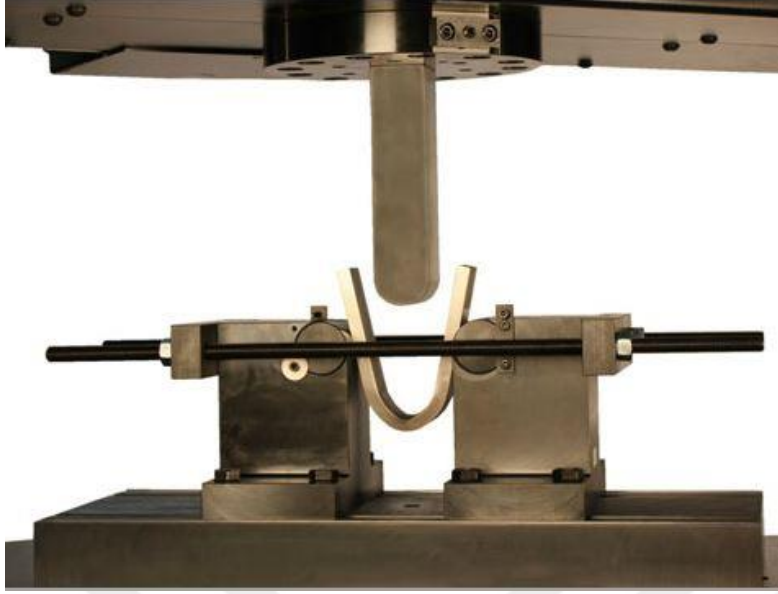
Kuvvet-uzama eğrisinin altında kalan alan o numuneyi bozunuma uğratmak için gereken enerjiyi eşit olup; tokluk adı verilir.

Kuvvet-uzama eğrisi daha sonra yeniden ölçeklendirilir. Uzamalar malzemenin ilk uzunluğuna bölünerek “birim-uzama” ya çevrilir. Aynı şekilde kuvvet numunenin ilk kesit alanına bölünerek “gerilim” hesaplanır ve dikey eksen tekrar ölçeklendirilir.

Malzeme kopana kadar önemli miktarda deformasyona uğradıysa “sünek”, az deforme olmuşsa “gevrek” yapıya sahiptir.

5.4. Bükme Testi

İki desteğe serbest olarak oturtulan deney parçasının yön değiştirmeksizin kaynaklı bölgeye bir eğme kuvveti uygulandığında oluşan biçim değişimidir. (Resim 5.4) Bu testle test parçasının kaynak dikişine dik olarak öngörülen çapta bir mandrel üzerinde 180° eğilmesi suretiyle kaynak bağlantısının şekil değiştirme kabiliyeti bulunur. Eğme deneyi malzemenin mukavemeti hakkında tasarım bilgilerini belirlemek ve malzemenin eğilmeye karşı kaynak sünekliği ve kaynak proses verimliliğini tespit etmek amacıyla yapılır. Numunenin çekme (daha düşük) kısmı, çatlak ya da kusurlar için görsel olarak incelenmektedir [16].



Resim 5.4. Bükme testi düzeneği

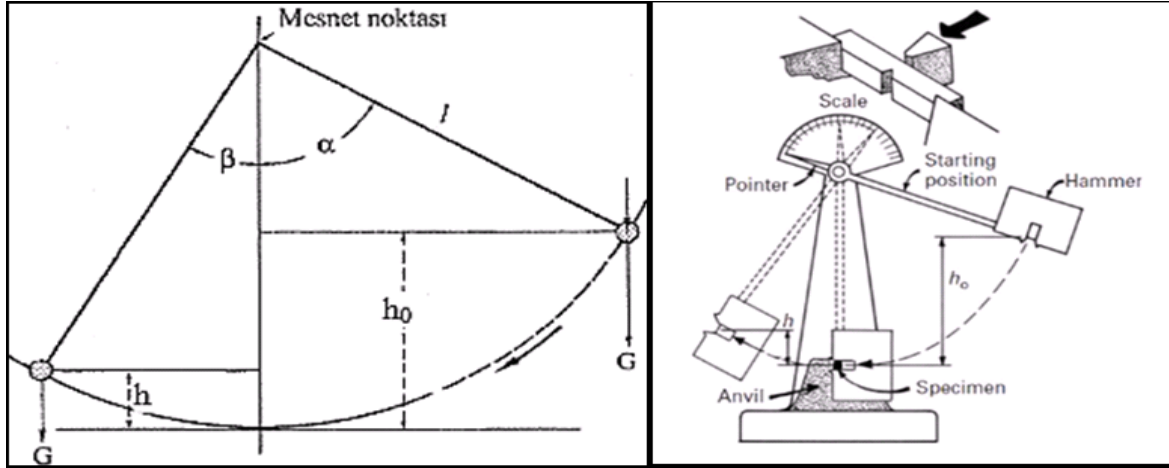


Resim 5.5. Bükme testi uygulanmış parça

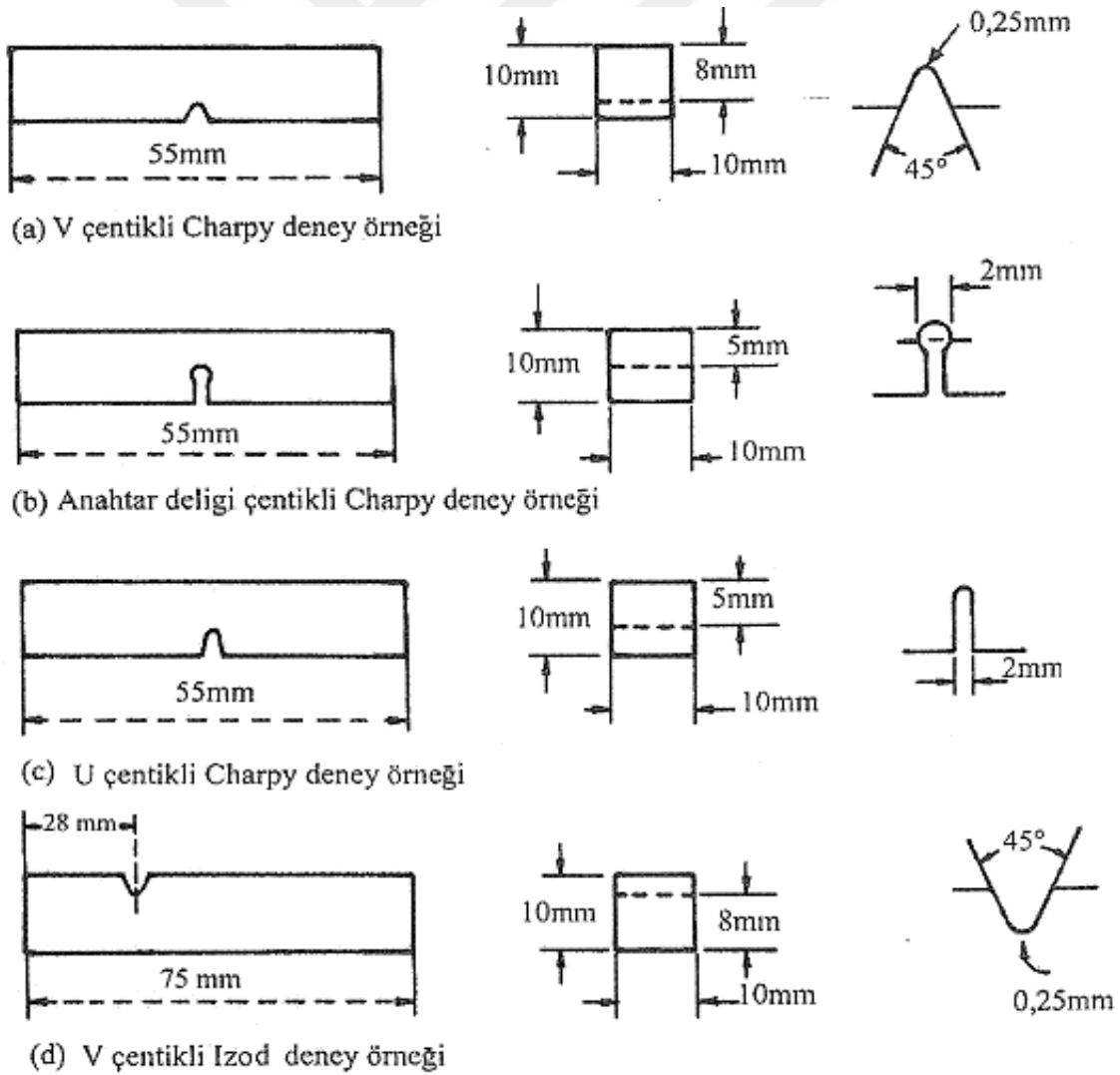
5.5. Çentik Darbe Testi

Yatay ve basit kiriş halinde 2 mesnede yaslanan numunenin çentik tabanına bir sarkacın ucundaki çekiçle darbe yapılması ve çentik tabanında meydana gelen çok eksenli gerilimler etkisi ile numunenin kırılması için harcanan enerjiyi bulma işlemidir. (Resim

5.6) Numuneler Resim 5.7'deki gibi hazırlanır. Çentik bölgesi kaynak dikişinde olmalıdır.



Resim 5.6. Çentik darbe test düzeneği



Resim 5.7. Çentik darbe test numuneleri

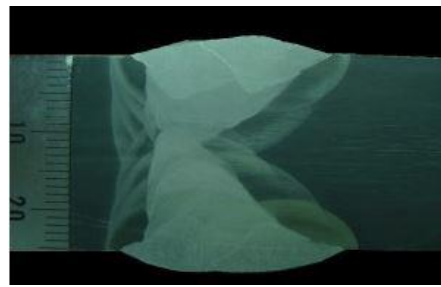
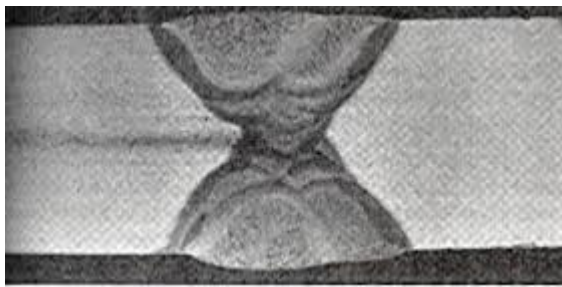
Deneyde numunenin dinamik zorlama altında kırılması için gereken enerji belirlenir. Bulunan değer malzemenin darbe direnci (darbe mukavemeti) olarak tanımlanır.

5.6. Basma Testi

Basma deneyi, hazırlanan deney numunesinin (örnek), sabit sıcaklıkta ve tek ekseninde, belirli bir hızla, malzeme dağılıncaya kadar (yük taşıyamaz duruma gelene kadar) basılması işlemidir. Bu deneyde boğaz kaynağıyla birbirine kaynatılan boru parçalarının kaynak dikişi üzerine ve boru kesitine dik doğrultuda kuvvet uygulanması suretiyle kaynağın dayanımı gözlemlenecektir.

5.7. Makroyapı Kontrolü

Bu incelemede kaynak kesiti mikroskop altında makrografik olarak incelenerek kaynak içindeki cüruf, gaz boşlukları, çatlak gibi hatalar tespit edilecek, nüfuziyet ve ITAB ölçümleri yapılacaktır. Bu incelemede belirlenen bölgelerden çıkarılan kesitler önce şerit testere ile kesilecek, sonra numune kesme cihazıyla hassas olarak kesilecektir. Sırasıyla 240, 320 ve 800 numaralı zımparalarla yüzey temizlenecek, elmas solüsyonu kullanılarak kadife çuhada parlatılacaktır. Bölgenin görüntüsünü elde etmek için %5 nital ile dağlama yapılacaktır.



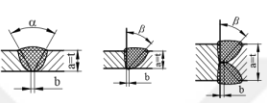
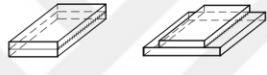
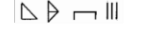
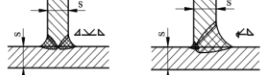
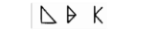
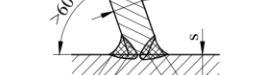
Resim 5.8. Makroyapı inceleme görüntüleri



6. KAYNAK ŞEKİLLERİ

Kaynatılacak parçaların pozisyonlarına göre uygulanacak dikiş şekilleri Çizelge 6.1’de verilmiştir [17]. Çizelge 6.2’de ise kaynak ağzı ölçüleri görülmektedir [18]. Deneysel çalışmada bu tablolardan yararlanılacak test numuneleri hazırlanacaktır.

Çizelge 6.1. Parça durumları ve dikiş şekilleri (DIN 1912) [15]

	Parçaların konumu			Tanımlama	Sembolü, Düşünceler
1	Alın konumu			Parçalar bir düzlemde bulunur ve bir birleriyle alın temasındadır.	 Kuvvet akışı gayet normal. Kullanılması önerilen kaynak şekli
2	Paralel konum			Parçalar bir birleriyle paralel durumdadır.	 Genelde eğilmeye zorlanan kirişlerde kullanılır.
3	Üst üste konum			Parçalar bir birleriyle paralel üst üste kaydırılmış durumdadır.	 Genelde çelik konstrüksiyonda kullanılır.
4	T-konum			Bir parça diğer parça ile dik açılı T durumundadır.	 Enine zorlanmada önlemler alınması şart. *)2
5	Çift T-konumu			Aynı düzlemde bulunan iki parçanın arasına dik olarak üçüncü bir parçanın gelmesi.	 Enine zorlanmada önlemler alınması şart. *)2
6	Eğik konum			Bir parça diğer parça ile dik açıdan daha küçük bir açı durumundadır.	 Eğiklik açısı $\geq 60^\circ$. Enine zorlanmada önlemler alınması şart. *)2
7	Köşe durumu			İki parça herhangi bir açı köşe durumunda.	 T konumuna göre daha az zorlanabilir.
8	Çok parça durumu			Üç veya daha fazla parça bir doğrudaki herhangi bir açı ile birleşme durumunda.	Büyük yükler için kullanışlı değil. Parçaların hepsinin mukavemeti kullanılamaz.
9	Çapraz durum			Çift T durumunun dik açı dışındaki durumu.	 Çelik konstrüksiyonda çok ender.

Çizelge 6.1. (devam) Parça durumları ve dikiş şekilleri (DIN 1912) [15]

Ref. No.	Material thickness	Type of preparation	Symbol (in accordance with ISO 2553)	Cross-section	Dimensions				Recommended welding process (reference number in accordance with ISO 4063)	Weld illustration	Remarks
					Angle ^a	Gap ^b	Thickness of root face	Depth of preparation			
	t mm				α, β	b mm	c mm	h mm			
1.1	≤ 2	raised edges			—	—	—	—	3 111 141 512		Usually without filler metal
1.2.1	≤ 4	Square preparation			—	$\approx t$	—	—	3 111 141		—
1.2.2	$3 < t \leq 8$					$6 \leq b \leq 8$			13		
	≤ 15					$\approx t$			141^c		
						$\leq 1^d$					Where applicable with backing strip
						0					

Çizelge 6.1. (devam) Parça durumları ve dikiş şekilleri (DIN 1912) [15]

Ref. No.	Material thickness t mm	Type of preparation	Symbol (in accordance with ISO 2553)	Cross-section	Dimensions				Recommended welding process (reference number in accordance with ISO 4063)	Weld illustration	Remarks
					Angle ^a	Gap ^b	Thickness of root face	Depth of preparation			
1.2.3	t mm	Square preparation with backing			—	—	—	—	51		—
		Square preparation with centering lip									
1.3	$3 < t \leq 10$	Single-V preparation			$40^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	≤ 4	≤ 2	—	3 111 13 141		Where applicable with backing strip
	$8 < t \leq 12$				$6^\circ \leq \alpha \leq 8^\circ$	—					
1.4	> 16	Sleep-flanked single-V preparation			$5^\circ \leq \beta \leq 20^\circ$	$5 \leq b \leq 15$	—	—	111 13		With backing strip

Çizelge 6.2. Kaynak ağzları (ISO 9692-1)

Ref. No.	Material thickness t mm	Type of preparation	Symbol (in accordance with ISO 2553)	Cross-section	Dimensions				Recommended welding process (reference number in accordance with ISO 4063)	Weld illustration	Remarks
					Angle ^a	Gap ^b	Thickness of root face	Depth of preparation			
					α, β	b mm	c mm	h mm			
1.5	$5 \leq t \leq 40$	Single-V preparation with broad root face	Y		$\alpha \approx 60^\circ$	$1 \leq b \leq 4$	$2 \leq c \leq 4$	—	111 13 141		—
1.6	> 12	Single-U preparation with V root			$60^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ $8^\circ \leq \beta \leq 12^\circ$	$1 \leq b \leq 3$	—	≈ 4	111 13 141		$6 \leq R \leq 9$
1.7	> 12	Single-V preparation with V root			$60^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ $10^\circ \leq \beta \leq 15^\circ$	$2 \leq b \leq 4$	> 2	—	111 13 141		—

Çizelge 6.2. (devam) Kaynak ağızları (ISO 9692-1)

Ref. No.	Material thickness t mm	Type of preparation	Symbol (in accordance with ISO 2553)	Cross-section	Dimensions				Recommended welding process (reference number in accordance with ISO 4063)	Weld illustration	Remarks
					Angle ^a α, β	Gap ^b b mm	Thickness of root face c mm	Depth of preparation h mm			
1.8	> 12	Single-U preparation			$8^\circ \leq \beta \leq 12^\circ$	≤ 4	≤ 3	—	111 13 141		—
1.9.1	$3 < t \leq 10$	Single-bevel preparation			$35^\circ \leq \beta \leq 60^\circ$	$2 \leq b \leq 4$	$1 \leq c \leq 2$	—	111 13 141		—
1.9.2											

7. DENEYİN TANIMI

Yapılacak deney iki aşamada gerçekleştirilecek olup, öncelikle sanayide çok kullanılan köşe kaynağı için robotik kaynağın deney tasarımı ve kaynak optimizasyonu sağlanacaktır. Optimizasyonu yapılan kaynak parametreleri kaynakçı personele verilerek aynı şartlarda kaynak yapması istenecektir. Makroyapı incelemesiyle bulunan nüfuziyet değerleri birbiriyle karşılaştırılacaktır.

İkinci aşamada; farklı kaynak profiline sahip 7 grup (her grup 2 eş numuneden oluşacaktır) alınarak 2 eş numunelerden biri robotla, diğeri geleneksel metodla tüm kaynak parametreleri aynı olmak koşuluyla kaynatılacaktır. Kaynak öncesi kaynak parametreleri kayıt altına alınacaktır. Numuneler penetrant sıvı ile çatlak kontrol yöntemi ile çatlak kontrole tabi tutulacaktır. Daha sonra tahribatlı muayeneye geçilerek, bükme, çekme, çentik darbe, basma testleri yapılacak, numuneler birim aralıklarla kesilerek, alınan kesitlerde, sertlik (HV30), makroyapı kontrolleri yapılacaktır. Çıkan sonuçlar karşılaştırılarak yorumlanacaktır.

7.1. Deneyde Kullanılacak Malzeme Özellikleri

Deneyde SAE 1040 ve St37 normuna uygun dikdörtgen ve boru kesitinde eklerdeki teknik resimlere göre hazırlanmış numuneler kullanılacaktır.

7.2. Deney Parçalarının Durumu ve Kaynak Ağızları

Deneyde 7 durum sorgulanacak olup parçaların durumu ve kaynak ağızları DIN 1912 ve ISO 9692-1 standardına göre hazırlanacaktır. Her bir guruba hangi testin yapılacağı Çizelge 7.1’de verilmiştir.

Çizelge 7.1. Deney parçalarına uygulanacak testler

Deney No	TESTLER	KAYNAK TIPLERİ VE NUMUNLER						
		1. Grup	2. Grup	3. Grup	4. Grup	5. Grup	6. Grup	7. Grup
		Alın	V-Yatay	V-Dikey	T	Boğaz (Boru-Sac)	Boğaz (Boru-Boru)	Dolgu
1	Çatlak Kontrol	x	x	x	x	x	x	x
2	Çekme Testi			x				
3	Bükme Testi			x				
4	Basma Testi						x	
5	Çentik Darbe Testi		x					
6	Sertlik	x	x		x	x		x
7	Makroyapı	x	x		x	x		x

7.2.1. Gurup 1 – Alın kaynak test numunesi

Deney parçalarının biri robotla, diğeri geleneksel kaynak metoduyla alın kaynağı (Çizelge -6.2 Referans No.1.2.2) ile Ek-1'deki teknik resme uygun kaynatılır. Çatlak kontrol testinden sonra Ek-2'ye göre kesit alınarak sertlik ve makroyapı kontrolleri yapılır.

Çizelge 7.2. Gurup 1 parçalarına uygulanacak testler

Deney No	Deney Adı
1	Çatlak Kontrol
6	Sertlik
7	Makro Yapı

7.2.2. Gurup 2 – V kaynak (yatay) test numunesi

Deney parçalarına boylamasına kaynak ağzı açılır. Biri robotla, diğeri geleneksel kaynak metoduyla V kaynağı (Çizelge -6.2 Referans No.1.5) ile Ek-3'deki teknik resme uygun olarak kaynatılır. Çatlak kontrol testinden sonra Ek-4'e göre kesitler alınarak her kesitten sertlik, makroyapı kontrolleri yapılır. 1 adet çentik darbe testi numunesi çıkarılır.

Çizelge 7.3. Gurup 2 parçalarına uygulanacak testler

Deney No	Deney Adı
1	Çatlak Kontrol
5	Çentik Darbe
6	Sertlik
7	Makro Yapı

7.2.3. Gurup 3 – V kaynak (dikey) test numunesi

Bükme ve çekme deneyleri yapılmak üzere ikişer numune hazırlanır. Deney parçalarına enine kaynak ağzı açılır. İki robotla, diğer ikisi geleneksel kaynak metoduyla V kaynağı (Çizelge -6.2 Referans No.1.5) ile Ek-5'deki teknik resme uygun olarak kaynatılır. Çatlak kontrol testinden sonra bükme ve çekme testi yapılır.

Bükme testi Ek-6'daki kalıp kullanılarak hidrolik preste gerçekleştirilir.

Parçalardan Ek-7'deki gibi numuneler çıkarılarak çekme testi yapılır.

Çizelge 7.4. Gurup 3 parçalarına uygulanacak testler

Deney No	Deney Adı
1	Çatlak Kontrol
2	Çekme
3	Bükme

7.2.4. Gurup 4 – T kaynak test numunesi

Deney parçalarının biri robotla, diğeri geleneksel kaynak metoduyla T kaynağı (Çizelge 6.2 Referans No.1.12) ile Ek-8'deki teknik resme uygun kaynatılır. Çatlak kontrol testinden sonra Ek-9'a göre kesit alınarak sertlik, makroyapı kontrolleri yapılır.

Çizelge 7.5. Gurup 4 parçalarına uygulanacak testler

Deney No	Deney Adı
1	Çatlak Kontrol
6	Sertlik
7	Makro Yapı

7.2.5. Gurup 5 – Boğaz kaynağı (boru-sac) numunesi

Deney parçalarının biri robotla, diğeri geleneksel kaynak metoduyla boğaz kaynağı ile Ek-10'daki teknik resme uygun kaynatılır. Çatlak kontrol testinden sonra Ek-11'e göre kesit alınarak sertlik, makroyapı kontrolleri yapılır.

Çizelge 7.6. Gurup 5 parçalarına uygulanacak testler

Deney No	Deney Adı
1	Çatlak Kontrol
6	Sertlik
7	Makro Yapı

7.2.6. Gurup 6 – Boğaz kaynak (boru-boru) numunesi

Deney parçalarının biri robotla, diğeri geleneksel kaynak metoduyla boğaz kaynağı ile Ek-12'deki teknik resme uygun kaynatılır. Çatlak kontrol testinden sonra basma testi yapılır.

Çizelge 7.7. Gurup 6 parçalarına uygulanacak testler

Deney No	Deney Adı
1	Çatlak Kontrol
4	Basma

7.2.7. Gurup 7 – Dolgu kaynak test numunesi

Deney parçalarının biri robotla, diğeri geleneksel kaynak metoduyla ile Ek-13'deki teknik resme uygun kaynatılır. Çatlak kontrol testinden sonra Ek-14'e göre kesit alınarak sertlik, makroyapı kontrolleri yapılır.

Çizelge 7.8. Gurup 7 parçalarına uygulanacak testler

Deney No	Deney Adı
1	Çatlak Kontrol
6	Sertlik
7	Makro Yapı



8. TAGUCHI YÖNTEMİ İLE DENEY TASARIMI VE KAYNAK PARAMETRELERİ OPTİMİZASYONU

Taguchi Yöntemi, parametre tasarımı, sistem tasarımı ve tolerans tasarımı üzerine kurulmuş bir deney tasarım ve optimizasyon yöntemidir. En yaygın olarak, kalite güvence sistemleri kapsamında toplanan verilerin, istatistiksel analizinde kullanılmaktadır. Taguchi'nin deney tasarım yöntemi, farklı parametrelerin, farklı seviyeleri arasından optimum kombinasyonu saptamak adına oldukça yararlı bir yöntemdir [19].

Taguchi metodu ile deney tasarımında uygulanması gereken bazı temel prosedürler belirlenmiştir. Deneyin tam olarak Taguchi metoduna göre gerçekleştirilmesi için bu prosedürlerin uygulanması gerekmektedir [20].

1. Problemin tanımlanması.
2. Gürültü oranının seçimi ve ölçüm sisteminin belirlenmesi
3. Deney parametrelerinin ve parametrelere ait seviyelerin belirlenmesi
4. Parametrelerin kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyen olarak ayrılması
5. Parametreler arasında etkileşimin olup olmadığının kontrol edilmesi
6. Deneye uygun ortagonal dizinin seçilmesi
7. Tüm parametrelerin ortagonal sütuna atanması
8. Kalite kayıp fonksiyonları ve performans istatistiklerinin seçilmesi
9. Deneylerin belirli tekrarda yapılması ve sonuçların kaydedilmesi
10. Varyans analizinin yapılması ve etkin parametrenin belirlenmesi
11. İstenilen sonuca göre en iyi parametre seviye kombinasyonunun belirlenmesi
12. Gerçekleme deneyinin yapılması ve deneyin sonuçlandırılması

Bu adımların izlenmesi sonucunda proses veya ürün için en iyi performansın elde edileceği deney parametreleri belirlenecek, deneyde ele alınan faktörlerin kalite değeri üzerindeki etkisi tahmin edilebilecek ve en iyi deney parametreleri sonucunda elde edilebilecek kalite değeri öngörülebilecektir.

Statik sonuçlu dizaynlar kalite değişkeninin sabit seviyeli olduğu dizaynlardır. Bu tür dizaynlarda hedef değerden sapmayı minimize etmek için bir değişim ölçüsü gerekmektedir. İşte bu noktada Taguchi deney sonuçları arasındaki farklılığı minimize etmek için S/N (Signal/Noise) oranlarını geliştirmiştir [21].

Statik bir dizaynda Taguchi tarafından belirlenmiş S/N oranları, sistemden istenen amaçlar doğrultusunda kullanılabilir. Bu aşamada iyi bir mühendislik bilgisi ve sistemin iyi analiz edilmesi çok önemlidir. Seçilebilecek S/N oranları Çizelge 8.1’de verilmiştir [22].

Çizelge 8.1. S/N değerleri seçim kriterleri

SEÇİM	AMAÇ	SONUÇ
En Büyük En İyi $S/N = -10 \log\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2}\right)$	Sonucun maksimize edilmesi	Pozitif
Hedef Değer En İyi $S/N = -10 \log(S^2)$	Sadece standard sapmanın azaltılması	Pozitif, sıfır ya da negatif
Hedef Değer En İyi $S/N = 10 \log\left(\frac{\bar{y}^2}{S^2}\right)$	Standard sapmanın ve ortalamanın belli bir hedef değerinde olması	Ortalama sıfır olduğu zaman standard sapma da sıfır
En Küçük En İyi $S/N = -10 \log\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2\right)$	Sonucun minimize edilmesi	Pozitif
$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$; $S^2 = \frac{1}{n-1} \left(\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \right)$		$\bar{y}$ =Gözlem değerinin varyansı n=Denemedeki test sayısı y_i =Performans karakteristiğinin gözlem değeri

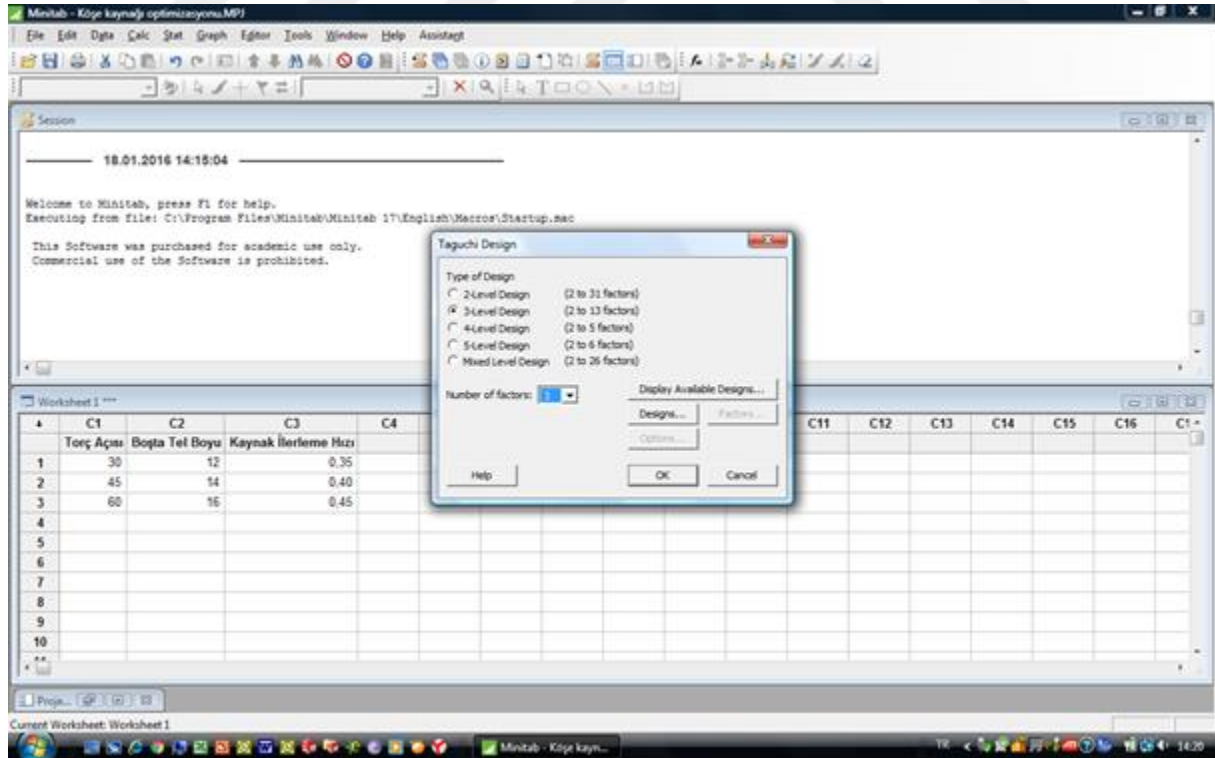
Yapılan deneyde ikinci bölümde belirtildiği gibi kaynak özelliklerini etkileyen 7 parametre mevcuttur. Bu parametrelerden akım (A), gerilim (V), tel çapı, koruyucu gaz türü her iki kaynak yönteminde de sabit tutulabilmektedir. Boşta tel boyu, torç açısı ve kaynak hızı ise robotik kaynakta sabit tutulabilirken geleneksel kaynakta kaynakçının yetkinliğine kalmaktadır. Kaynakçının yetkinliği ne kadar iyi olursa olsun bu 3 parametreye hakimiyeti yeterli olamayabilmekte ve kaynak anında ölçülememektedir.

Bu nedenle deney başlangıcında akım 280A ve gerilim 26V sabit tutulmuş, kaynakçının yetkinliğine kalan ve Çizelge 8.2’de belirtilen 3 parametrenin Taguchi yöntemine göre Minitab programı kullanılarak deney tasarımı yapılmış ve kaynak optimizasyonu sağlanmıştır.

Çizelge 8.2. Faktör ve seviye tablosu

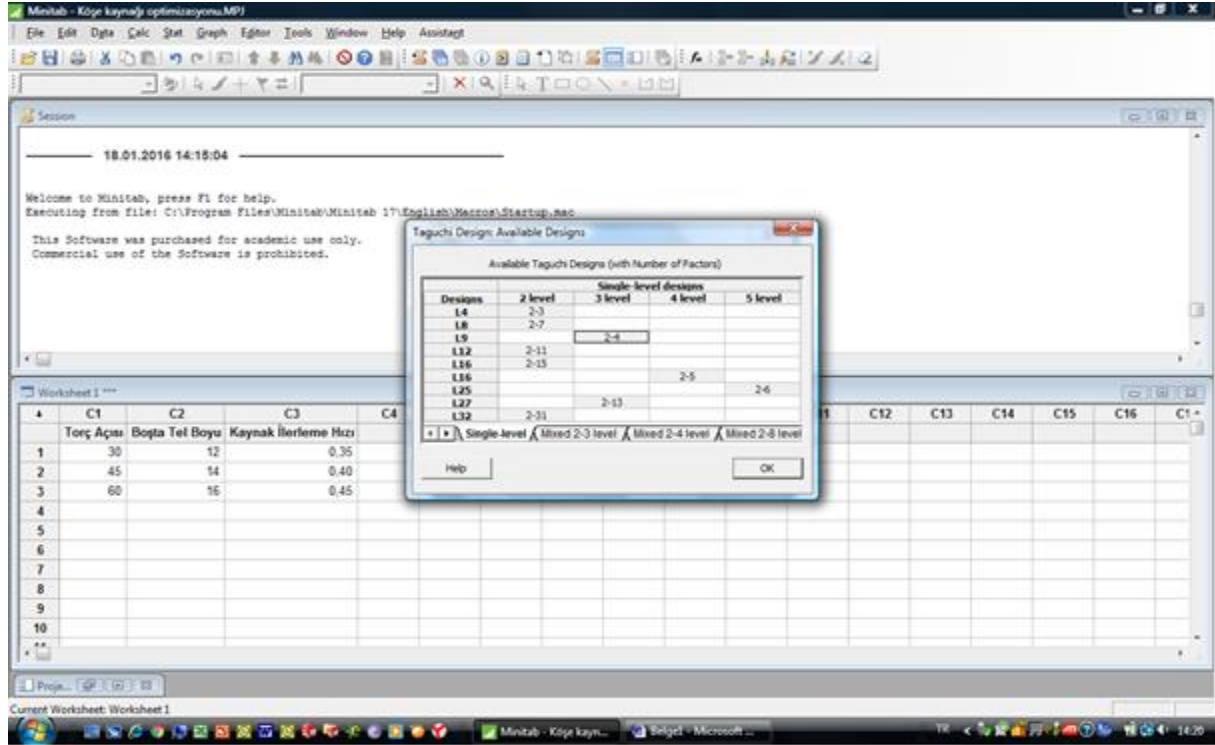
Seviyeler	Torç açısı (°)	Boşta Tel Boyu (mm.)	Kaynak Hızı (m./dk.)
Seviye 1	30	12	0,35
Seviye 2	45	14	0,40
Seviye 3	60	16	0,45

Deney tasarımı için tanımlanan 3 faktör (parametre) ve 3 seviye (parametre değeri) minitab programına girilmiştir. (Resim 8.1)

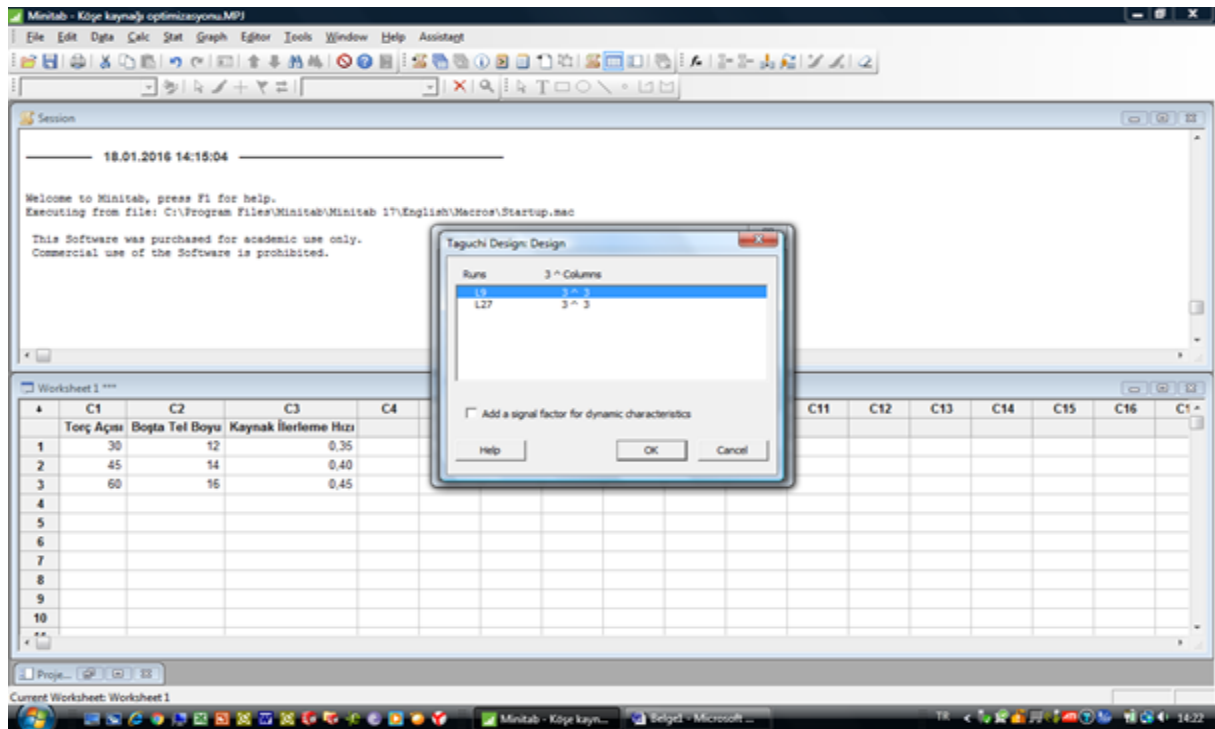


Resim 8.1. Seviye ve faktörlerin Minitab programına girilmesi

Faktör ve seviyeler girildikten sonra programda kullanılabilir ortogonal dizinlerden (Resim 8.2) L9 ortogonal dizini seçilmiştir. (Resim8.3)

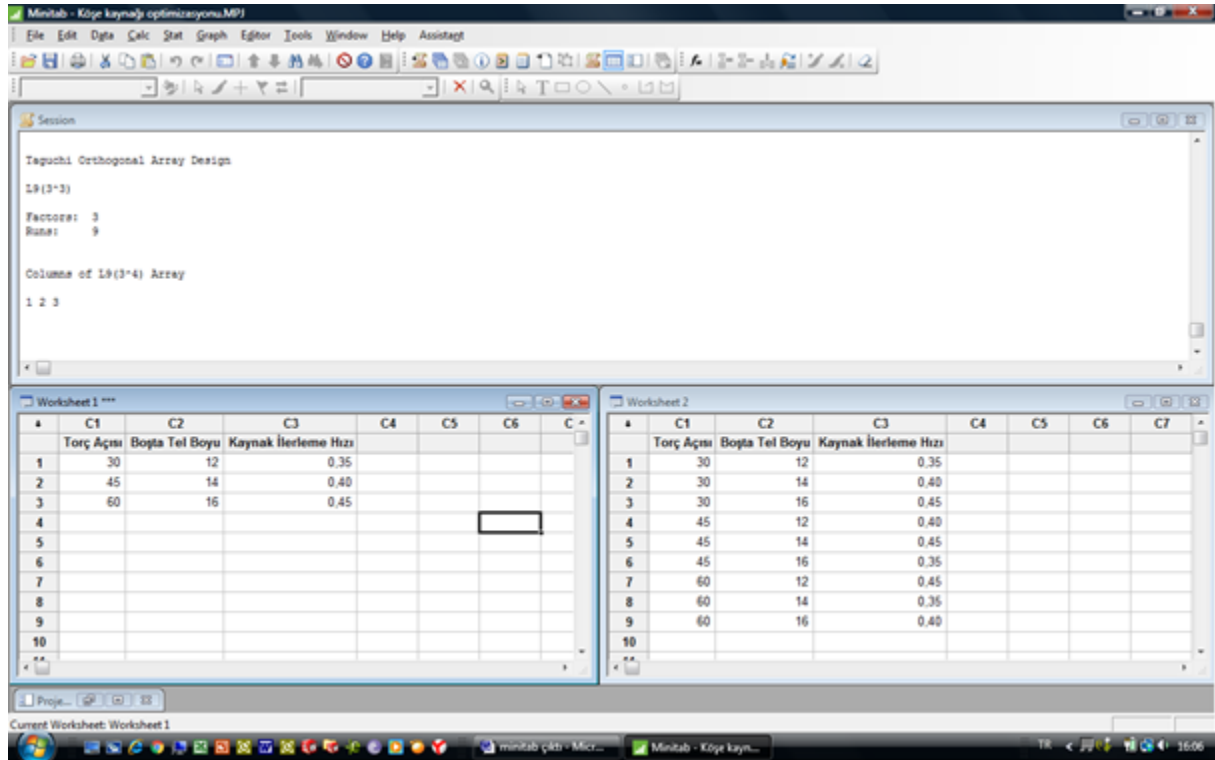


Resim 8.2. Kullanılabilir ortogonal dizinler



Resim 8.3. Ortogonal dizi seçimi

Bu seçimler sonucunda L9 dizayn matrisi programda oluşturulmuştur. (Resim 8.4)



Resim 8.4. L9 dizayn matrisinin oluşturulması

Her faktör için belirlenen seviyeler oluşturulan dizayn matrisine yerleştirilmiştir. (Çizelge 8.3)

Çizelge 8.3. Dizayn matrisi tablosu

Deney No	Torç açısı (°)	Boşta Tel Boyu (mm.)	Kaynak Hızı (m./dk.)
1	30	12	0,35
2	30	14	0,4
3	30	16	0,45
4	45	12	0,4
5	45	14	0,45
6	45	16	0,35
7	60	12	0,45
8	60	14	0,35
9	60	16	0,4

Bu tasarım matrisine göre 15mm. kalınlıktaki SAE1040 lama malzemelerin robotik kaynağıyla 9 adet deney yapılarak Resim 8.5-8.7), kaynaklı yapıların kesitinden alınan numune makroyapısı Çizelge 8.4'te görüldüğü gibi incelenmiştir. Maksimum kaynak nüfuziyeti ve kaynak nüfuziyet farkları ölçülerek tabloya eklenmiş ve Minitab programı ile (Resim 8.8) gürültü oranları hesaplanmıştır. (Çizelge 8.5)



Resim 8.5. Deney tasarımı numunesi

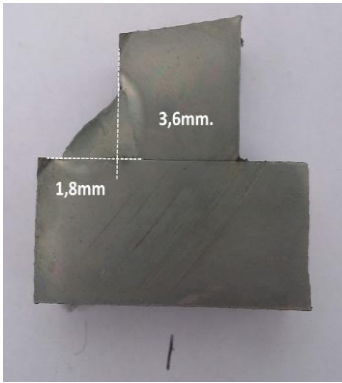
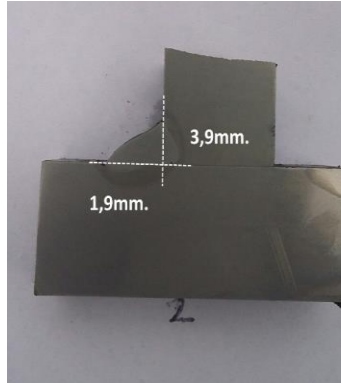
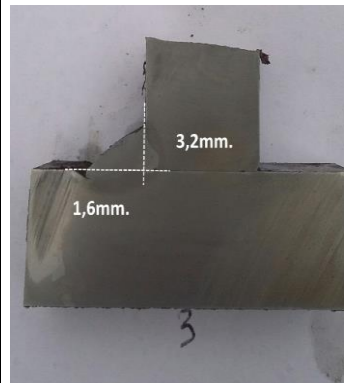
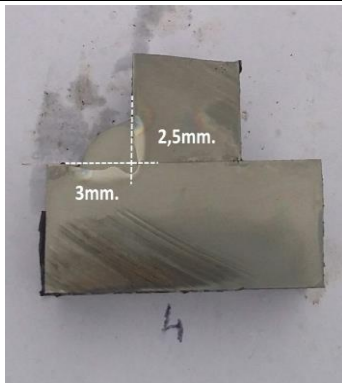
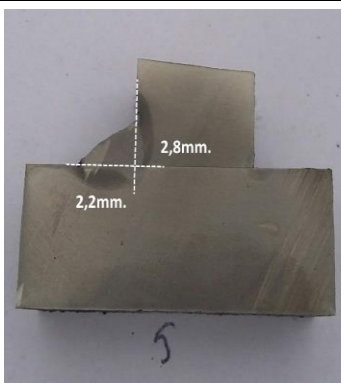
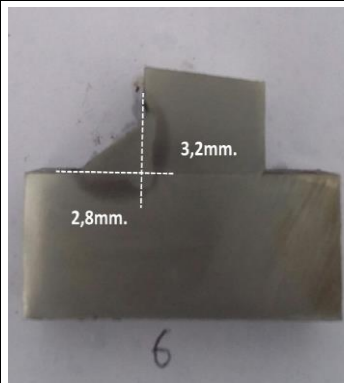
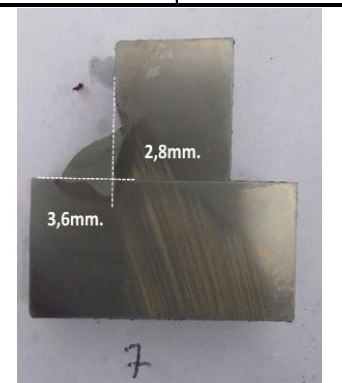
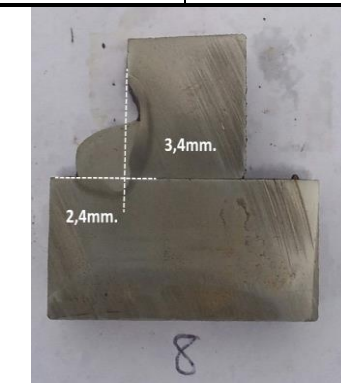
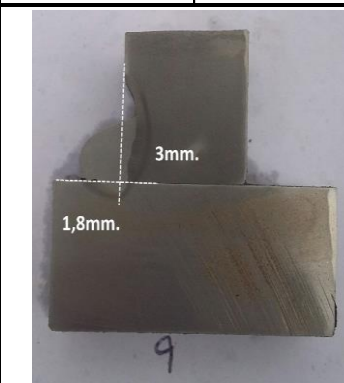


Resim 8.6. Deney tasarımı numune hazırlama



Resim 8.7. Deney tasarımı numuneleri

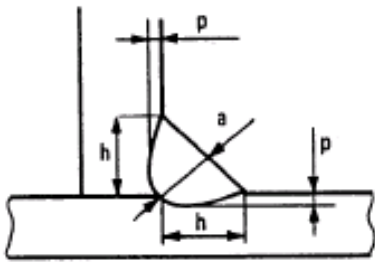
Çizelge 8.4. Makroyapı inceleme sonuçları

					
DENEY NO: 1		DENEY NO: 2		DENEY NO: 3	
Maks. Nüfuziyet (mm.)	Nüfuziyet Farkı (mm.)	Maks. Nüfuziyet (mm.)	Nüfuziyet Farkı (mm.)	Maks. Nüfuziyet (mm.)	Nüfuziyet Farkı (mm.)
3,6	1,8	3,9	2	3,2	1,6
					
DENEY NO: 4		DENEY NO: 5		DENEY NO: 6	
Maks. Nüfuziyet (mm.)	Nüfuziyet Farkı (mm.)	Maks. Nüfuziyet (mm.)	Nüfuziyet Farkı (mm.)	Maks. Nüfuziyet (mm.)	Nüfuziyet Farkı (mm.)
3	0,5	2,8	0,6	3,2	0,4
					
DENEY NO: 7		DENEY NO: 8		DENEY NO: 9	
Maks. Nüfuziyet (mm.)	Nüfuziyet Farkı (mm.)	Maks. Nüfuziyet (mm.)	Nüfuziyet Farkı (mm.)	Maks. Nüfuziyet (mm.)	Nüfuziyet Farkı (mm.)
3,6	0,8	3,4	1	3	1,2

Çizelge 8.5. S/N Değerleri hesaplama tablosu

Deney No	Torç açısı (°)	Boşta Tel Boyu (mm.)	Kaynak Hızı (m./dk.)	Maksimum Nüfuziyet (mm)	Nüfuziyet Farkı (mm)	S/N
1	30	8	0,35	3,6	1,8	-5,1055
2	30	10	0,40	3,9	2	-6,0206
3	30	12	0,45	3,2	1,6	-4,0824
4	45	8	0,40	3	0,5	6,0206
5	45	10	0,45	2,8	0,6	4,4370
6	45	12	0,35	3,2	0,4	7,9588
7	60	8	0,45	3,6	0,8	1,9382
8	60	10	0,35	3,4	1	0,0000
9	60	12	0,40	3	1,2	-1,5836

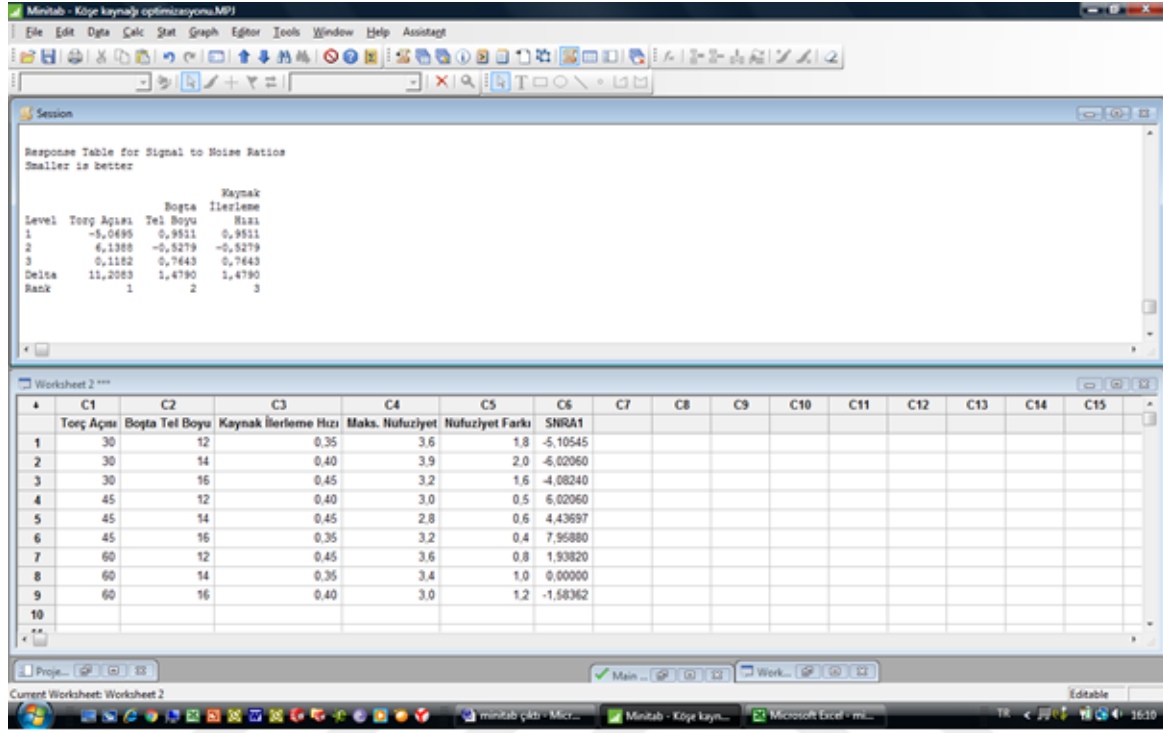
Çalışmada kaynak nüfuziyet standardı olarak 9,50170 numaralı FIAT standardı referans alınmıştır. Bu standarda göre p nüfuziyet değerinin (Şekil 8.1), kaynak parçası kalınlığının $\geq 15\%$ 'i olması ya da kaynak parçası kalınlığı $\geq 5\text{mm}$. ise p nüfuziyet değerinin 0,7mm. olmasının yeterli olacağı belirtilmiştir [23].



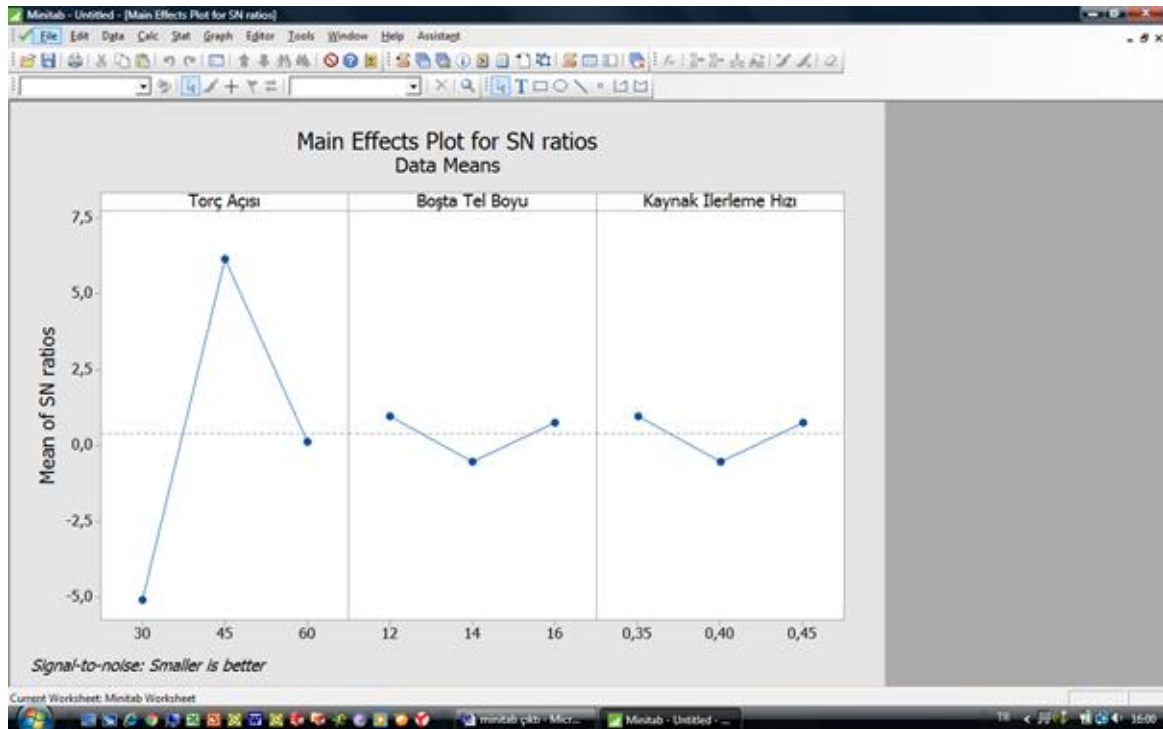
Şekil 8.1. Kaynak kesit ölçüleri

Yapılan 9 deneyden elde edilen nüfuziyet değerleri standard gerekliliklerini sağlamaktadır. Buna paralel olarak nüfuziyet değerlerinin her iki ana metalde de eşit sağlanması ve en zayıf halka durumunun en aza indirilmesi için gerekli bir özelliktir. Bu bağlamda, S/N

gürültü oranları baz alınarak nüfuziyet farkları için en küçük değer en iyi varsayımından hareketle etki grafikleri çizilmiştir. (Resim 8.9)



Resim 8.8. Minitab programı ile S/N değerlerinin hesaplanması



Resim 8.9. S/N Oranları grafiği

Bu 3 parametreden torç açısının nüfuziyet özelliğine etkisinin diğler 2 parametreye göre daha yüksek olduğu görölmektedir.

Buna göre öncelikli olarak kaynak bölgesinde nüfuziyetin her iki parçaya homojen dağılımı beklendiğinden, öncelikle nüfuziyet farkına göre Şekil 8.7’de S/N değeri en yüksek olan etkileşimli parametreleri tercih etmek gerekecektir.

Torç Açısı: 45°

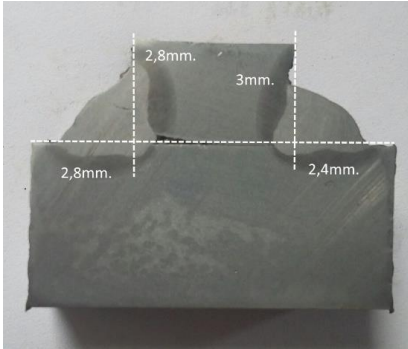
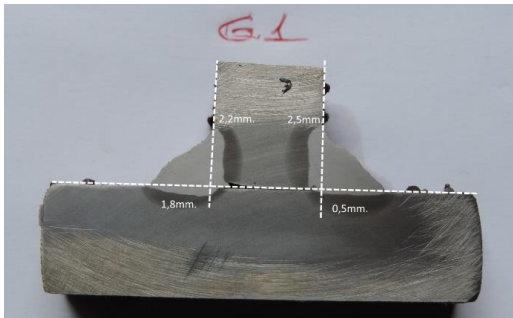
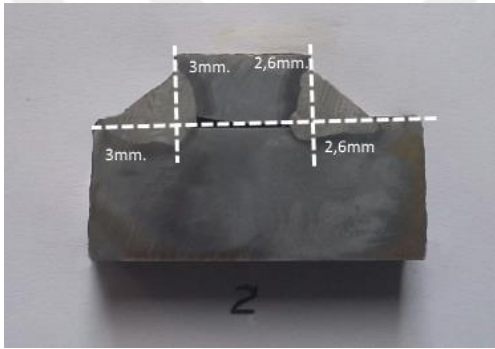
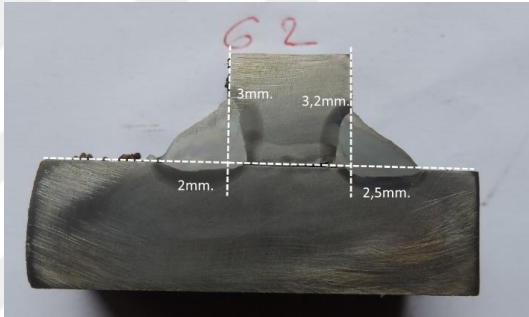
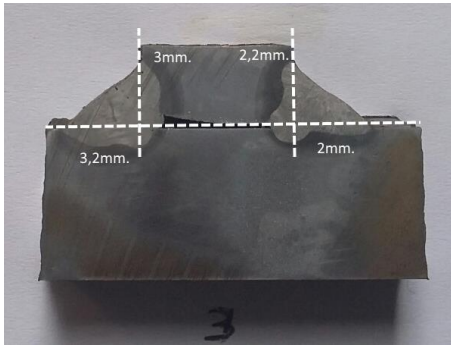
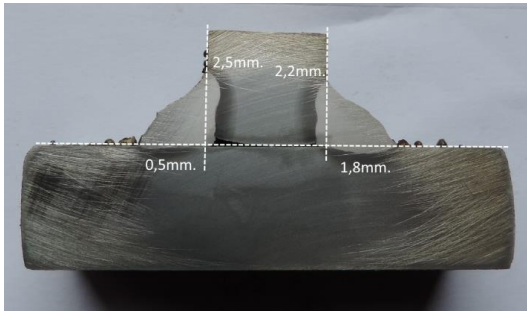
Boşta Tel Boyu:12mm.

Kaynak İlerleme Hızı: 0,35mm.

Değerleri optimum kaynak parametreleri olarak göz önüne çıkmaktadır.

Bu değerler kullanılarak, T köşe kaynağında robotik ve geleneksel yöntemle kaynak yapılarak karşılaştırılmıştır. (Çizelge 8.6) Buna göre geleneksel kaynakta nüfuziyetin homojenliği sağlanamadığı, kaynak dikişinin sonlarına doğru (kesit 3) nüfuziyet farkının arttığı ve nüfuziyetin 0,5mm.’ye düşerek standard gerekliliklerini sağlayamadığı görölmektedir. Diğer taraftan robotla kaynatılan deney parçasında, kaynak dikişi boyunca kaynak nüfuziyet değerlerinin sürekliliği göze çarpmaktadır.

Çizelge 8.6. Robotik kaynak ve geleneksel kaynağın karşılaştırma tablosu

	ROBOTİK	GELENEKSEL
KESİT 1		
	Nüfuziyet (mm.)	
	min.	maks.
	2,8	2,8
KESİT 2		
	Nüfuziyet (mm.)	
	min.	maks.
	3	3
KESİT 3		
	Nüfuziyet (mm.)	
	min.	maks.
	3	3,2
KESİT 3	Nüfuziyet (mm.)	
	min.	maks.
	0,5	2,5



9. DENEY PARÇALARI HAZIRLIKLARI

9.1. Numune Hazırlama Ekipmanları

Numunelerin hazırlanmasında, robotik kaynak için Resim 9.1'deki 350A'lık Panasonic marka VR-006 model kaynak robotu, geleneksel kaynak için ise Resim 9.2'deki 400A'lık Oerlikon marka GKS400 model kaynak makinası kullanılmıştır.



Resim 9.1. Deneyde kullanılan kaynak robotu



Resim 9.2. Deneyde kullanılan gazaltı kaynak makinesi

Kullanılan malzemelerin kimyasal özellikleri Ekip Metalurji Döküm ve Makine Parçaları İmalat San. ve Tic. Ltd. Şti.'nde bulunan ve Resim 9.3'te görülen OBLF marka optik spektral analiz cihazında tespit edilmiştir.

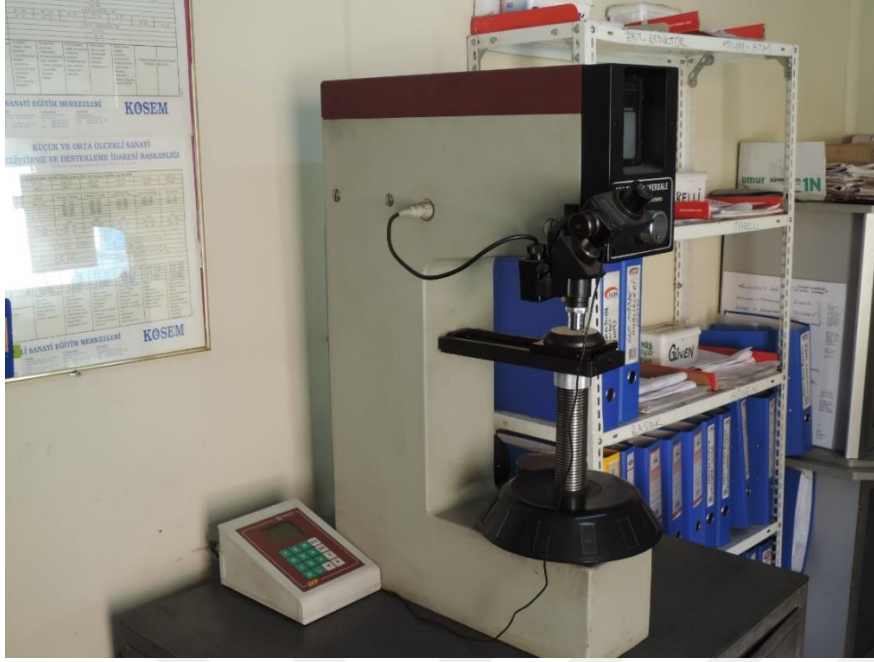


Resim 9.3. Optik spektral analiz cihazı

Sertlik ve makroyapı kontrolleri için numune parçalar önce şerit testerede kesilmiş, sonra Resim 9.4'deki ekipmanlar kullanılarak hassas kesim, zımparalama, parlatma ve dağlama işlemlerine tabi tutulmuştur. Sertlik ölçümleri Resim 9.5'de görülen Gallileo marka cihazla yapılmıştır. Çekme, bükme, çentik darbe testleri KOSGEB Sincan OSB tesislerinde yapılmıştır. Sertlik ölçümleri Ekip Metalurji Döküm ve Makine Parçaları İmalat San. ve Tic. Ltd. Şti.'nde yapılmıştır.



Resim 9.4. Kesme, zımparalama ve parlatma makineleri



Resim 9.5. Sertlik ölçme cihazı

9.2. Deneyde Kullanılan Kaynak Teli Özellikleri

Kaynakta Askaynak SG2 tipi kaynak teli kullanılmış olup özellikleri Ek-15'te verilmiştir.

9.3. Deneyde Kullanılan Koruyucu Gaz Özellikleri

Test numunelerinin kaynağında koruyucu gaz olarak Ek-16'da raporu görülen CO₂ kullanılmıştır. Gazın saflığı %99,98 olup %100'e yakındır.

9.4. Geleneksel Kaynak Uygulayıcısının Yetkinliği

Geleneksek kaynakla numune hazırlama işlemlerinde MAPSAN A.Ş. kaynaklı imalat personeli Ahmet BAŞARIR görev olup kaynakçı sertifikası Ek-17'de verilmiştir.

9.5. Deney Parçaları Kimyasal Analizleri

Deneyde ana metal olarak kullanılan parçaların özellikleri ve kimyasal analizlerine göre doğrulanması Çizelge 9.1'de verilmiştir.

Çizelge 9.1. Deney parçalarına göre kimyasal analiz referansları

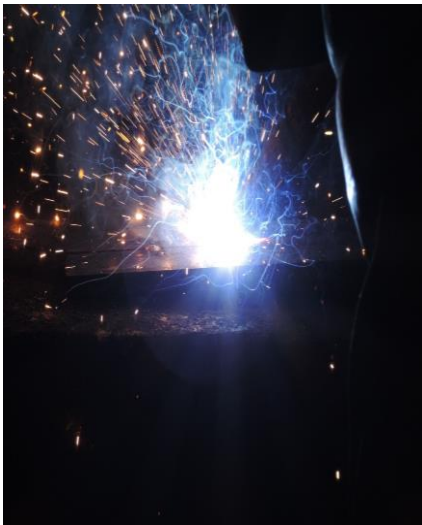
Sıra No	Deney Parçası	Malzeme Tini	Miktar	Malzeme Standardı	Kimyasal Analizi Raporu
1	Alın Kaynak	40x10 Lama	2	St37	Ek-18
2	V Kaynak (yatay)	60x15 Lama	2	SAE1040	Ek-19
3	V Kaynak (dikey)	90x15 Lama	2	SAE1040	Ek-20
4	T Kaynak	60x15 Lama	2	SAE1040	Ek-19
5	Boğaz Kaynak (boru-sac)	150x20 Lama	1	SAE1040	Ek-21
		82,5x8 Boru	1	St37	Ek-22
6	Boğaz Kaynak (boru-boru)	82,5x8 Boru	2	St37	Ek-22
7	Dolgu Kaynağı	50x15 Lama	2	St37	Ek-23

9.6. Numune Hazırlığı

Numuneler aşağıda verilen tablolardaki kaynak parametrelerine göre her kaynak metodunda biri robotik diğeri geleneksel kaynak yöntemiyle aynı şartlar altında kaynatılarak hazırlanmıştır.

Birinci grup olan alın kaynak numunesi, Çizelge 9.2’de görülen kaynak paramatereleri ile robotla ve geleneksel kaynak yöntemi ile kaynatılmıştır.

Çizelge 9.2. Alın kaynak numunesi hazırlama

NUMUNE HAZIRLAMA AŞAMALARI					NUMUNE GURUP NO	KAYNAK TİPİ	
					1	Alın Kaynak	
KAYNAK PARAMATRELERİ							
Akım (A)	Gerilim (V)	İlerleme (m/dk)	Tel Boyu (mm)	Torç Açısı (°)	Tel Çapı (mm)	Koruyucu Gaz (lt/dk)	Paso Sayısı
280	26	0,45	12	90	1,2	12 (CO ₂)	1
ROBOT							
							
GELENEKSEL							

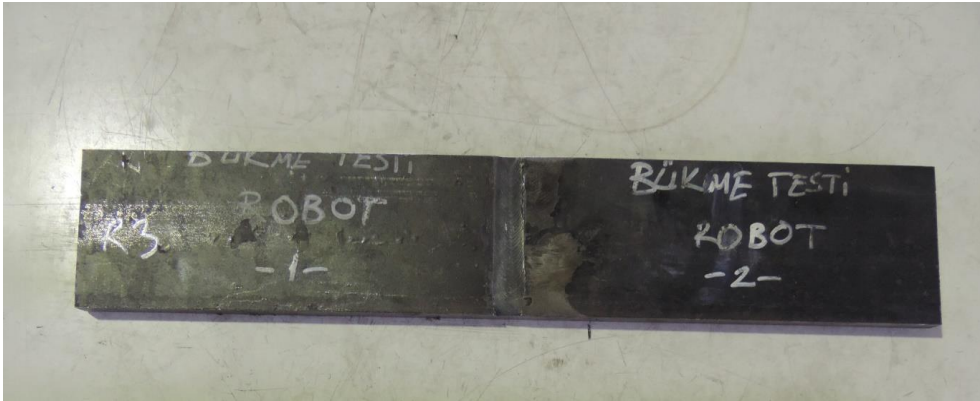
İkinci grup olan yatay dikişli V kaynak numunesi, Çizelge 9.3'te görülen kaynak parametreleri ile robotik ve geleneksel kaynak yöntemi ile kaynatılmıştır.

Çizelge 9.3. V kaynak (yatay) numunesi hazırlama

NUMUNE HAZIRLAMA AŞAMALARI					NUMUNE GURUP NO	KAYNAK TİPİ	
					2	V Kaynak (Yatay)	
KAYNAK PARAMATRELERİ							
Akım (A)	Gerilim (V)	İlerleme (m/dk)	Tel Boyu (mm)	Torç Açısı (°)	Tel Çapı (mm)	Koruyucu Gaz (lt/dk)	Paso Sayısı
280	26	0,45	12	90	1,2	12 (CO ₂)	2
ROBOT							
							
GELENEKSEL							

Üçüncü grup olan dikey dikişli V kaynak numunesi, Çizelge 9.4'te görülen kaynak paramatereleri ile robotik ve geleneksel kaynak yöntemi ile kaynatılmıştır.

Çizelge 9.4. V kaynak (dikey) kaynak numunesi hazırlama

NUMUNE HAZIRLAMA AŞAMALARI					NUMUNE GURUP NO	KAYNAK TİPİ	
					3	V Kaynak (Dikey)	
KAYNAK PARAMETRELERİ							
Akım (A)	Gerilim (V)	İlerleme (m/dk)	Tel Boyu (mm)	Torç Açısı (°)	Tel Çapı (mm)	Koruyucu Gaz (lt/dk)	Paso Sayısı
280	26	0,45	12	90	1,2	12 (CO ₂)	2
ROBOT							
GELENEKSEL							

Dördüncü grup olan T kaynak numunesi, Çizelge 9.5'te görülen kaynak paramatereleri ile robotik ve geleneksel kaynak yöntemi ile kaynatılmıştır.

Çizelge 9.5. T Kaynak numunesi hazırlama

NUMUNE HAZIRLAMA AŞAMALARI					NUMUNE GURUP NO	KAYNAK TİPİ	
					4	T Kaynak	
KAYNAK PARAMATRELERİ							
Akım (A)	Gerilim (V)	İlerleme (m/dk)	Tel Boyu (mm)	Torç Açısı (°)	Tel Çapı (mm)	Koruyucu Gaz (lt/dk)	Paso Sayısı
280	26	0,35	12	45	1,2	12 (CO ₂)	1
ROBOT							
							
GELENEKSEL							
							

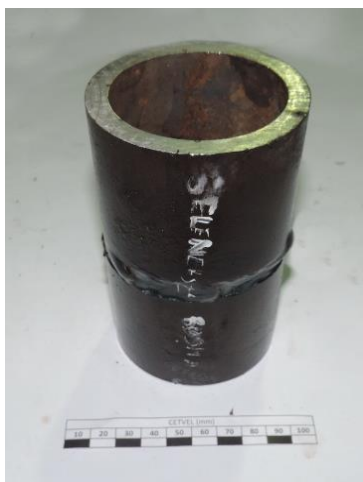
Beşinci grup olan boru ve sacın kaynatıldığı boğaz kaynak numunesi, Çizelge 9.6'da görülen kaynak paramatereleri ile robotik ve geleneksel kaynak yöntemi ile kaynatılmıştır.

Çizelge 9.6. Boğaz kaynak (boru-sac) numuneleri hazırlama

NUMUNE HAZIRLAMA AŞAMALARI					NUMUNE GURUP NO	KAYNAK TİPİ	
					5	Boğaz Kaynak (Boru-Sac)	
KAYNAK PARAMATRELERİ							
Akım (A)	Gerilim (V)	İlerleme (m/dk)	Tel Boyu (mm)	Torç Açısı (°)	Tel Çapı (mm)	Koruyucu Gaz (lt/dk)	Paso Sayısı
280	26	0,30	12	45	1,2	12 (CO ₂)	1
ROBOT							
GELENEKSEL							

Altıncı grup olan iki borunun kaynatıldığı boğaz kaynak numunesi, Çizelge 9.7’da görülen kaynak paramatereleri ile robotik ve geleneksel kaynak yöntemi ile kaynatılmıştır.

Çizelge 9.7. Boğaz kaynak (boru-boru) numuneleri hazırlama

NUMUNE HAZIRLAMA AŞAMALARI					NUMUNE GURUP NO	KAYNAK TİPİ	
					6	Boğaz Kaynak (Boru-Boru)	
KAYNAK PARAMATRELERİ							
Akım (A)	Gerilim (V)	İlerleme (m/dk)	Tel Boyu (mm)	Torç Açısı (°)	Tel Çapı (mm)	Koruyucu Gaz (lt/dk)	Paso Sayısı
240	22	0,30	12	90	1,2	12 (CO ₂)	1
ROBOT							
							
GELENEKSEL							
							

Yedinci grup olan dolgu kaynak numunesi, Çizelge 9.8’de görülen kaynak paramatereleri ile robotik ve geleneksel kaynak yöntemi ile kaynatılmıştır.

10. DENEY SONUÇLARI

10.1. Çatlak Kontrol

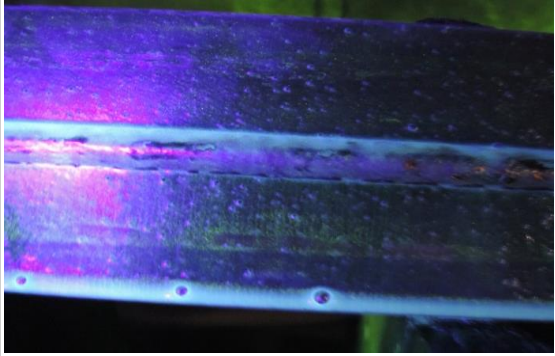
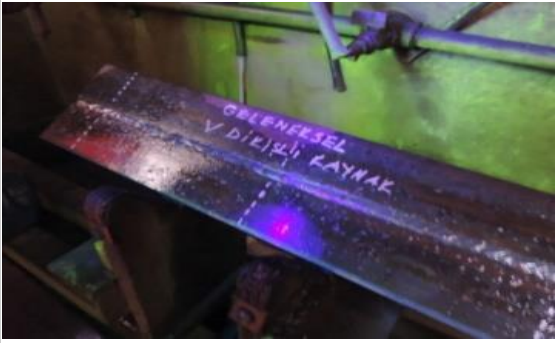
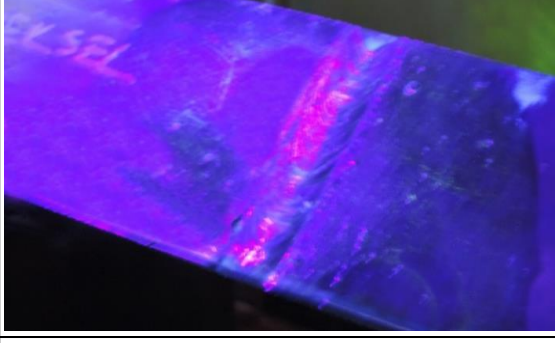
Çatlak kontrolleri MAPSAN A.Ş. firmasındaki Resim 10.1’de görülen penetrant sıvı ile çatlak kontrol tezgahında EN ISO 23277 [22] standardına göre yapılmıştır.



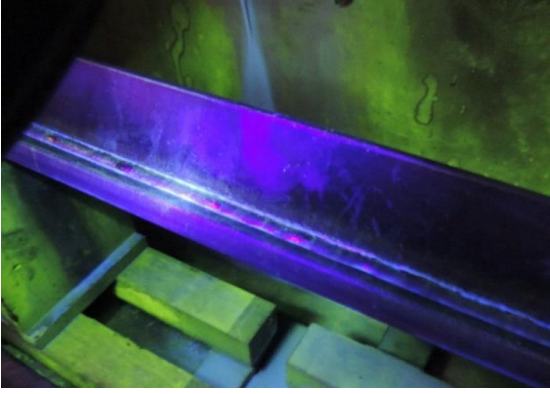
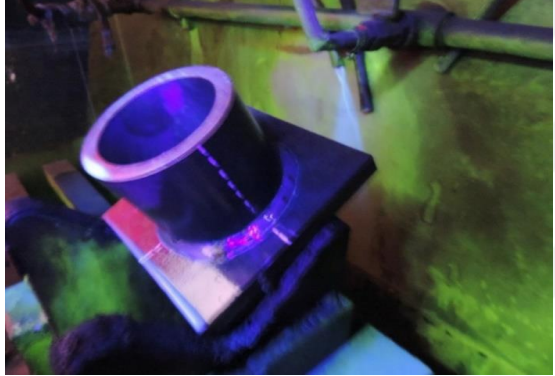
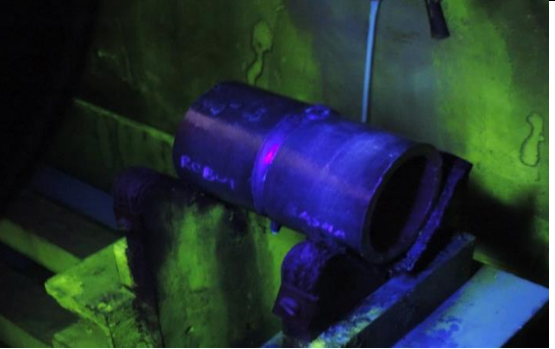
Resim 10.1. Penetrant sıvı ile çatlak kontrol tezgahı

Deney parçaların çatlak kontrolü yapılmış olup fotoğraf ve sonuçlar çizelge 10.1’de karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.

Çizelge 10.1. Parça çatlak kontrolleri

Alın Kaynak	ROBOTİK		GELENEKSEL	
		Yüzeysel çatlak gözlenmedi		Yüzeysel çatlak gözlenmedi
V Kaynak (Yatay)	ROBOTİK		GELENEKSEL	
		Yüzeysel çatlak gözlenmedi		Yüzeysel çatlak gözlenmedi
V Kaynak (Dikey)	ROBOTİK		GELENEKSEL	
		Yüzeysel çatlak gözlenmedi		Yüzeysel çatlak gözlenmedi
V kaynak (Dikey-Bükme)	ROBOTİK		GELENEKSEL	
		Yüzeysel çatlak gözlenmedi		Yüzeysel çatlak gözlenmedi

Çizelge 10.1. (devamı) Parça çatlak kontrolleri

	ROBOTİK	GELENEKSEL
T Kaynak		
	Yüzeysel çatlak gözlenmedi	Yüzeysel çatlak gözlenmedi
Bağaz kaynak (Boru-Sac)		
	Yüzeysel çatlak gözlenmedi	Yüzeysel çatlak gözlenmedi
Bağaz kaynak (Boru-Boru)		
	Yüzeysel çatlak gözlenmedi	Yüzeysel çatlak gözlenmedi

10.2. Çekme Testi

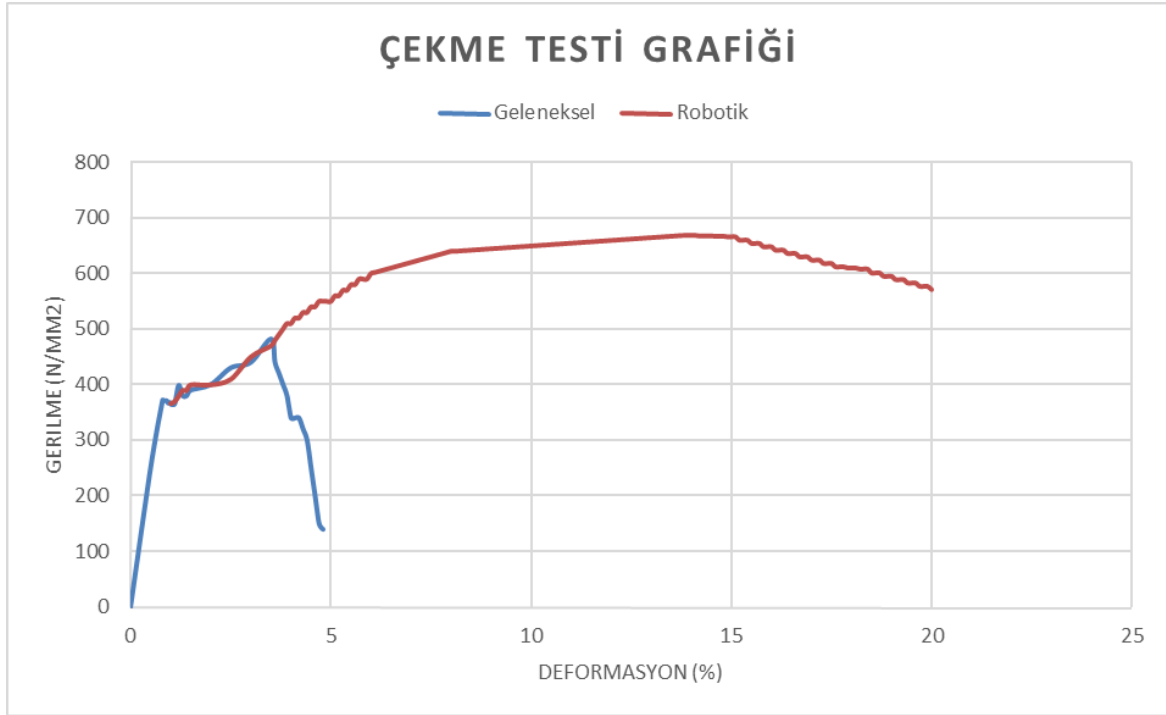
Çekme testleri KOSGEB Sincan Hizmet Merkezi Müdürlüğü'nde 600kN'luk Dartec Walter Bai marka test cihazında yapılmıştır. Bu Testte AWS B4.0:2007 standardı referans alınmıştır.

Çizelge 10.2’de çekme testi düzeneği ve sonuçları görülmektedir. Ek-24’te robotik kaynak çekme testi raporu, Ek-25’te geleneksel kaynak çekme testi raporu, Ek-26’da robotik kaynak çekme deneyi grafiği ve Ek-27’de geleneksel kaynak çekme deneyi grafiği verilmiştir.

Çizelge 10.2. Çekme testi yapılışı ve sonucu

TESTLERE DAYALI TABLO		TEST ADI
		Çekme Testi
DENEY FOTOĞRAFLARI		
 		
 		
SONUÇ		
GELENEKSEL KAYNAK NUMUNESİ	ROBOTİK KAYNAK NUMUNESİ	
		
Parça kaynak bölgesinden kopmuştur.		Parça ana malzemeden kopmuştur.

Çekme deneyi sonucunda robotla kaynatılan parça ana malzemeden koparken, geleneksel yöntemle kaynatılan parça kaynak bölgesinden kopmuştur. Her iki yöntemde akma dayanımı 366 N/mm^2 ölçülürken, robotla yapılan kaynak parçasının çekme gerilimi 186 N/mm^2 daha yüksek bulunmuştur. Şekil 10.1’te her iki yöntemin çekme eğrileri aynı grafikte verilmiştir.



Şekil 10.1. Çekme testi karşılaştırma grafiği

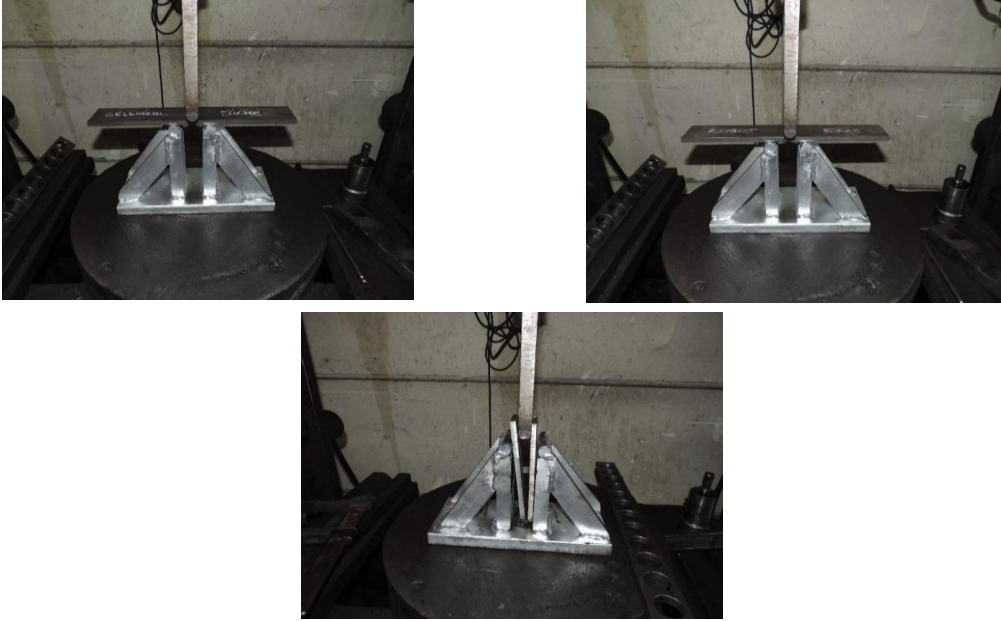
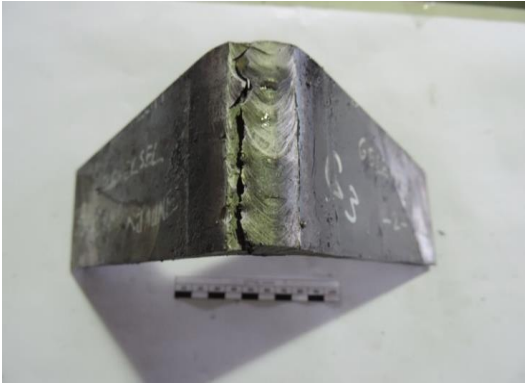
10.3. Bükme Testi

Bükme testi için 2 grup numune hazırlanmıştır. İlk numunenin parçaları SAE 1040 normundaki malzemeden, ikinci grup parçanın numuneleri St37 normuna uygun malzemeden seçilmiştir. Bu testte AWS B4.0:2007 standardı kullanılmıştır.

10.3.1. Birinci grup parça bükme testi

Çizelge 10.3’de görülen kalıp ve düzenek yardımıyla hazırlanan robotik kaynaklı ilk numune büküm esnasında 90° büküldüğü anda kaynak bölgesinden kırılmıştır. Geleneksel kaynaklı ilk numune büküm esnasında 90° büküldüğü anda ITAB’dan kırılmıştır.

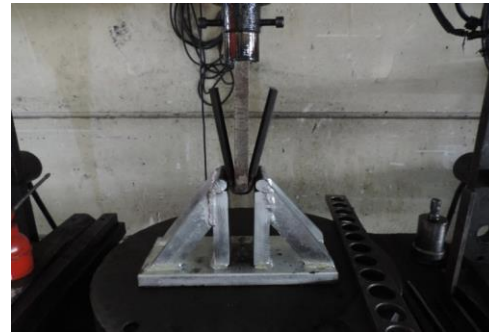
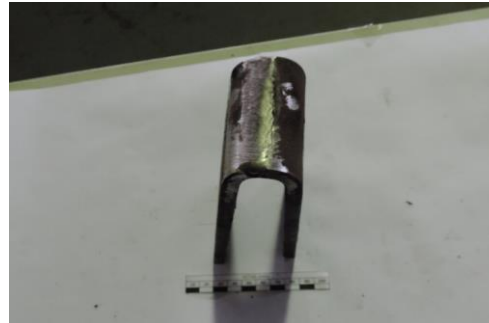
Çizelge 10.3. 1. Parça bükme ve sonuç tablosu

TESTLERE DAYALI TABLO		TEST ADI
		Bükme Testi-1
DENEY FOTOĞRAFLARI		
		
SONUÇ		
GELENEKSEL KAYNAK NUMUNESİ	ROBOTİK KAYNAK NUMUNESİ	
		
		
Parça 90° büküldükten sonra ITAB'den kırılmıştır.	Parça 90° büküldükten sonra kaynaktan kırılmıştır.	

10.3.2. İkinci grup parça bükme testi

Çizelge 10.4'te görülen kalıp ve düzenek yardımıyla hazırlanan robotik ve geleneksel kaynaklı ikinci numuneler 180° bükülmüştür.

Çizelge 10.4. 2. Parça bükme ve sonuç tablosu

TESTLERE DAYALI TABLO		TEST ADI
		Bükme Testi-2
DENEY FOTOĞRAFLARI		
 		
SONUÇ		
GELENEKSEL KAYNAK NUMUNESİ	ROBOTİK KAYNAK NUMUNESİ	
 	 	
Parça 180° bükülmüştür. Parçada kaynak bölgesinde 9x2mm. ve 6x1,5mm. ölçüsünde 2 adet çatlak görülmüştür.	Parça 180° bükülmüştür. Parçada çatlak, kırık gözlenmemiştir.	

10.3.3. Bükme testi karşılaştırması

Aynı yük ve aynı kalıp kullanılarak bükülen 1. ve 2. Gurup numunelerin deneyi sonucunda;

Birinci gurup numuneler 90° büküldükten sonra kırılmış olup kırılma bölgeleri robotik kaynaklı parçada kaynak bölgesi, geleneksel kaynaklı parçada ITAB olarak gözlenmiştir.

İkinci gurup numuneler 180° büküldükten sonra robotla kaynatılan parçada bükülme olan bölgede herhangi bir çatlak yırtılma gözlenmezken geleneksel kaynaklı parçada 9x2mm. ve 6x1,5 mm. ölçüsünde 2 adet çatlak gözlemlenmiştir.

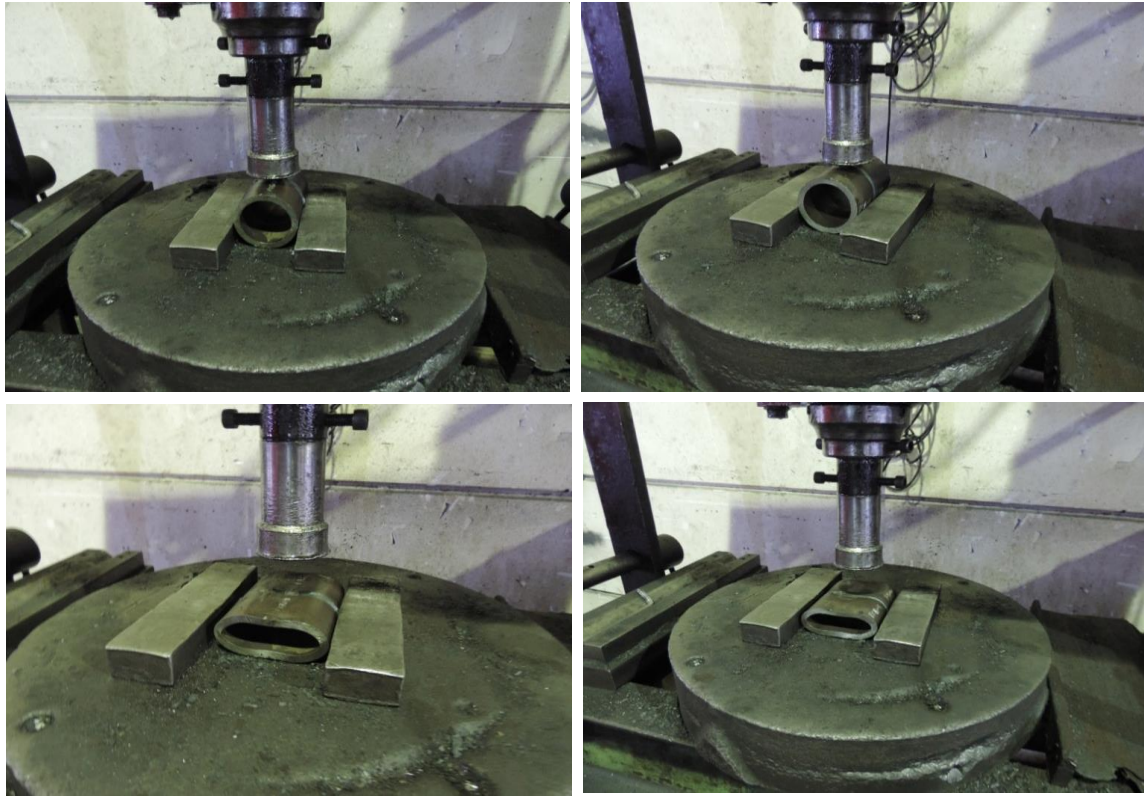
10.4. Basma Testi

Basma testi MAPSAN A.Ş. firmasında bulunan 30 tonluk hidrolik preste yapılmıştır.

Parça eksenine dik doğrultuda kaynak bölgesinden uygulanan yüklerle parça deformasyonu enine 110 mm. olana kadar yük uygulanmıştır. Çizelge 10.5'te basma testi fotoğrafları ve sonuçları görülmektedir.

Aynı yük ve aynı kalıp kullanılarak aynı ölçüye kadar basılan 1. ve 2. Gurup numunelerin deneyi sonucunda basma ve gerilmeye maruz kalan kaynak dikiş bölgelerinde her iki tip kaynak yönteminde çatlak, yırtık gibi olumsuzluklara rastlanmamıştır.

Çizelge 10.5. Basma testi ve sonucu

TESTLERE DAYALI TABLO		TEST ADI
		Basma Testi
DENEY FOTOĞRAFLARI		
		
SONUÇ		
GELENEKSEL KAYNAK NUMUNESİ	ROBOTİK KAYNAK NUMUNESİ	
		
Parçada çatlak, yırtık gözlenmedi.	Parçada çatlak, yırtık gözlenmedi.	

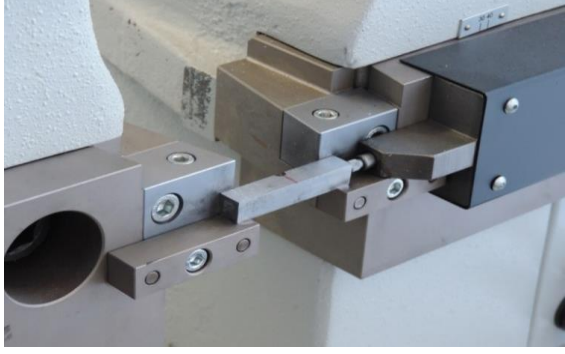
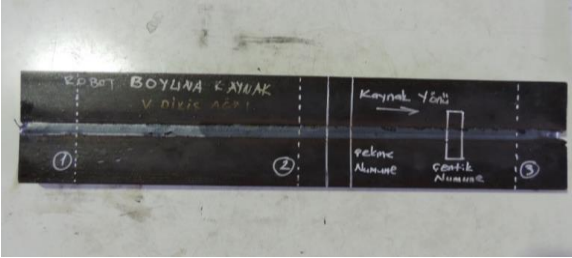
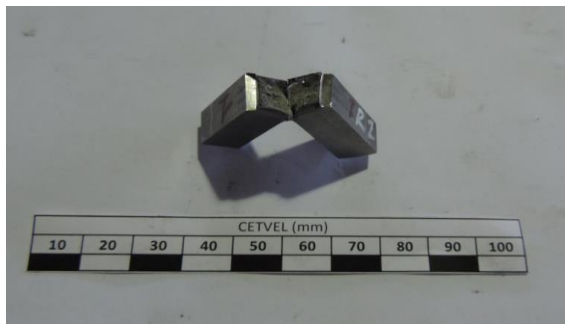
10.5. Çentik Darbe Testi

Çentik darbe testleri KOSGEB Sincan Hizmet Merkezi Müdürlüğü'nde Galdabini Impact 450 cihazında AWS B4.0:2007 standardı referans alınarak yapılmıştır. Numuneler

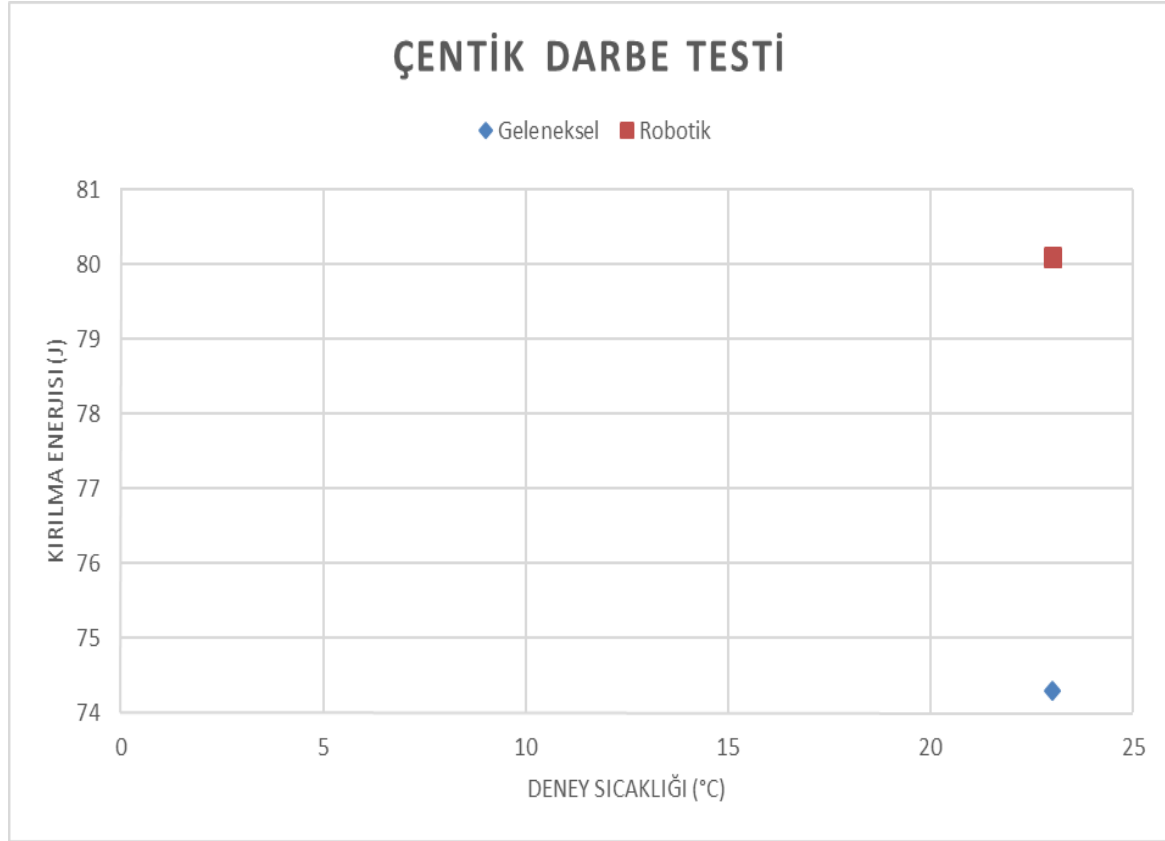
10x10x55mm. ölçülerinde hazırlanmış olup çentikler kaynak bölgesinden kesit alanı 0,8 cm² olacak şekilde açılmıştır.

Çizelge 10.6'da, numunenin çıkarıldığı V kaynak (yatay) parça, çekme testi düzeneği ve sonuçları görülmektedir. Ek-28'de robotik kaynak, Ek-29'da ise geleneksel kaynak çentik darbe deneyi raporu verilmiştir.

Çizelge 10.6. Çentik darbe deneyi ve sonucu

TESTLERE DAYALI TABLO		TEST ADI
		Çentik Darbe Testi
DENEY FOTOĞRAFLARI		
 		
 		
SONUÇ		
GELENEKSEL KAYNAK NUMUNESİ	ROBOTİK KAYNAK NUMUNESİ	
		
Kırılma Enerjisi (J): 74,3	Kırılma Enerjisi (J): 80,1	

Çentik darbe deneyi sonucunda robotla kaynatılan parçanın kırılma enerjisi 80,1J, geleneksel kaynakla kaynatılan parçanın kırılma enerjisi 74,3J bulunmuştur. Bu değerlere göre robotik olarak kaynatılan parçanın kırılma direnci daha yüksektir. Şekil 10.2’de her iki yöntemin sonuçları aynı grafikte verilmiştir.



Şekil 10.2. Çentik darbe deneyi karşılaştırma grafiği

10.6. Sertlik ve Makroyapı Testi

Daha önce belirtilen bölgelerden alınan kesitlerden numuneler çıkarılarak makroyapı ve sertlik kontrolleri robot ve geleneksel kaynaklı parçalar için yapılmıştır. Makroyapı incelemesi için yüzeyler zımparalanmış, parlatılmış ve %5 nitale dağlanmıştır. Makroyapı incelemesinde nüfuziyet, ve ITAB ölçümleri 0,02mm. hassasiyetli Mitutoyo marka kumpasla alınmıştır. Makroyapı kontrolünden sonra sertlik ölçümleri HV30 cinsinden yapılmıştır.

5 tip numunenin belirlenen bölgelerinden alınan numunelerin sırasıyla karşılaştırmalı olarak makroyapı ve sertlik kontrolleri yapılarak sonuçlar aşağıdaki çizelge ve grafiklerde verilmiştir.

Alın kaynak test numunesinin nüfuziyet ve ITAB ve sertlik ölçüm sonuçları Çizelge 10.7’de belirtilmiştir. Şekil 10.3’te ise bu sonuçlar grafik halinde verilmiştir.

Çizelge 10.7. Alın kaynak nüfuziyet, ITAB ve sertlik ölçüm sonuçları

ALIN KAYNAK

ROBOTİK







ITAB

min. maks.

0,5 1

min. maks.

0,5 1,5

min. maks.

0,5 1

KAYNAK NÜFUZİYETİ

min. maks.

2 3

min. maks.

2 3

min. maks.

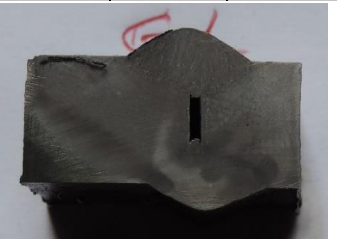
3 3

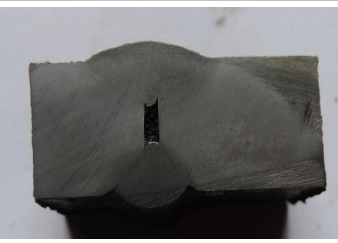
SERTLİK (HV30)

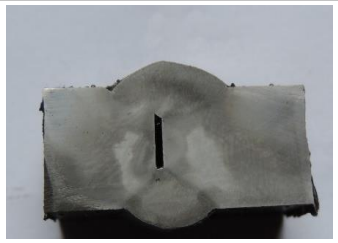
ANA MLZ. ITAB KAYNAK

197 205 214

GELENEKSEL







ITAB

min. maks.

1 3

min. maks.

1 4

min. maks.

0,5 2

KAYNAK NÜFUZİYETİ

min. maks.

3 8

min. maks.

3 7

min. maks.

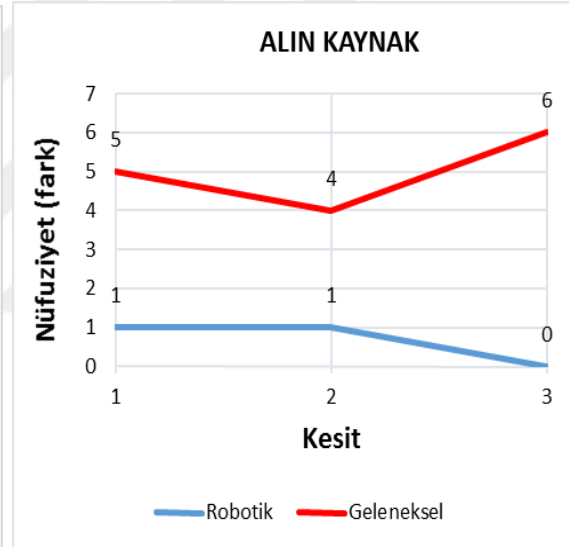
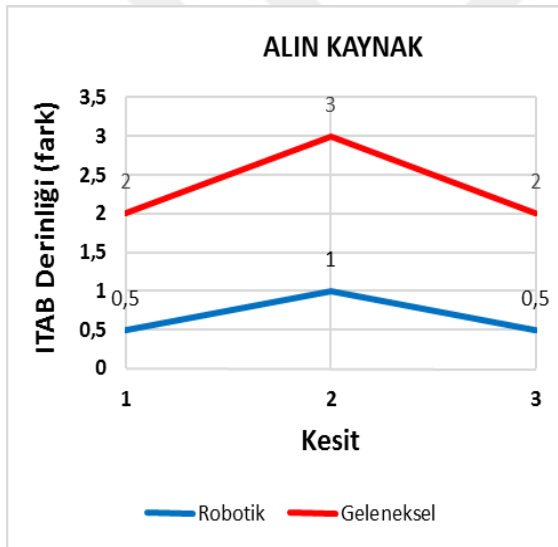
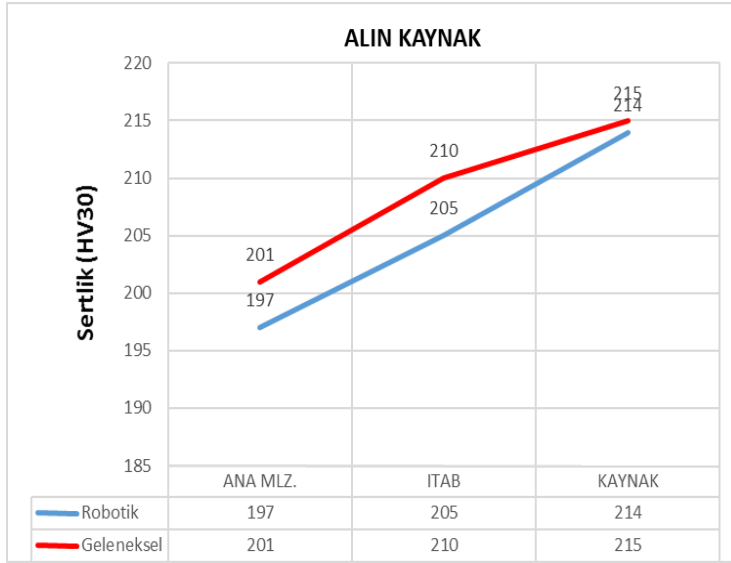
2 8

SERTLİK (HV30)

ANA MLZ. ITAB KAYNAK

201 210 215

Kaynak boyunca ikinci yarıdan itibaren süreksiz profil mevcuttur.



Şekil 10.3. Alın kaynak nüfuziyet, ITAB ve sertlik ölçüm grafikleri

V kaynak (yatay) test numunesinin nüfuziyet ve ITAB ve sertlik ölçüm sonuçları çizelge 10.8’de belirtilmiştir. Şekil 10.4’te ise bu sonuçlar grafik halinde verilmiştir.

Çizelge 10.8. V kaynak (yatay) nüfuziyet, ITAB ve sertlik ölçüm sonuçları

V KAYNAK (Yatay)

ROBOTİK



ITAB	
min.	maks.
1	2



ITAB	
min.	maks.
2	2



ITAB	
min.	maks.
2	2

KAYNAK NÜFUZİYETİ		
min.	maks.	
1	1	

KAYNAK NÜFUZİYETİ		
min.	maks.	
1	2	

KAYNAK NÜFUZİYETİ		
min.	maks.	
2	2	

SERTLİK (HV30)		
ANA MLZ.	ITAB	KAYNAK
208	216	211

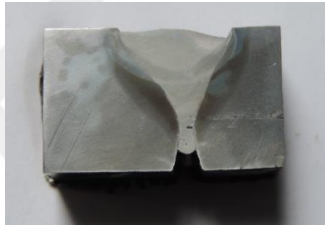
GELENEKSEL



ITAB	
min.	maks.
1	2



ITAB	
min.	maks.
2	4



ITAB	
min.	maks.
1	4

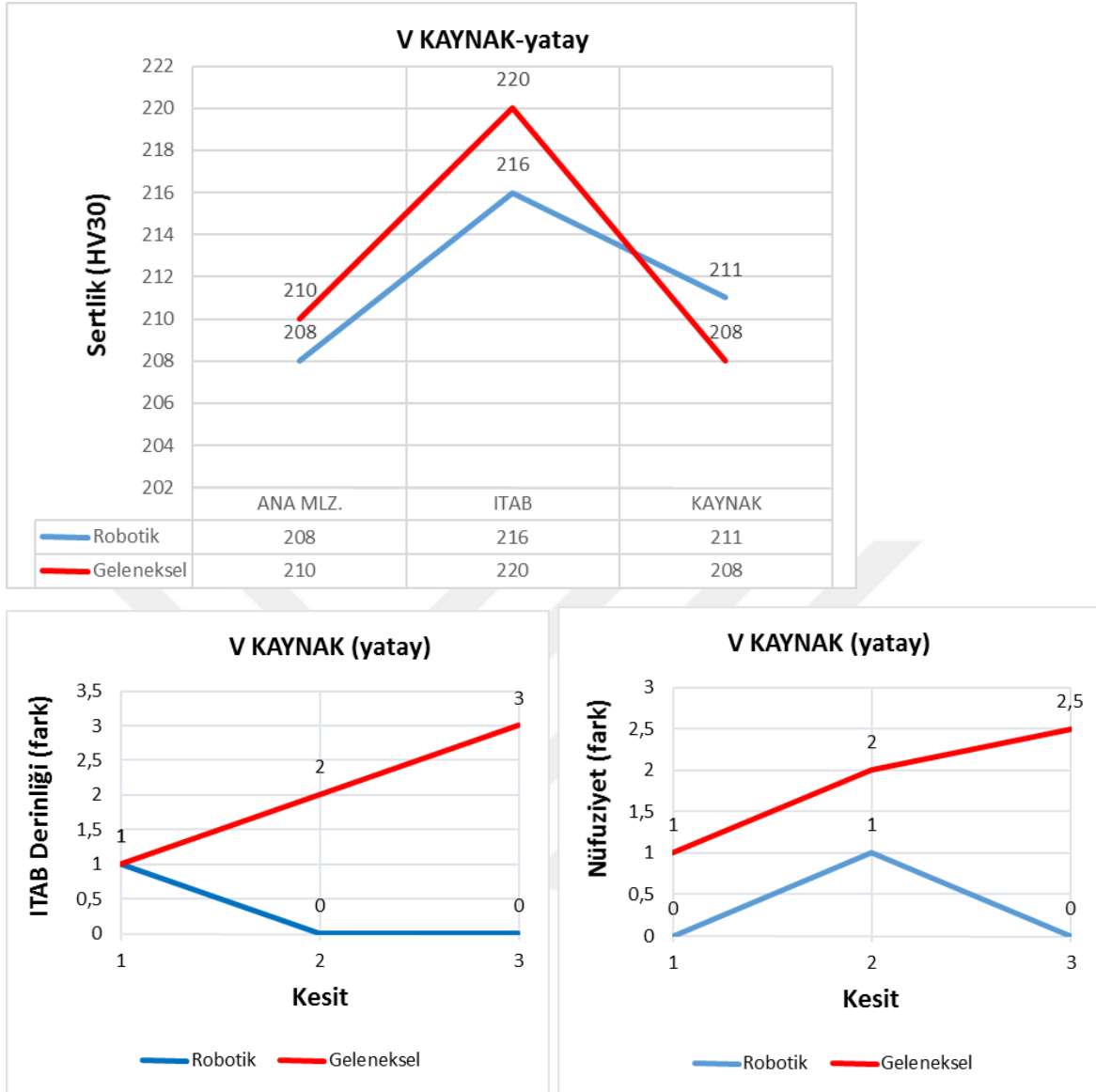
KAYNAK NÜFUZİYETİ		
min.	maks.	
1	2	

KAYNAK NÜFUZİYETİ		
min.	maks.	
1	3	

KAYNAK NÜFUZİYETİ		
min.	maks.	
0,5	3	

SERTLİK (HV30)		
ANA MLZ.	ITAB	KAYNAK
210	220	208

Kaynak boyunca süreksiz profil mevcuttur.



Şekil 10.4. V kaynak (yatay) nüfuziyet, ITAB ve sertlik ölçüm grafikleri

T kaynak test numunesinin nüfuziyet ve ITAB ve sertlik ölçüm sonuçları Çizelge 10.9’da belirtilmiştir. Şekil 10.5’te ise bu sonuçlar grafik halinde verilmiştir.

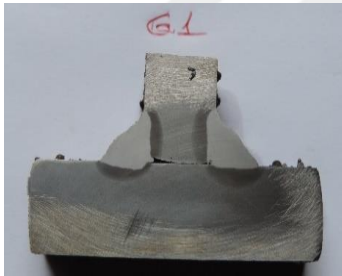
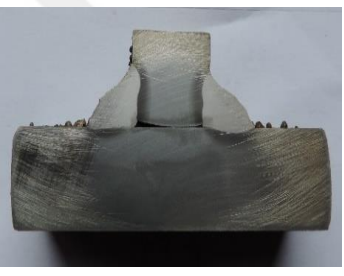
Çizelge 10.9. T kaynak nüfuziyet, ITAB ve sertlik ölçüm grafikleri

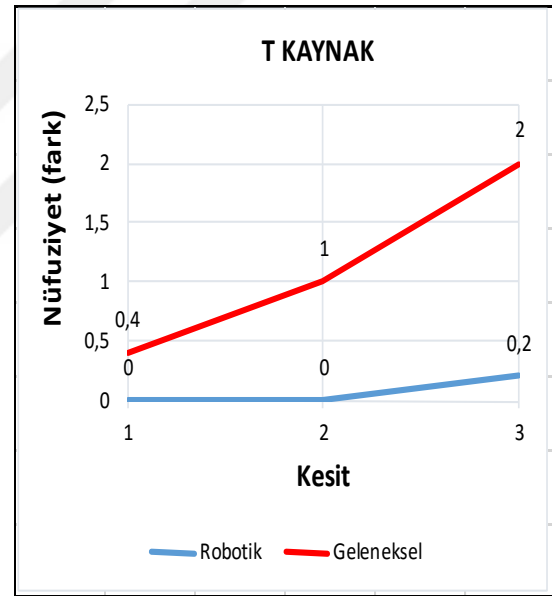
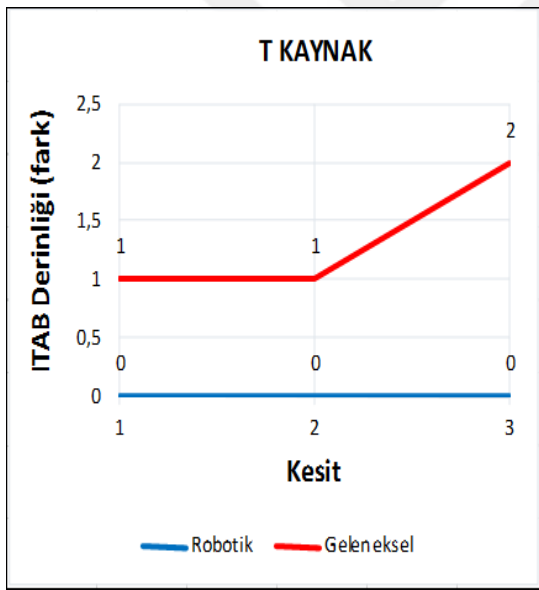
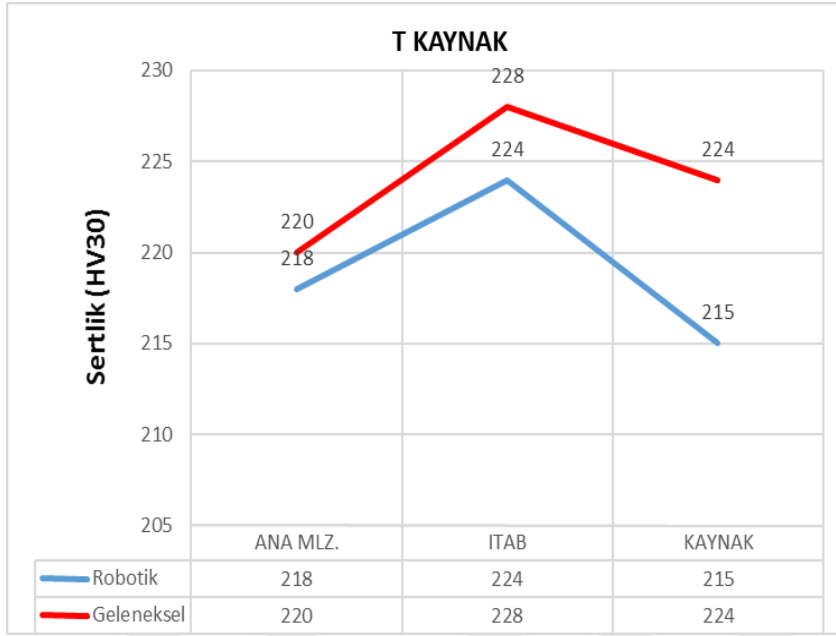
T KAYNAK

ROBOTİK

								
ITAB			ITAB			ITAB		
min.		maks.	min.		maks.	min.		maks.
3		3	3		3	3		3
KAYNAK NÜFUZİYETİ			KAYNAK NÜFUZİYETİ			KAYNAK NÜFUZİYETİ		
min.		maks.	min.		maks.	min.		maks.
2,8		2,8	3		3	3		3,2
SERTLİK (HV30)								
ANA MLZ.	ITAB	KAYNAK						
218	224	215						

GELENEKSEL

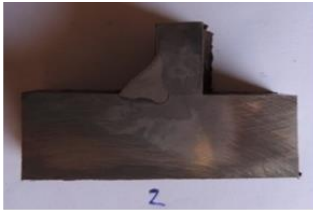
								
ITAB			ITAB			ITAB		
min.		maks.	min.		maks.	min.		maks.
2		3	2		3	1		3
KAYNAK NÜFUZİYETİ			KAYNAK NÜFUZİYETİ			KAYNAK NÜFUZİYETİ		
min.		maks.	min.		maks.	min.		maks.
1,8		2,2	2		3	0,5		2,5
SERTLİK (HV30)			Kaynak boyunca ikinci yarıdan itibaren süreksiz profil mevcuttur.					
ANA MLZ.	ITAB	KAYNAK						
220	228	224						

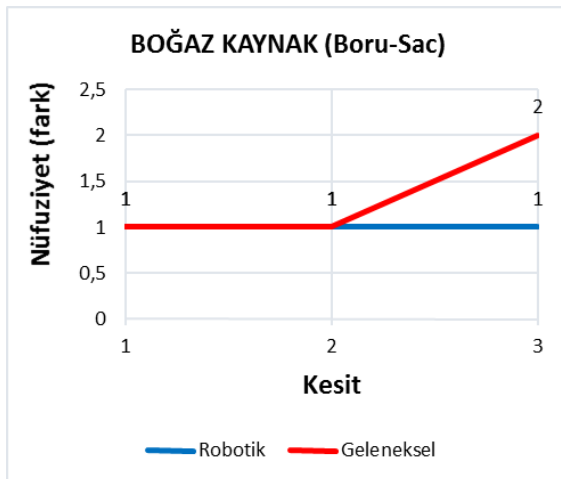
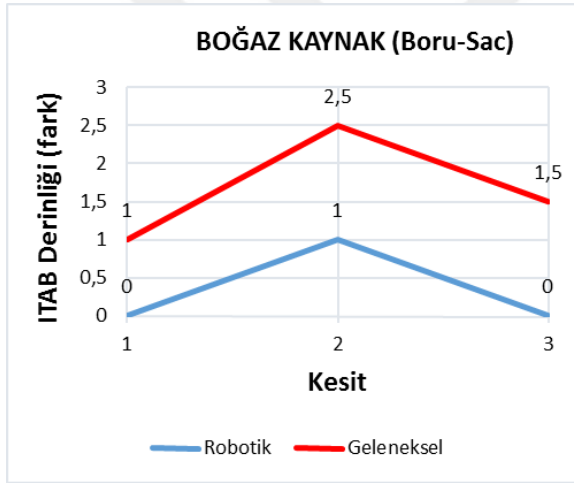
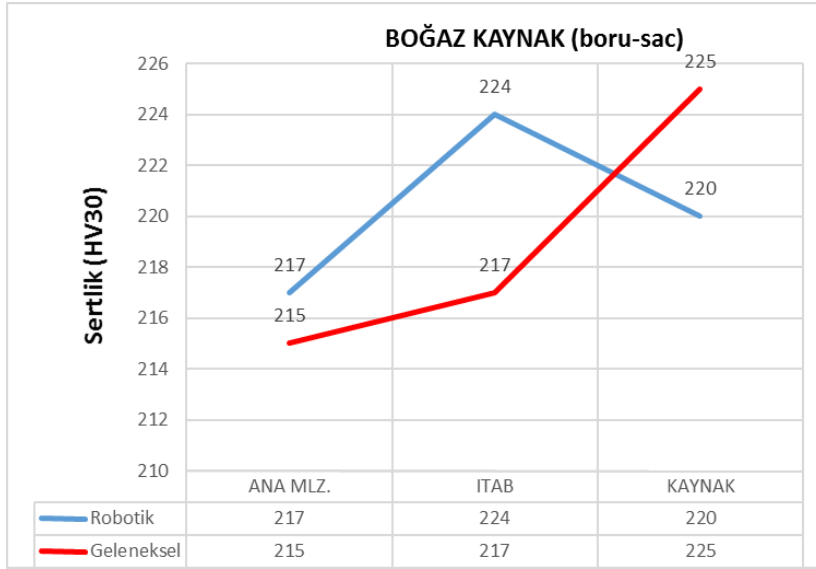


Şekil 10.5. T kaynak nüfuziyet, ITAB ve sertlik ölçüm grafikleri

Boru kaynak (boru-sac) test numunesinin nüfuziyet ve ITAB ve sertlik ölçüm sonuçları Çizelge 10.10’da belirtilmiştir. Şekil 10.6’da ise bu sonuçlar grafik halinde verilmiştir.

Çizelge 10.10. Boğaz kaynak (boru-sac) nüfuziyet, ITAB ve sertlik ölçüm grafikleri

BOĞAZ KAYNAK (Boru-Sac)	ROBOTİK						
		ITAB		ITAB		ITAB	
		min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.
		1	1	1	2	2	2
		KAYNAK NÜFUZİYETİ		KAYNAK NÜFUZİYETİ		KAYNAK NÜFUZİYETİ	
		min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.
		2	3	2	3	1	3
		SERTLİK (HV30)					
		ANA MLZ.	ITAB	KAYNAK			
		217	224	220			
	GELENEKSEL						
		ITAB		ITAB		ITAB	
		min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.
		1	2	1	3	0,5	2
		KAYNAK NÜFUZİYETİ		KAYNAK NÜFUZİYETİ		KAYNAK NÜFUZİYETİ	
		min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.
		2	3	3	4	2	4
		SERTLİK (HV30)		Kaynak bitiminde kraterde çentik şeklinde oyuk gözlemlendi.			
		ANA MLZ.	ITAB	KAYNAK			
		215	217	225			



Şekil 10.6. Boğaz kaynak (boru-sac) nüfuziyet, ITAB ve sertlik ölçüm grafikleri

Alın kaynak test numunesinin nüfuziyet ve ITAB ve sertlik ölçüm sonuçları Çizelge 10.11’de belirtilmiştir. Şekil 10.7’de ise bu sonuçlar grafik halinde verilmiştir.

Çizelge 10.11. Dolgu kaynağı nüfuziyet, ITAB ve sertlik ölçüm grafikleri

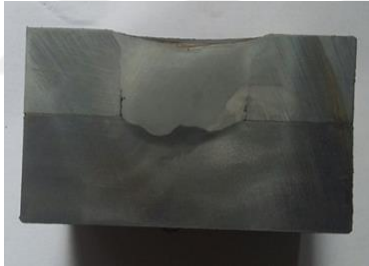
DOLGU KAYNAĞI

ROBOTİK

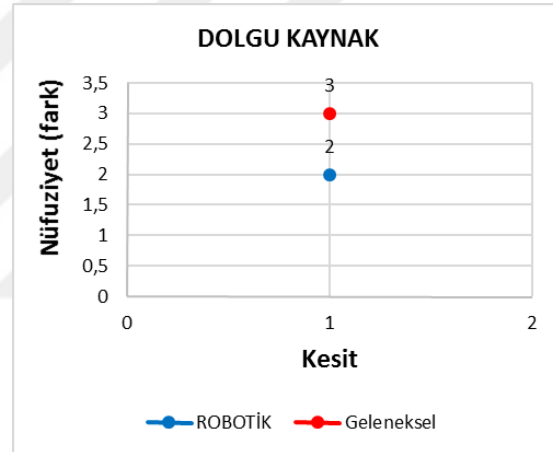
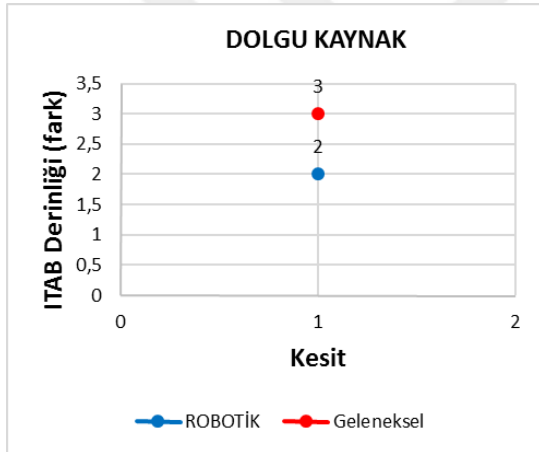
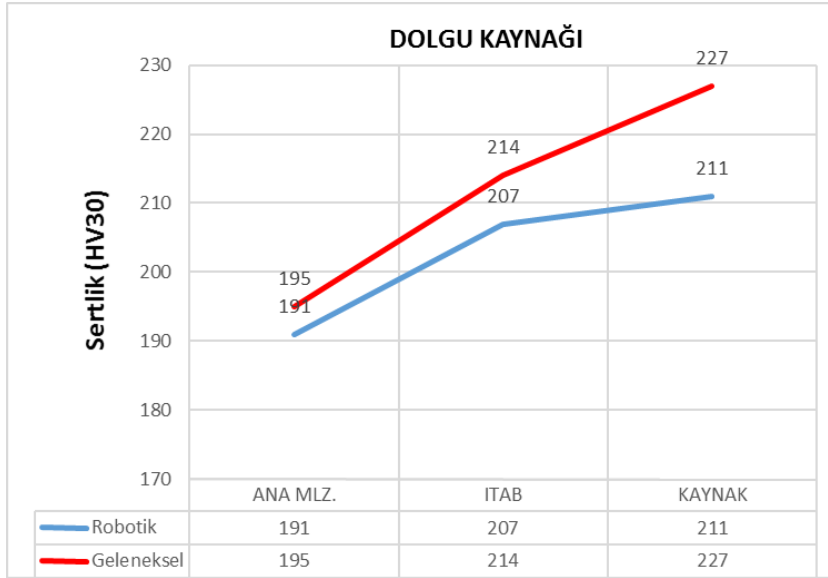


ITAB			ITAB		ITAB	
min.	maks.		min.	maks.	min.	maks.
1	3					
KAYNAK NÜFUZİYETİ			KAYNAK NÜFUZİYETİ		KAYNAK NÜFUZİYETİ	
min.	maks.		min.	maks.	min.	maks.
1	3					
SERTLİK (HV30)						
ANA MLZ.	ITAB	KAYNAK				
191	207	211				

GELENEKSEL



ITAB			ITAB		ITAB	
min.	maks.		min.	maks.	min.	maks.
1	4					
KAYNAK NÜFUZİYETİ			KAYNAK NÜFUZİYETİ		KAYNAK NÜFUZİYETİ	
min.	maks.		min.	maks.	min.	maks.
1	4					
SERTLİK (HV30)						
ANA MLZ.	ITAB	KAYNAK				
195	214	227				



Şekil 10.7. Dolgu kaynağı nüfuziyet, ITAB ve sertlik ölçüm grafikleri

Yapılan kontrollerde ITAB ve nüfuziyet derinlik değerlerinin robotik kaynakta kaynak dikişinin her iki tarafında daha homojen değerler vermiş ve kaynak boyunca sürekliliği sağlanmıştır. Buna karşın geleneksel yöntemle kaynatılan parçalarda ITAB ve nüfuziyet derinlik değerlerinin aynı kesitte farklı ölçümler alınmış ve kaynak boyunca homojen bir profil sağlanamamıştır.

11. SONUÇ VE ÖNERİLER

Deneyisel çalışmanın başlangıcında Taguchi yöntemiyle deney tasarımı yapılarak T köşe kaynağının optimizasyonu sağlanmıştır. 15mm. SAE 1040 malzeme kullanıldığında bu tip kaynak tipi için, kaynakçının hakim olamadığı parametreler olan torç açısının 45° , boşta tel uzunluğunun 12mm. ve kaynak ilerleme hızının 0,35 m./dk. olarak seçilmesinin en iyi sonucu verdiği gözlemlenmiştir. Daha sonra aynı kaynak parametreleriyle deneyisel çalışmanın ikinci aşamasında T kaynak numunelerinden biri robotik yöntemle, diğeri de geleneksel yöntemle kaynatılmış, geleneksel kaynak yöntemiyle kaynatılan parçanın kaynak sonuna doğru alınan kesitinde kaynak nüfuziyeti 0,5mm. olarak ölçülmüş ve en az değer olan 0,7mm. şartını sağlamadığı görülmüştür.

Numunelerin çatlak kontrolünde yüzeysel bir çatlğa rastlanmamıştır. Uygulanan tüm kaynak tiplerinde robotik ve geleneksel kaynak yöntemlerinin yüzeysel çatlğa yatkınlığına dair bir bulgu gözlemlenmemiştir.

Çekme testinde robotla yapılan kaynaklı parçadan alınan çekme numunesi test sonucunda ana malzemeden kırılmıştır. Geleneksel metotla yapılan kaynaklı parçadan alınan çekme numunesi ise kaynaktan kırılmıştır.

Bükme testinde, SAE1040 malzemelerin kaynakla birleştirilmesi yapılmıştır. Bükme testine alınan her iki parça 90° büküldüğü anda robotla kaynatılan parça kaynak bölgesinden, geleneksel yöntemle kaynatılan parça ise ITAB bölgesinden kırılmıştır. İkinci kez St37 malzemeden hazırlanan bükme numuneleri ise 180° bükülmüştür. Robotik kaynakla hazırlanan parçada herhangi bir deformasyon gözlenmezken geleneksel kaynak kullanılan test numunesinin kaynak bitiş noktasında hafif yırtılmalar gözlemlenmiştir. Bu farkın sebebi; robotik kaynakta kaynak dikiş ekseninin sapma göstermemesi, kaynağın istenilen yerinde gerilim ve akım şiddeti parametrelerinde müdahaleye izin vermesinden kaynaklandığı söylenebilir. Robotik kaynakta kaynak bitiminde 160A, 16V ve 0,5 sn. değerleri verilerek kaynak bitiminin daha kusursuz olması sağlanırken geleneksel kaynakla kaynak parametreleri başlangıçtan bitişe kadar mecburen sabit tutulmuştur.

Basma testinde kaynak bölgesinden malzeme kesitine dik olarak basma yükü uygulanmıştır. Her iki yöntemle hazırlanan ve deforme edilen parçaların çekme gerilmesine ve basma gerilmesine maruz kalan bölgelerinde çatlak ve yırtığa rastlanmamıştır.

Çentik Darbe Testi için KOSGEB laboratuvarlarında 10x10x50mm. hazırlanan numunelere kaynak bölgesinden çentik açılmıştır. Teste alınan parçalardan robotla kaynatılan parçanın kırılma enerjisi 80,1 J, geleneksel kaynakla kaynatılan parçanın kırılma enerjisi 74,3 J ölçülmüştür. Buna göre robotik kaynakla kaynatılan parçanın kırılma direnci daha yüksektir.

Ana malzeme, ITAB ve kaynak bölgelerinde yapılan sertlik kontrollerinde robotla ve geleneksel yöntemle yapılan kaynakların karşılaştırılmasında değerlerde yüksek farklılık gözlenmemiştir. Aynı özellikte malzeme, kaynak teli, koruyucu gaz kullanımı ve aynı kaynak parametreleri sertlik değerinin değişkenlik yaratmasına izin vermemiştir. Diğer taraftan, geleneksel yöntemle kaynatılan aynı parçanın farklı bölgelerinden alınan sertlik değerlerinde kaynak kesitinde kaynak bölgesinin eksenine referans kabul edilerek kaynağın bir yarısında görülen ITAB diğer bölgeye göre simetrik olmadığı gözlemlenmiştir.

Makroyapı kontrollerinde numunelerden farklı bölgelerinden alınan kesitler incelendiğinde robotik kaynakta kesitlerarası bir farklılık gözlemlenmezken, geleneksel yöntemle yapılan kaynakta özellikle kaynak dikiş sonlarına doğru dikiş nominal eksenine göre asimetrik durum gözlenmiştir. Robotik kaynakta kaynak başlangıcından sonuna kadar boşta tel boyu, kaynak hızı, tel açısı testte kullanılan Panasonic VR-006 robotla 0.1 mm. hassasiyetle kolayca sabitlenebilmektedir. Geleneksel kaynakta bu parametreler kaynakçının yetkinliğine kalmaktadır. 500mm. gibi uzun bir kaynak dikişi oluşturulurken, kaynağın sonuna doğru kaynakçının dikkati, el hassasiyeti ve bedensel gücü azalmakta ve yukarıda belirtildiği gibi kaynak kesitinde simetrik olmayan kaynak ve ITAB bölgeleri oluşmaktadır. Bu farklılık numune çalışması yapılan uzun dikişli alın, V ve T kaynakta gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak kaynak kalitesini büyük oranda tanımlayan bu testlerde, robotik kaynak geleneksel kaynağa göre daha başarılı sonuçlar vermiştir. Bunun en önemli sebebi ise özellikle boşta tel boyunun, kaynak teli açısının ve kaynak dikiş ekseninin kaynak

süresince sabitlenme imkânının olmasıdır. Diğer taraftan robotun düşünme yetisinin olmaması, kaynatılacak parçalarda homojen olmayan kaynak ağızları, kaynak ekseninde parçadan parçaya değişkenlik gibi durumlarda, robotik kaynak istenmeyen kaynak dikişlerine sebep olmakta, geleneksel kaynakta ise kaynakçının parçaya göre hareket etmesinden dolayı bu gibi hataları görerek yok etmesi de geleneksel kaynağın avantajı olarak öne çıkmaktadır.

Bundan sonraki çalışmalarda, robotik ve geleneksel kaynağın; malzeme sarfıyatı, kalitesizlik maliyetleri, birim üretim miktarları gibi veriler baz alınarak geniş bir yelpazede maliyet analizi karşılaştırılması çalışmaları yapılabilir.





KAYNAKLAR

1. Kul, A. (2009). *Endüstriyel kaynak robotlarında kullanılan kaynak parametrelerinin kaynak kalitesine ve nüfuziyetine etkisinin araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
2. Şahin, E. (2008). *Robotik gazaltı kaynak parametrelerinden akım, gerilim ve kaynak ilerleme hızının Tauchi yöntemiyle optimizasyonu*, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
3. Küpeli, G. (2008). *Alaşımsız çeliklere robotik gazaltı kaynağının uygulanması*, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
4. Geçmen, İ. (2006). *Çeliklere gaz altı kaynağının uygulanması*, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
5. Türkkan, G. (2008). *Koruyucu gaz kaynağında (MIG/MAG) gaz debisinin kaynak nüfuziyeti ve kaynak hızına etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
6. Ulubaş, B. (2009). *Robot kaynaklı birleştirmelerde mekanik ve mikro yapının incelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
7. Durmuşoğlu, Ş. (2007). *Gazaltı kaynağında kaynak kalitesine tesir eden parametrelerinin mekanik özelliklere etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
8. Yayla P. (1987). *Yapı çeliklerinde karbon eşdeğeri ile kaynak kabiliyeti arasındaki bağıntı*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
9. Groover, M. (1986). *Industrial Robotics*, McGraw-Hill Company International Editions, Singapore, 24-30.
10. Anık, S., Vural, M. (1993). *1000 Soruda Kaynak Teknolojisi El Kitabı*, İstanbul: Birsan Yayınevi, 45-48.
11. Anık, S., Vural, M. (1996). *Gazaltı Ark Kaynağı*, Gedik Eğitim Vakfı Yayınları İstanbul, 104-108.
12. Tülbentçi, K., (1990). *MIG-MAG Eriyen Elektrod İle Gazaltı Kaynağı*, İstanbul: Gedik Eğitim Vakfı Yayınları, 69-89.
13. Pires, J., N., Loureiro, A., Bölmsjö, G. (2005). *Welding Robots Technology, System Issues and Applications*, 40-43.
14. AWS B4.0 (2007), American Welding Society, *An American National Standard, Standard Methods for Mechanical Testing of Welds*.

15. DIN 1912, (1981). *Kaynaklı birleştirme parça pozisyonları*.
16. ISO 9692-1, (2003). *Kaynak ve benzeri proseslerde birleşim yerleri hazırlama önerileri standardı*.
17. Güral, G. (2003). *Gazaltı Kaynağında Proses Parametrelerinin Optimizasyonu*, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
18. Yıldırım, S. (2011). *Ürün tasarımı geliştirilmesi: Taguchi tasarımı*, Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
19. Şirvancı, M. (1997). *Kalite İçin Deney Tasarımı, Taguchi Yaklaşımı*, İstanbul: Literatür Yayıncılık, 108.
20. 9.50170 *FIAT Standardı*.
21. EN ISO 23277, (2010). *Kaynakların tahribatsız muayenesi-Kaynakların penetrant muayenesi-Kabul seviyeleri*.
22. TS EN ISO 15614-1, (2007). *Metallik malzemeler için kaynak prosedürlerinin şartnamesi ve vasıflandırılması-Kaynak prosedürü deneyi-Bölüm 1: Çeliklerin gaz ve ark kaynağı, nikel ve nikel alaşımlarının ark kaynağı*.
23. Matsushita Welding Systems Co., Ltd., (2005) *Panasonic Industrial robot operating instructions*.
24. Anık, S. (1991). *Kaynak Tekniği El Kitabı*, İstanbul: Gedik Eğitim Vakfı, Yayınları.
25. Utrachi, J. (2012). *Advanced Automotive Welding*. Design Publications, North Branch, Minnesota.
26. Saudi, A. (2009). *Welding Parameters*, Engineering Encyclopedia, Saudi Aramco Desktop Standards.
27. Srivastava, B. K., Tewari, S.P., Prakash, J. (2007). *A review on effect of arc welding parameters on mechanical behaviour of ferrous metals/alloys*, Mechanical Engineering Department Institute Of Technology, Banaras Hindu University, Varanasi, India.
28. Karaoğlu, S., Seçgin, A. (2008). Sensitivity analysis of submerged arc welding process parameters, *Journal of Materials Processing Technology*, İzmir. 7(2),23-74.
29. Gurav, B. D., Ambekar, S. D. (2013). *Optimization of the welding parameters in resistance spot welding*, Department of Mechanical Engineering, Government Engineering College, Aurangabad, Maharashtra, India.

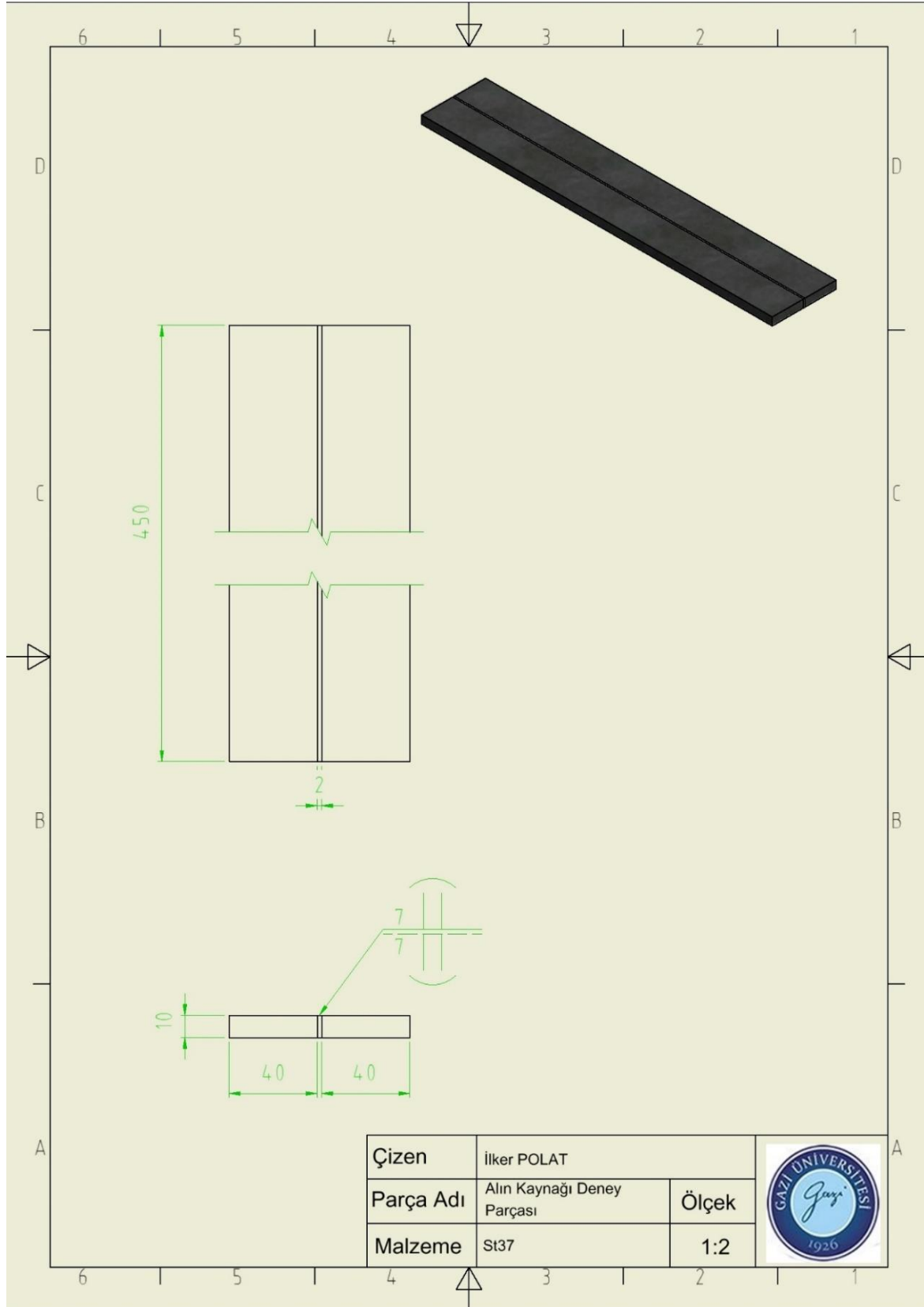
30. Ibrahim, I. A., Mohamat, S. A., Abdul Ghalib, A. A. (2012). The Effect of Gas Metal Arc Welding (GMAW) processes on different welding parameters, *International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors*.



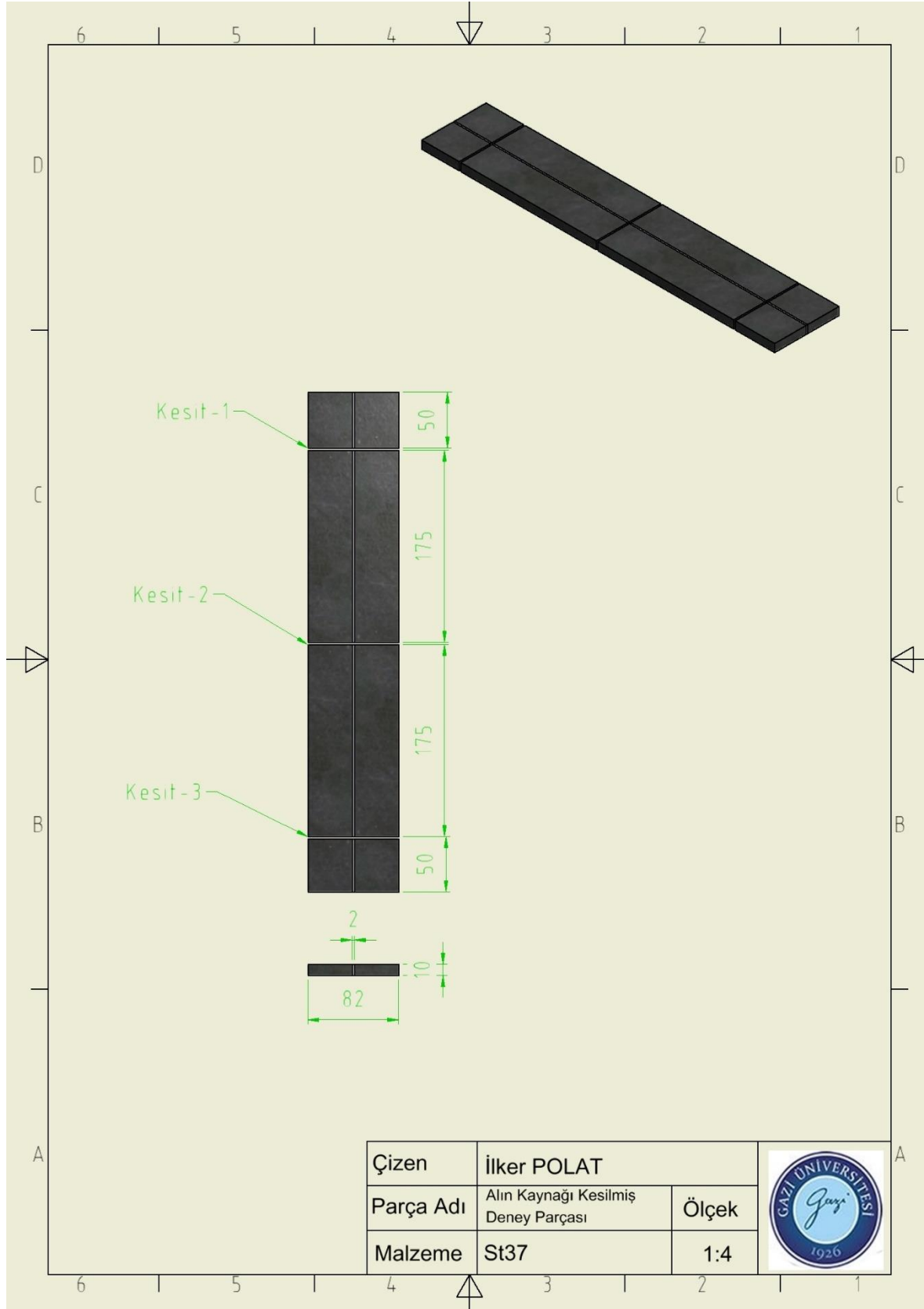




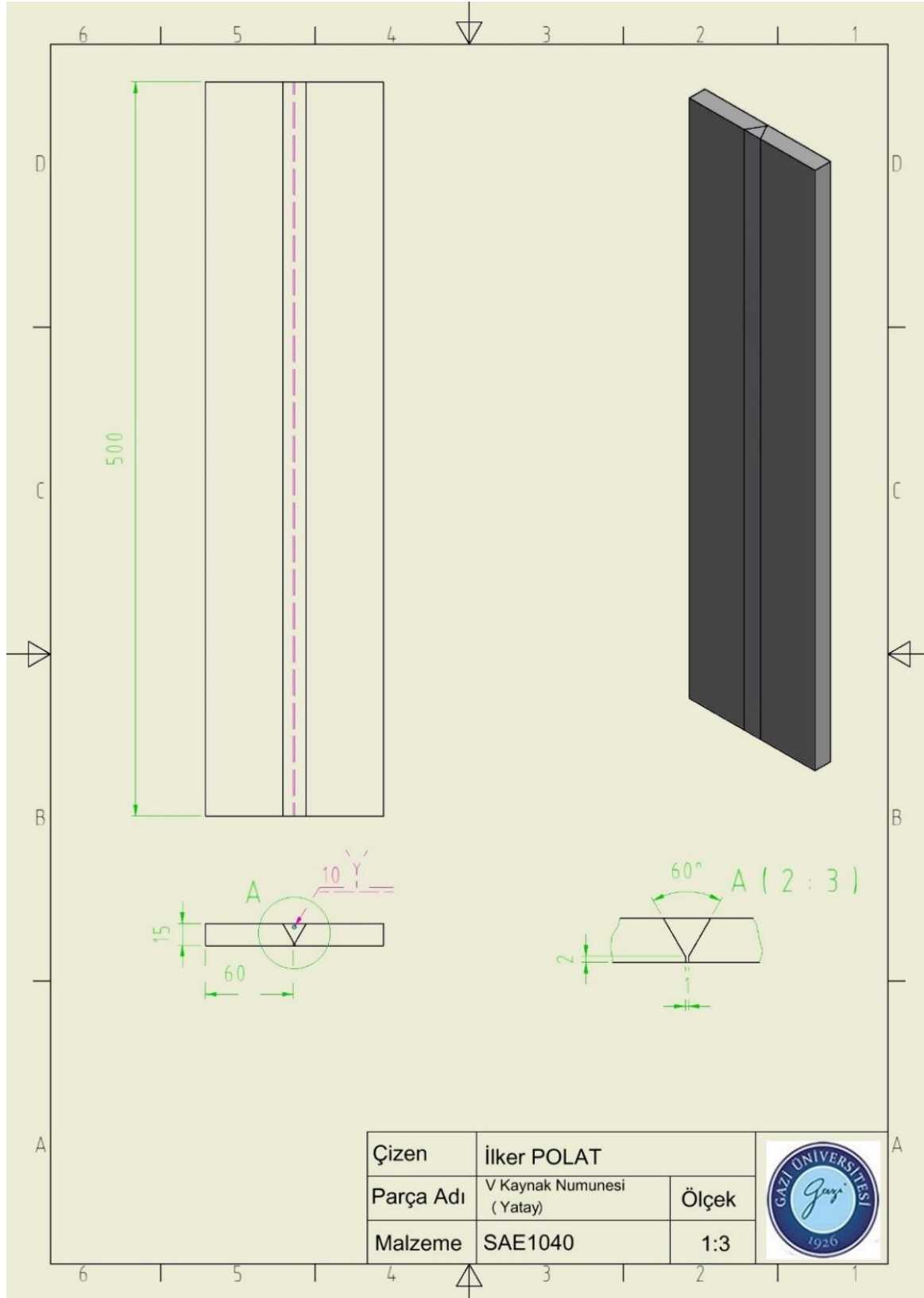
Ek-1. Alın kaynak test numunesi teknik resmi



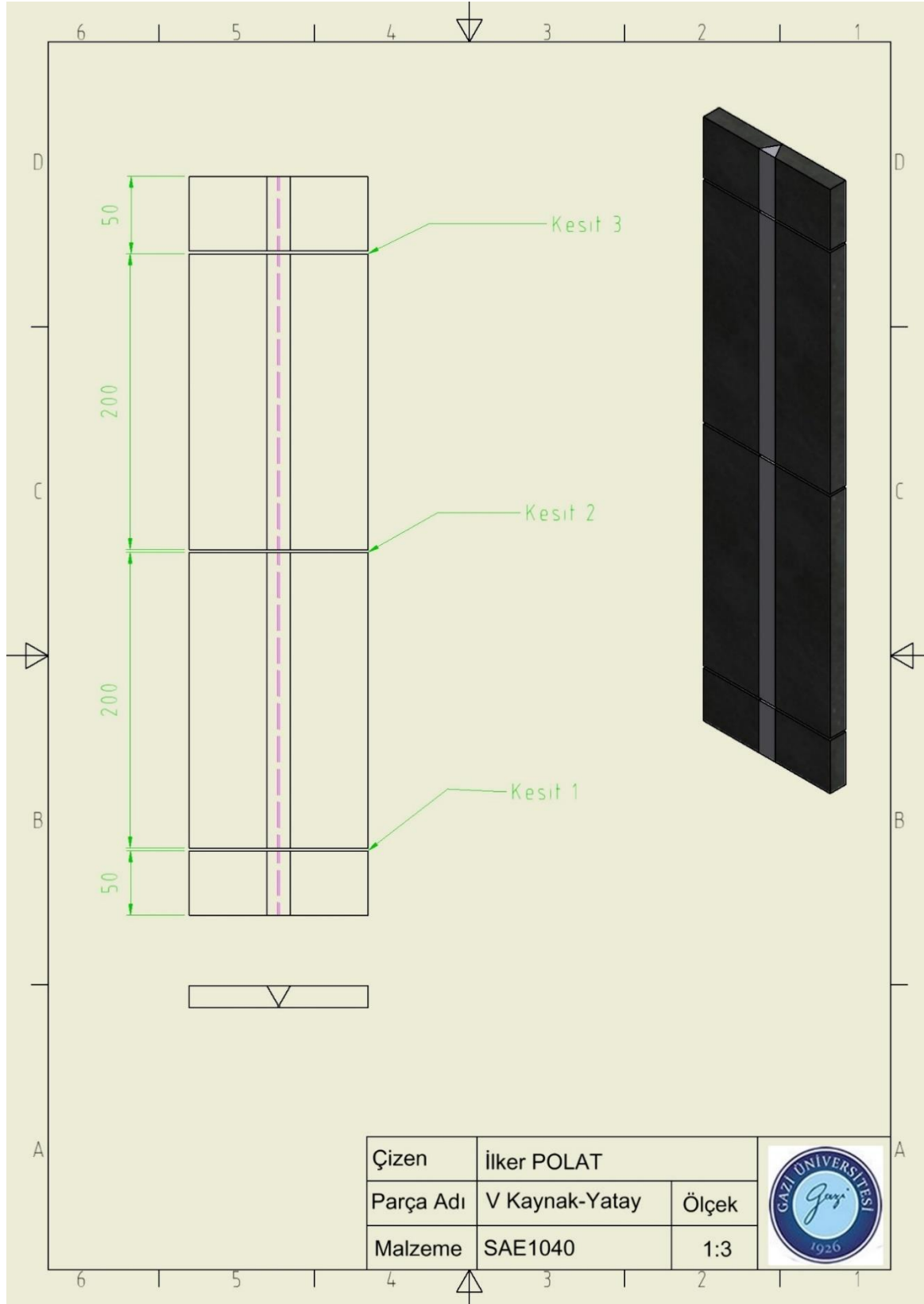
Ek-2. Alın kaynak test numunesi dilimlenmiş teknik resmi



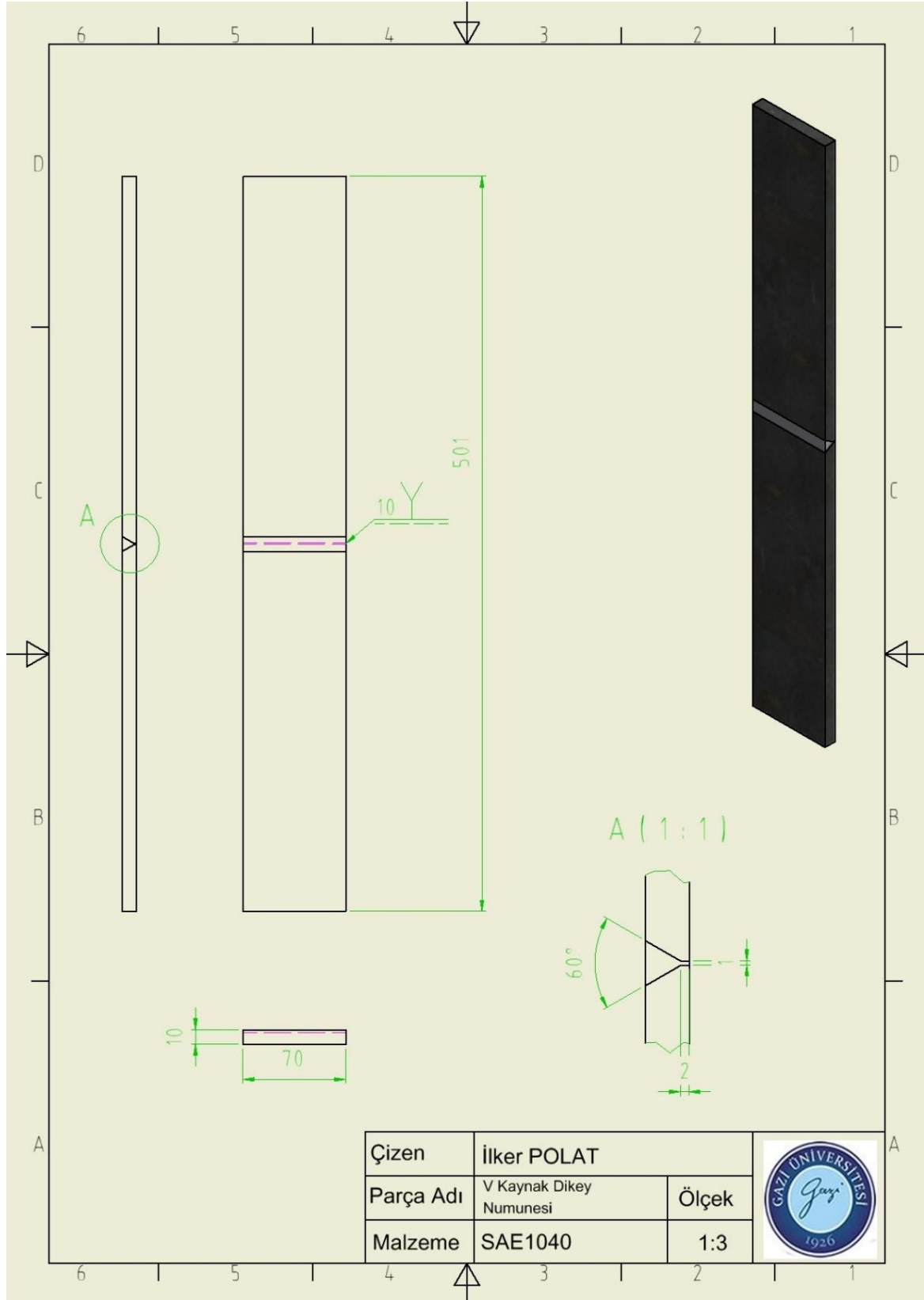
Ek-3. V kaynak (yatay) numunesi teknik resmi



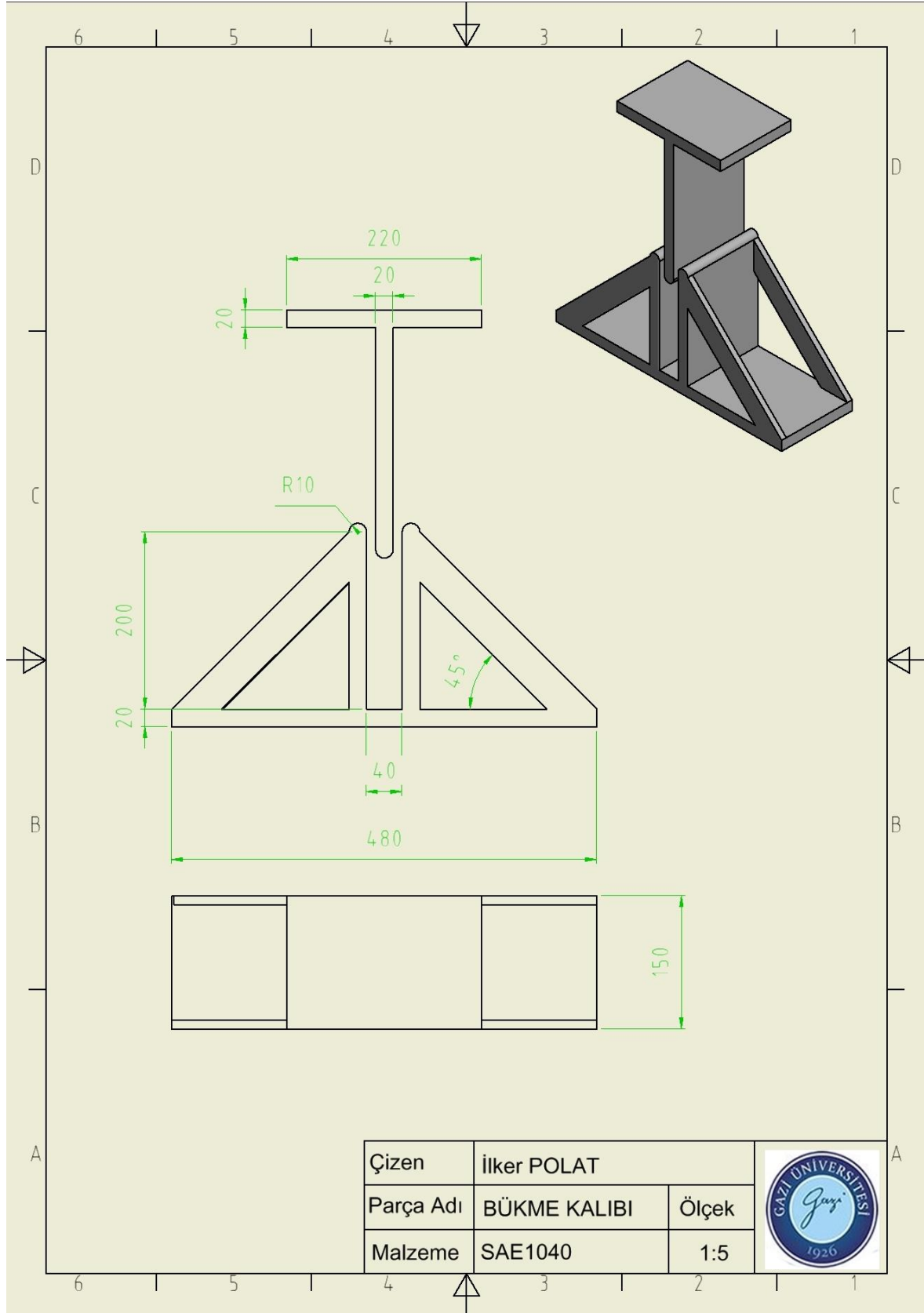
Ek-4. V kaynak (yatay) numunesi dilimlenmiş teknik resmi



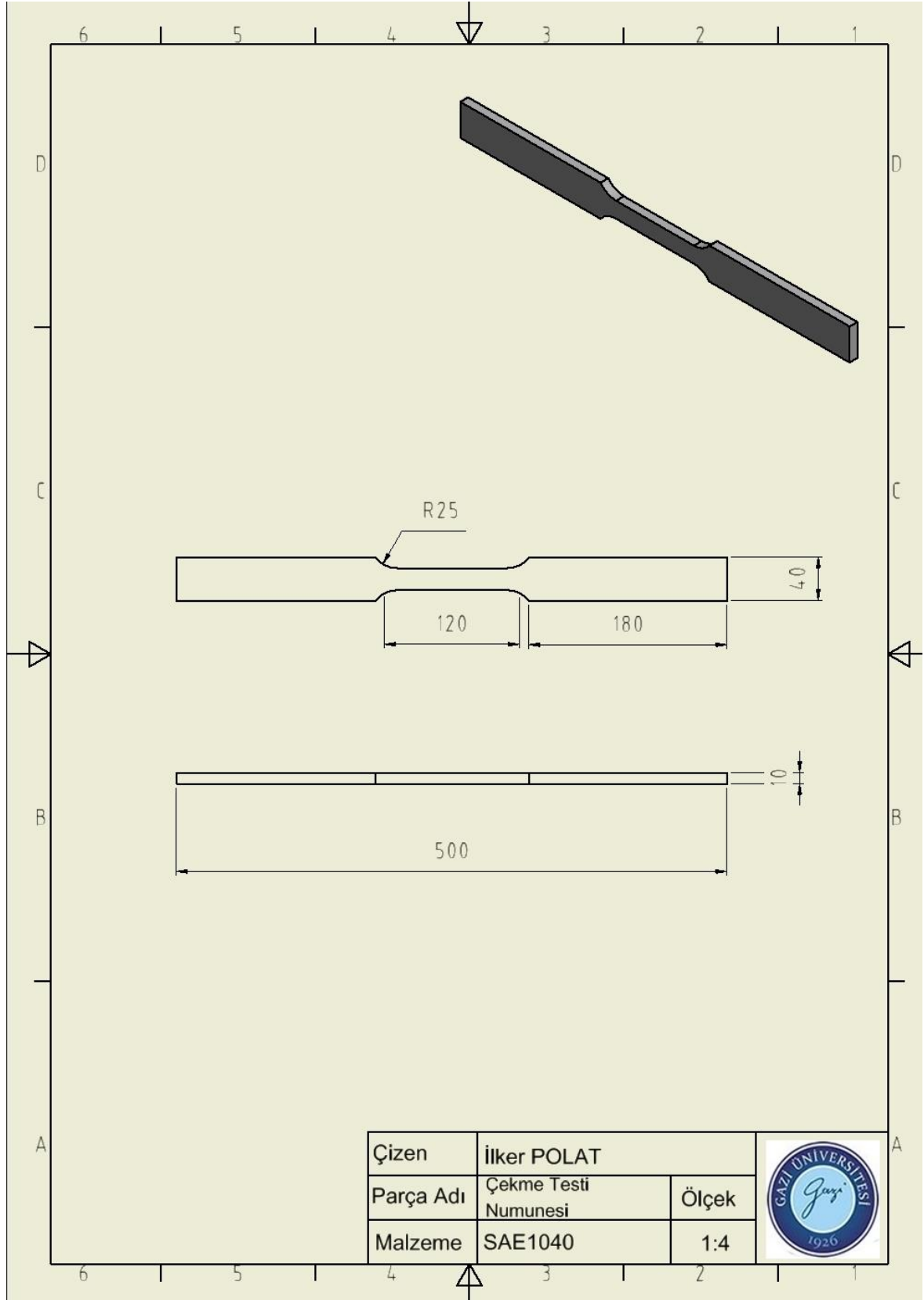
Ek-5. V kaynak (dikey) numunesi teknik resmi



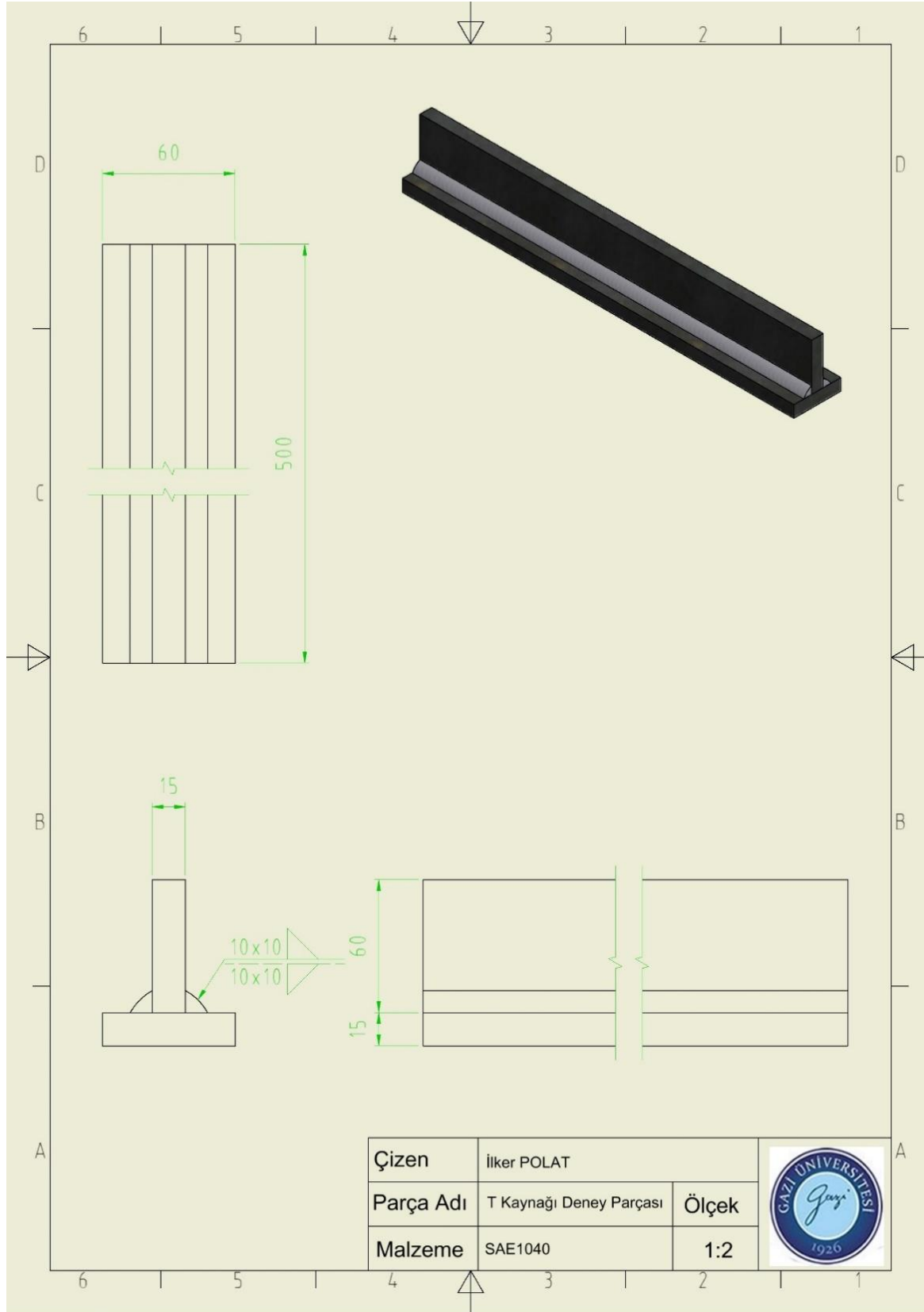
Ek-6. Bükme kalıbı teknik resmi



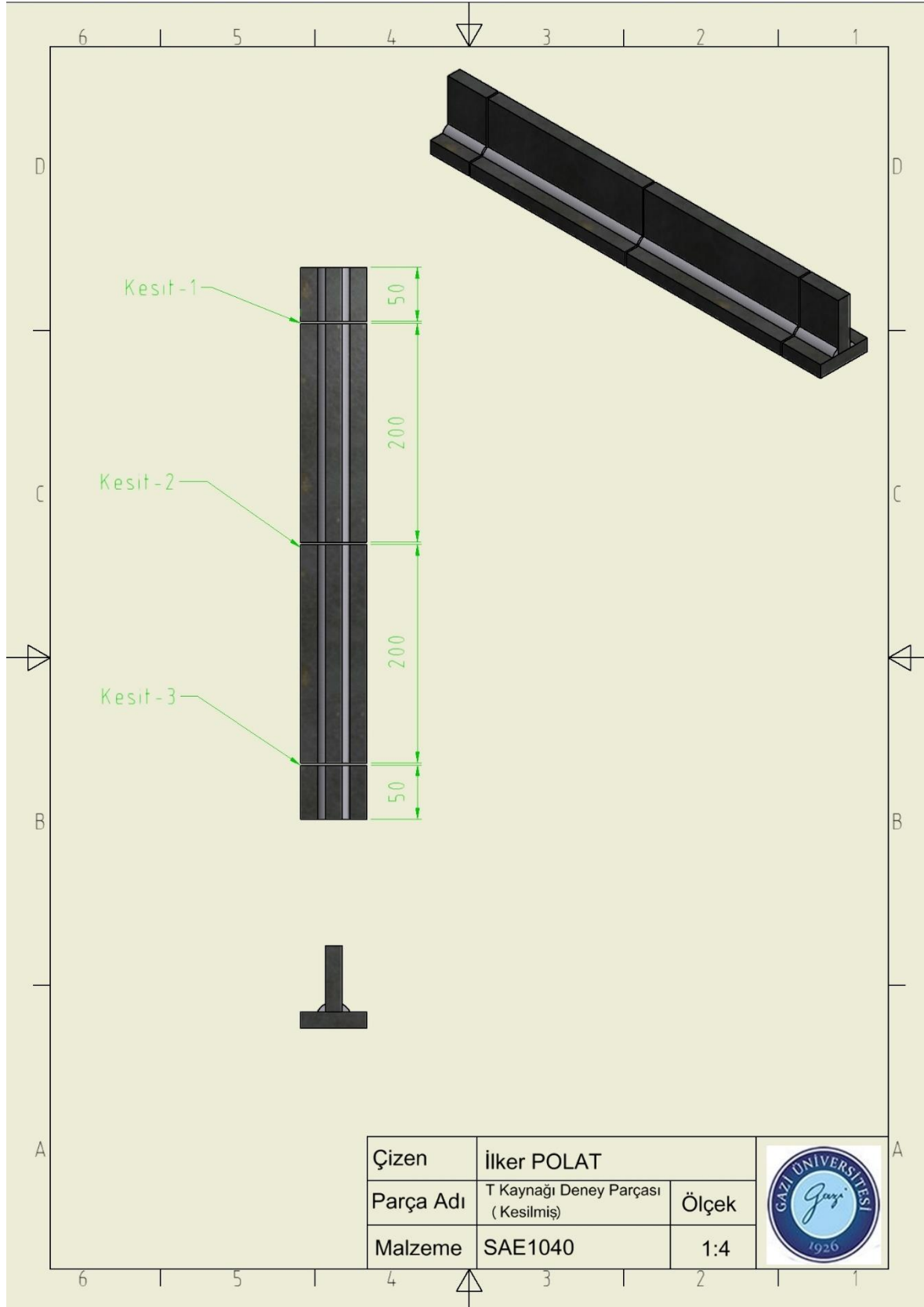
Ek-7. Çekme testi numunesi



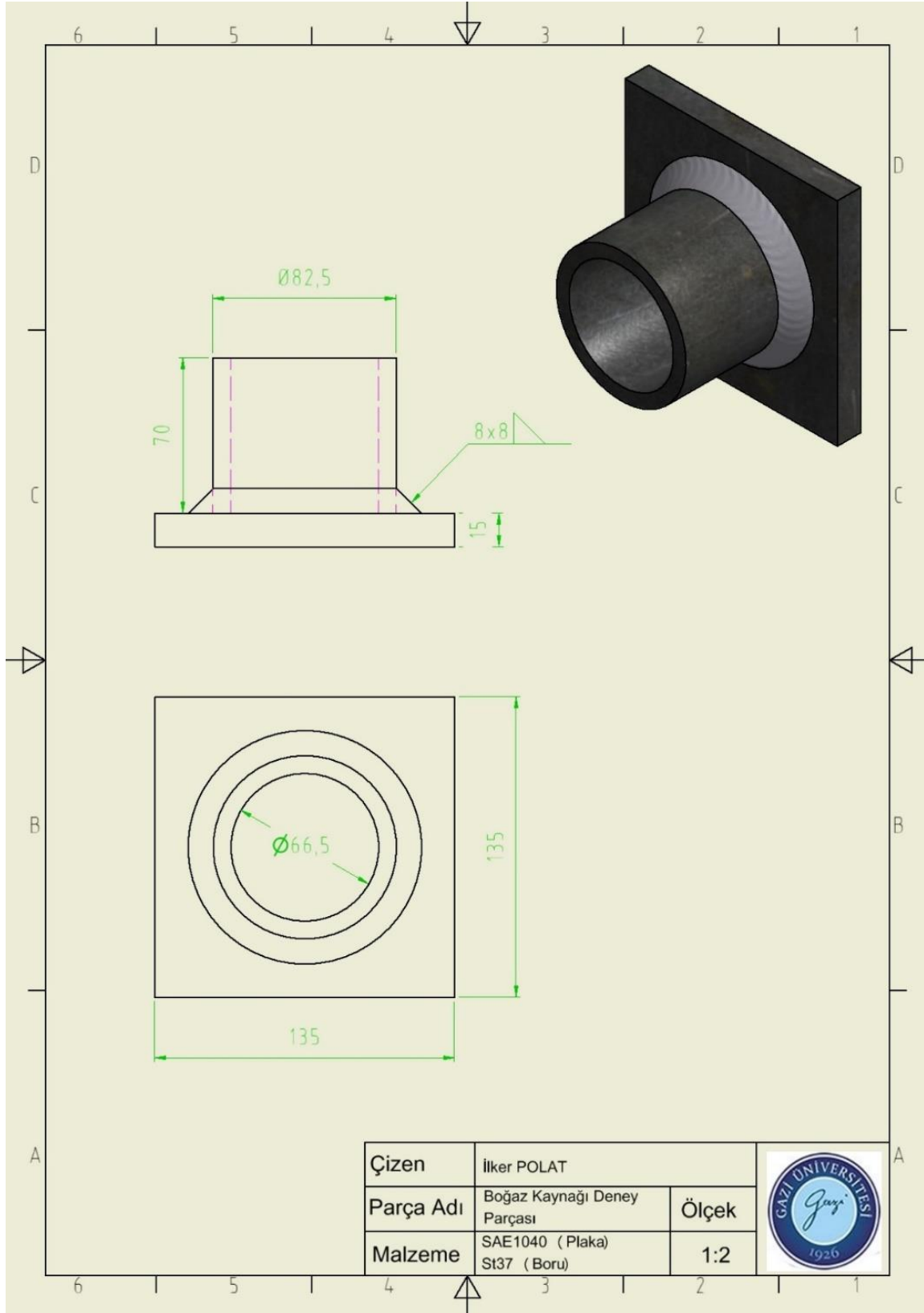
Ek-8. T kaynak numunesi teknik resmi



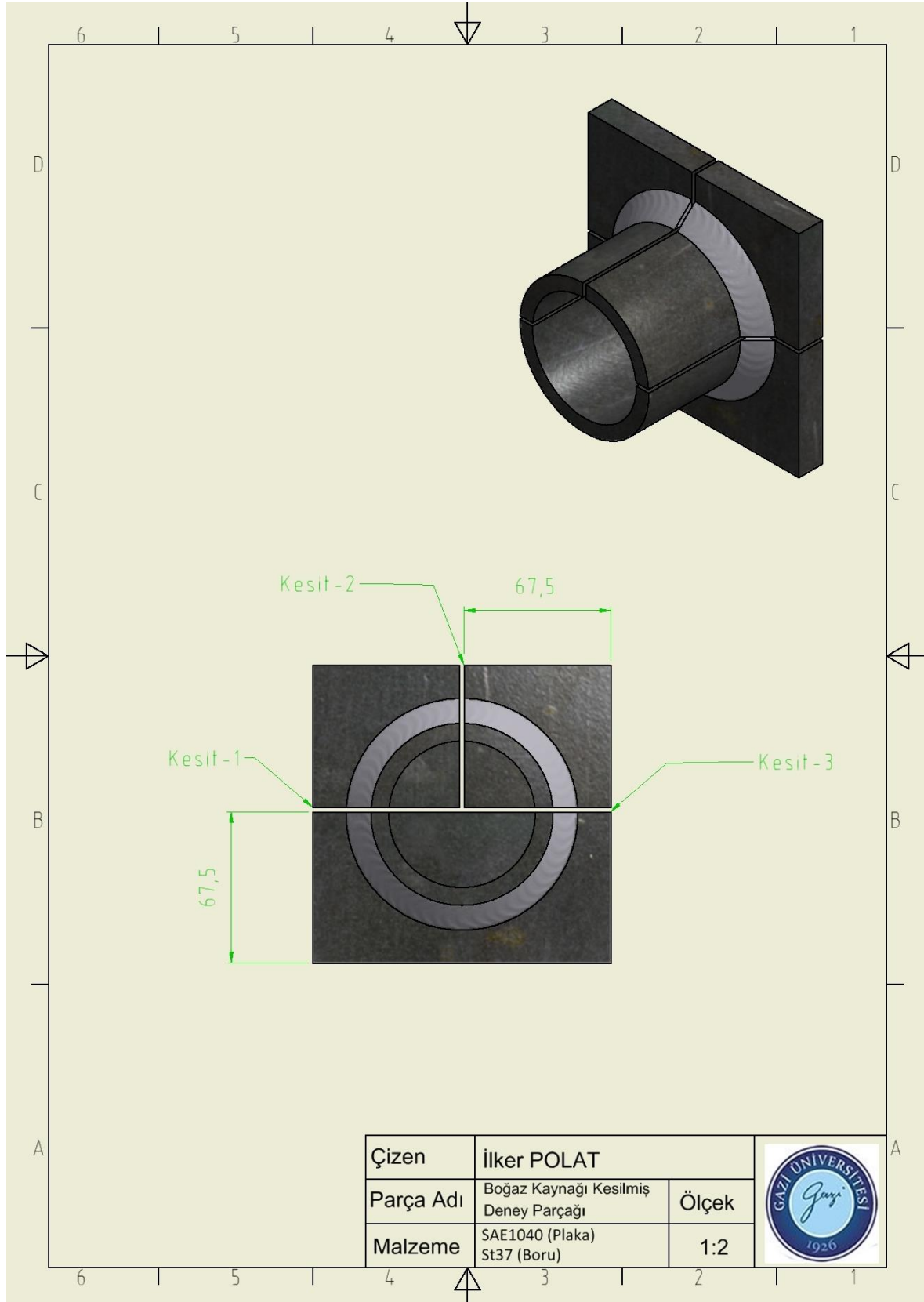
Ek-9. T kaynak numunesi dilimlenmiş teknik resmi



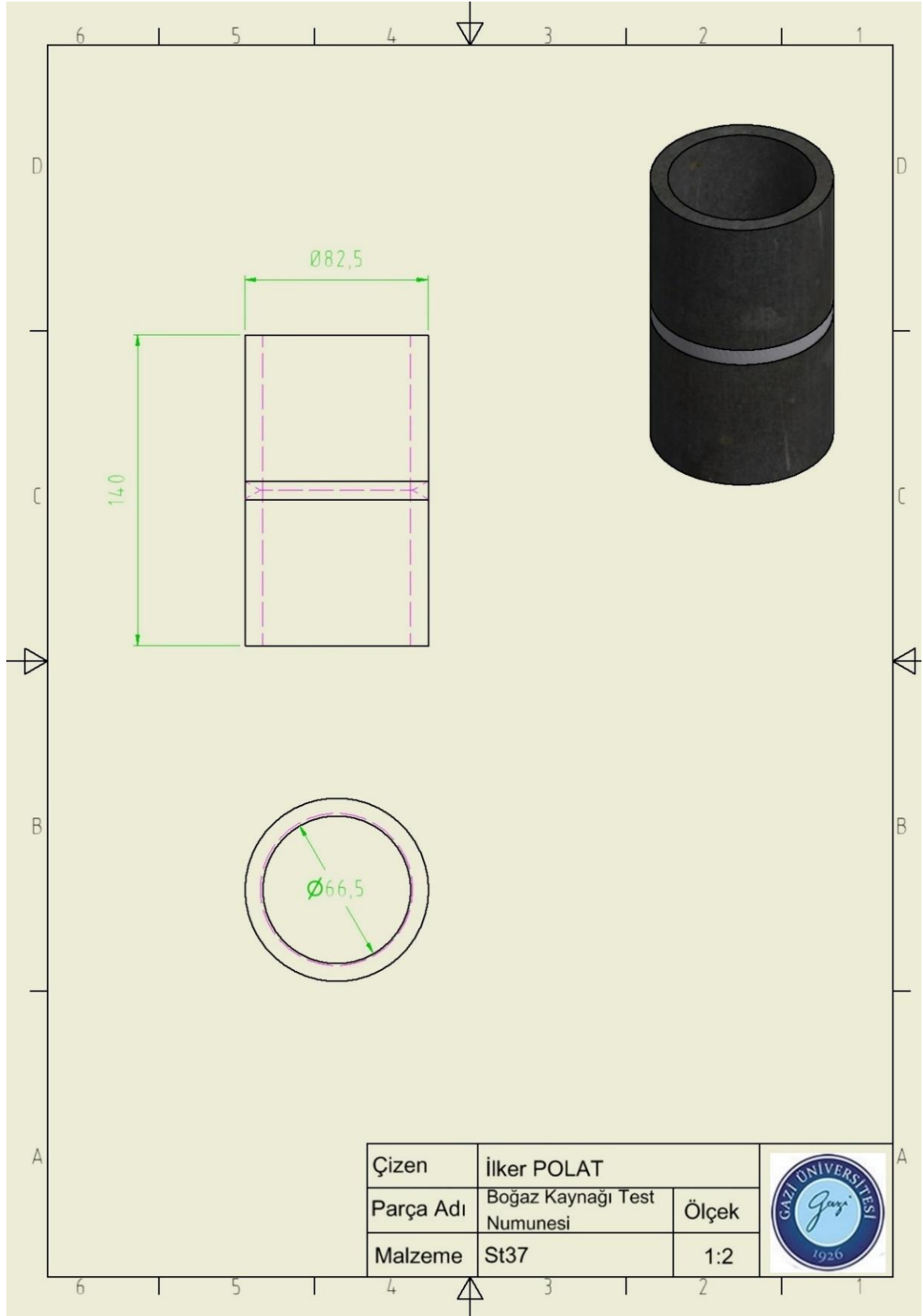
Ek-10. Boğaz kaynak (boru-sac) numunesi teknik resmi



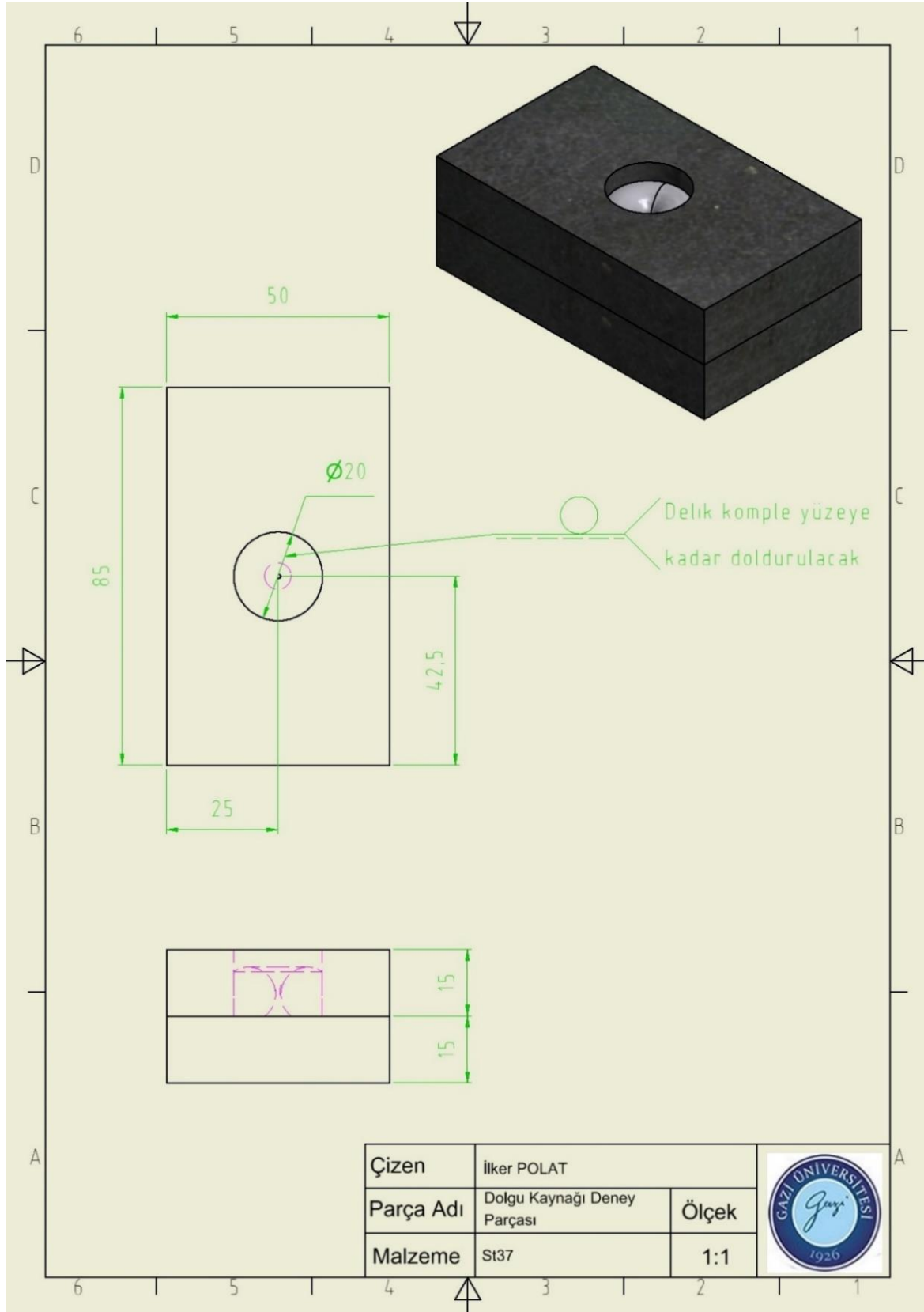
Ek-11. Boğaz kaynak (boru-sac) numunesi dilimlenmiş teknik resmi



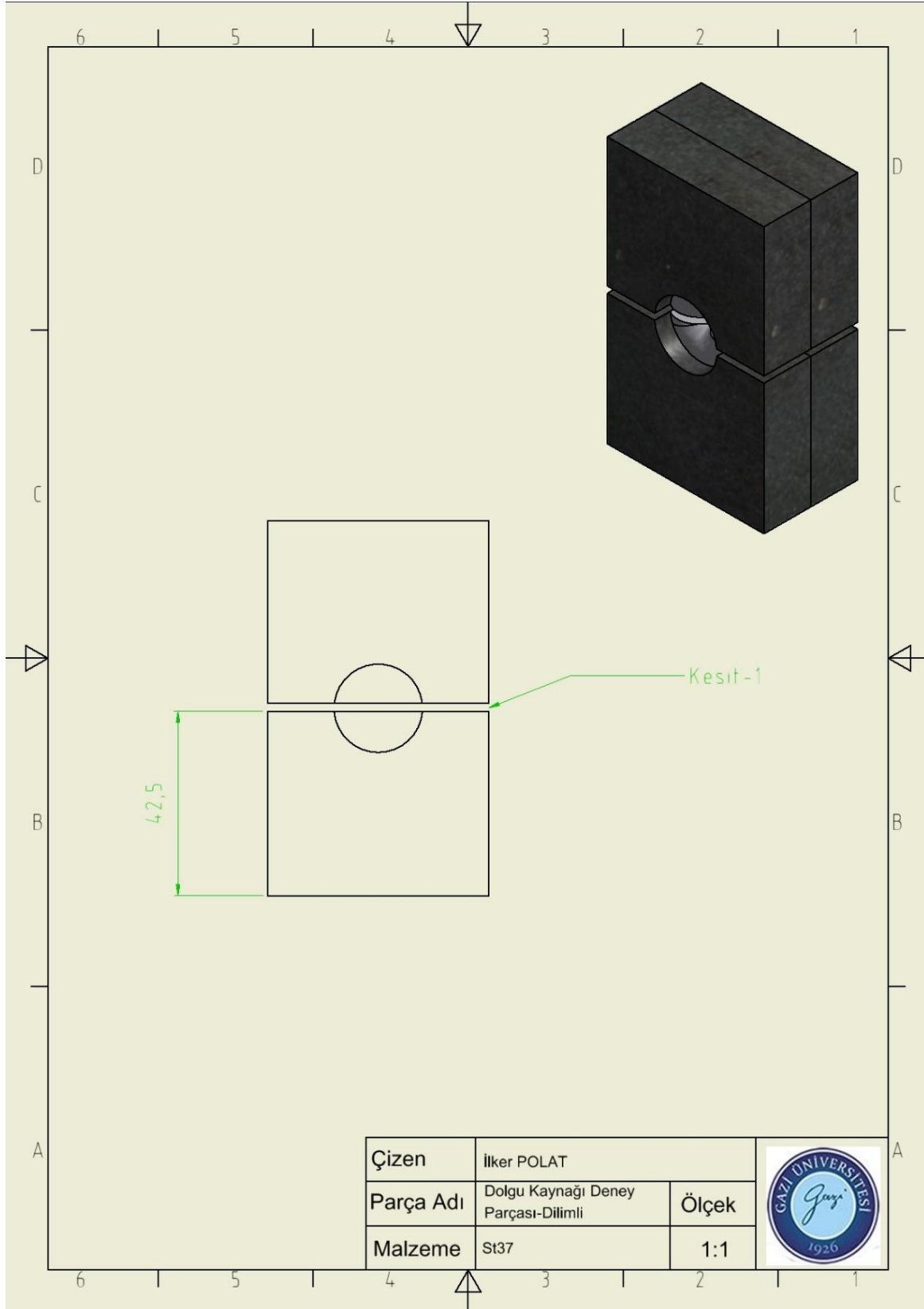
Ek-12. Boğaz kaynak (boru-boru) numunesi teknik resmi



Ek-13. Dolgu kaynak numunesi teknik resmi

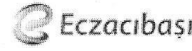


Ek-14. Dolgu kaynak numunesi dilimlenmiş teknik resmi



Ek-15. Kaynak teli raporu

ÜRÜN SERTİFİKASI



Ürün	:AS SG2	Müşteri No	:200004
Boyut(lar) (mm)	:1.2	Sipariş No	:20139205
Ürün Kodu	:73212045	Miktar	:1.080 KG
Ürün Grubu	:GMAW	Müşteri Adı	:GÜRTAŞ HIRDAVAT YED. PR. PAZ.TİC.
Batch No	:305120	Teslimat No	:80176553
		İrsaliye No	:I-650172
Sınıflandırma	:AWS 5.18: ER70S-6		
	:EN ISO 14341-A-G 42 4 M21 3S11		

Kimyasal Analiz (%) *												EN 10204:2007 2.2	
C (%)	Si (%)	Mn (%)	S (%)	P (%)	Cr (%)	Ni (%)	Mo (%)	Cu (%)	V (%)	Ti (%)	Al (%)	Zr (%)	
0,065	0,890	1,550	0,005	0,006	0,022	0,032	0,003	0,080	0,030	0,003	0,002	0,018	

* Kimyasal analizler örtülü elektrotlar ve özlü teller için kaynak metalinden, kaynak telleri için ise filmaşın hammaddeden alınmaktadır.

Mekanik Testler, Kaynak Metali								EN 10204:2007 2.2	
Çekme Testi				Darbe Testi					
Şart. **	Çekme	Akma	Uzama	Şart. **	Çentik	Sıcaklık	Ort		
	N/mm2	N/mm2	%			°C	Joule		
	520	433	29		ISO-V	-40	85		

** PWHT: Kaynak sonrası ısı işlem görmüş parça test edilmiştir. AW: Parça kaynak edildiği şekilde test edilmiştir.

Diğer Testler	EN 10204:2007 2.2
---------------	-------------------

Açıklama

Koruma Gazı : M21

1-Yukarıda belirtilen ürün ISO 9001 : 2008 Kalite YönetimSistemine göre üretilir, test edilir ve sağlanır.

2-Kaynak metaline ait kimyasal ve mekanik analizlerin, kullanılmakta olan kaynak prosedürüne bağlı olarak değişebileceği unutulmamalıdır.

3-Mekanik ve kimyasal test sonuçları günceldir.

Kaynak Tekniği San. ve Tic A.Ş.

TOSB Otomotiv Yan Sanayi İhtisas Organize Sanayi Bölgesi

2.Cadde No:5, Şekerpınar Çayırova 41420 - Kocaeli

Telefon: 0262 679 77 35 Faks: 0262 679 77 00

www.askaynak.com.tr

Tarih
06.03.2015

Sertifika No
15006640



Ek-16. Koruyucu gaz dolum raporu

" KARBONDİOKSİT
SEVKİYAT ANALİZ SERTİFİKASI "



Barit Maden Türk Anonim Şirketi
Cumhuriyet Cad. Pak Apt. No: 6/14 Elmadag 80200 İstanbul
Tel: 0212. 234 12 06 (6 hat) Fax: 0212. 234 12 14
e-mail: bozkar@barit-maden.com

Ürün Adı ve E Kodu : **Bozkar Sıvılaştırılmış Doğal Karbondioksit – E 290**
Analiz Sertifika No : **2676**
İrsaliye No : **735582**
Tesis/Parti/Tank No : **B-211 - 1**
Sevk Tarihi : **24.04.2015**
Sevk Yapılan Fabrika : **AYDINER**
Transport Tankı/Çekici Plaka No : **34 NM 908 – 34 TE 0933**
Net Miktarı : **Miktara irsaliyeden ulaşabilirsiniz.**
Son Tüketim Tarihi : **Doğru şekilde muhafaza edildiği sürece süresiz ömre sahiptir.**
Üretim Yeri Adresi : **MKP. OSB 4. Cad. No:9 M.Kemalpaşa/BURSA**
Kullanım Talimatı : **Özel basınçlı kaplarda muhafaza edilmelidir. Gıdada kullanıma uygundur.**

No	Analiz Türü	Ürün Standartları	Sonuçlar
1	Koku	Kokusuz	Kokusuz
2	Katı CO ₂ de koku ve görünüş	Kokusuz ve temiz	Kokusuz ve temiz
3	Tat	Suda çözüldüğünde kendine has	Kendine has
4	Suda Görünüş	Berrak ve renksiz	Bulanıklık ve renklilik yok
5	Safılık	Min % 99.90 v/v	% 99.98
6	Nem	Max 20 ppm v/v	0.53 ppm v/v 'den az
7	Amonyak	Max 2.5 ppm v/v	0.5 ppm v/v 'den az
8	Karbon Monoksit	Max 10 ppm v/v	1 ppm v/v 'den az
9	Toplam Kükürt (S olarak)	Max 0.1 ppm v/v	0.05 ppm v/v 'den az
10	Karbonil Sülfür	Max 0.1 ppm v/v	0.05 ppm v/v 'den az
11	Hidrojen Sülfür	Max 0.1 ppm v/v	0.05 ppm v/v 'den az
12	Kükürt Dioksit	Max 1.0 ppm v/v	0.05 ppm v/v 'den az
13	Azot Oksitler (Toplam)	Max 2.5 ppm v/v	0.5 ppm v/v 'den az
14	Azot Dioksit	Max 2.5 ppm v/v	0.5 ppm v/v 'den az
15	Asetaldehit	Max 0.2 ppm v/v	0.05 ppm v/v 'den az
16	Etanol	Max 20 ppm v/v	1 ppm v/v 'den az
17	Metanol	Max 10 ppm v/v	1 ppm v/v 'den az
18	Aromatik Hidrokarbonlar	Max 20 ppb v/v	2 ppb v/v 'den az
19	Yağ	Max 0.003 ppm w/v	0.003 ppm w/v 'den az
20	Oksijen	Max 30 ppm v/v	1 ppm v/v 'den az
21	Uçucu Hidrokarbonlar (metan)	Max 50 ppm v/v	10 ppm v/v 'den az
22	Uçucu olmayan toplam kalıntı	Max 10 ppm w/w	0.2 ppm w/w 'den az
23	Uçucu olmayan organik kalıntı	Max 5 ppm w/w	0.2 ppm w/w 'den az

AÇIKLAMALAR:

**SEVK
EDİLEBİLİR**

TARIM ve KÖY İŞLERİ BAKANLIĞI
07.12.2007 Tarih ve 96 sayılı 00001-0

Ürün Kalite Kontrol Sorumlusu
Mesut DEMİROĞLU

Sevkiyat Sorumlusu

M. Demiroğlu



[Signature]

KDPR130206-03.01

Ek-17. Kaynakçı kalfalık belgesi

T.C. MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI KALFALIK BELGESİ		Fotoğraf
T.C. Kimlik No. : 23602468450 Adı Soyadı : AHMET BAŞARIR Baba Adı : HÜSEYİN Ana Adı : ŞAZİYE Cinsiyeti : BAY Doğum Yeri : GEREDE Doğum Tarihi : 04.01.1974	Merkez Adı : OSTİM MESLEKİ EĞİTİM MERKEZİ Merkezin İl/ilçesi : ANKARA/YENİMAHALLE Belge Seri No. : YH 378324 Belge Tarihi : 25.09.2011 Belge No. : 946 Meslek Alanı : METAL İŞLERİ Meslek Dalı : KAYNAKÇILIK	Yukarıda açık kimliği yazılı, AHMET BAŞARIR maddesindeki şartları taşıdığından kendisine bu belge verildi.
Cellalettin ERBAY Merkez Müdürü	Mehmet YILDIRIM İl/ilçe Millî Eğitim Müdürü	3308 sayılı Meslekî Eğitim Kanunu'nun 35.

Ek-18. 40x10 Lama malzeme kimyasal analiz raporu

 DÖKÜM VE MAKİNA PARÇALARI İMALAT VE SANAYİ TİC. LTD. ŞTİ.	KİMYASAL ANALİZ RAPORU	Tarih																																		
		13.4.2015																																		
Numune Tanımı	40x10 Lama Malzeme	Rapor No																																		
		15.249																																		
ANALİZ SONUÇLARI																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Karbon (C)</td> <td>0,166</td> </tr> <tr> <td>Silisyum (Si)</td> <td>0,19</td> </tr> <tr> <td>Mangan (Mn)</td> <td>0,854</td> </tr> <tr> <td>Fosfor (P)</td> <td>0,021</td> </tr> <tr> <td>Kükürt (S)</td> <td>0,022</td> </tr> </tbody> </table>	Element	%	Karbon (C)	0,166	Silisyum (Si)	0,19	Mangan (Mn)	0,854	Fosfor (P)	0,021	Kükürt (S)	0,022	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Magnezyum (Mg)</td> <td>0,0004</td> </tr> <tr> <td>Crom (Cr)</td> <td>0,014</td> </tr> <tr> <td>Nikel (Ni)</td> <td>0,025</td> </tr> <tr> <td>Molibden (Mo)</td> <td><0,001</td> </tr> <tr> <td>Bakır (Cu)</td> <td>0,018</td> </tr> </tbody> </table>	Element	%	Magnezyum (Mg)	0,0004	Crom (Cr)	0,014	Nikel (Ni)	0,025	Molibden (Mo)	<0,001	Bakır (Cu)	0,018	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Alüminyum (Al)</td> <td>0,031</td> </tr> <tr> <td>Titantum (Ti)</td> <td>0,001</td> </tr> <tr> <td>Kalay (Sn)</td> <td><0,001</td> </tr> <tr> <td>Kurşun (Pb)</td> <td><0,001</td> </tr> </tbody> </table>	Element	%	Alüminyum (Al)	0,031	Titantum (Ti)	0,001	Kalay (Sn)	<0,001	Kurşun (Pb)	<0,001
Element	%																																			
Karbon (C)	0,166																																			
Silisyum (Si)	0,19																																			
Mangan (Mn)	0,854																																			
Fosfor (P)	0,021																																			
Kükürt (S)	0,022																																			
Element	%																																			
Magnezyum (Mg)	0,0004																																			
Crom (Cr)	0,014																																			
Nikel (Ni)	0,025																																			
Molibden (Mo)	<0,001																																			
Bakır (Cu)	0,018																																			
Element	%																																			
Alüminyum (Al)	0,031																																			
Titantum (Ti)	0,001																																			
Kalay (Sn)	<0,001																																			
Kurşun (Pb)	<0,001																																			
Malzeme Sınıfı:	Numune St37 normuna uygundur.																																			
Kullanım Yeri	Alın kaynak test numunesi																																			
Onay Sultan KOCAMAN Kimyager Keresteciler Sanayi Sitesi Adnan Menderes Bulvarı No: 30 Saray-Kazan/ANKARA 0312 267 00 86 evrak@ekipmetalurji.com.tr																																				

Ek-19. 60x15 Lama malzeme kimyasal analiz raporu

 DÖKÜM VE MAKİNA PARÇALARI İMALAT VE SANAYİ TİC.LTD.ŞTİ.	KİMYASAL ANALİZ RAPORU	Tarih																																		
		12.4.2015																																		
Numune Tanımı	60x15 Lama Malzeme	Rapor No																																		
		15.245																																		
ANALİZ SONUÇLARI																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Karbon (C)</td> <td>0,386</td> </tr> <tr> <td>Silisyum (Si)</td> <td>0,198</td> </tr> <tr> <td>Mangan (Mn)</td> <td>0,847</td> </tr> <tr> <td>Fosfor (P)</td> <td>0,022</td> </tr> <tr> <td>Kükürt (S)</td> <td>0,014</td> </tr> </tbody> </table>	Element	%	Karbon (C)	0,386	Silisyum (Si)	0,198	Mangan (Mn)	0,847	Fosfor (P)	0,022	Kükürt (S)	0,014	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Magnezyum (Mg)</td> <td>0,0003</td> </tr> <tr> <td>Crom (Cr)</td> <td>0,135</td> </tr> <tr> <td>Nikel (Ni)</td> <td>0,124</td> </tr> <tr> <td>Molibden (Mo)</td> <td>0,011</td> </tr> <tr> <td>Bakır (Cu)</td> <td>0,377</td> </tr> </tbody> </table>	Element	%	Magnezyum (Mg)	0,0003	Crom (Cr)	0,135	Nikel (Ni)	0,124	Molibden (Mo)	0,011	Bakır (Cu)	0,377	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Alüminyum (Al)</td> <td>0,002</td> </tr> <tr> <td>Titantum (Ti)</td> <td>0,001</td> </tr> <tr> <td>Kalay (Sn)</td> <td>0,02</td> </tr> <tr> <td>Kurşun (Pb)</td> <td><0,01</td> </tr> </tbody> </table>	Element	%	Alüminyum (Al)	0,002	Titantum (Ti)	0,001	Kalay (Sn)	0,02	Kurşun (Pb)	<0,01
Element	%																																			
Karbon (C)	0,386																																			
Silisyum (Si)	0,198																																			
Mangan (Mn)	0,847																																			
Fosfor (P)	0,022																																			
Kükürt (S)	0,014																																			
Element	%																																			
Magnezyum (Mg)	0,0003																																			
Crom (Cr)	0,135																																			
Nikel (Ni)	0,124																																			
Molibden (Mo)	0,011																																			
Bakır (Cu)	0,377																																			
Element	%																																			
Alüminyum (Al)	0,002																																			
Titantum (Ti)	0,001																																			
Kalay (Sn)	0,02																																			
Kurşun (Pb)	<0,01																																			
Malzeme Sınıfı:	Numune SAE 1040 normuna uygundur.																																			
Kullanım Yeri	V kaynak (yatay) test numunesi, T kaynak test numunesi																																			
Onay Sultan KOCAMAN Kimyager Keresteciler Sanayi Sitesi Adnan Menderes Bulvarı No: 30 Saray-Kazan/ANKARA 0312 267 00 86 evrak@ekipmetalurji.com.tr																																				

Ek-20. 90x15 Lama malzeme kimyasal analiz raporu

 DÖKÜM VE MAKİNA PARÇALARI İMALAT VE SANAYİ TİC. LTD. ŞTİ.	KİMYASAL ANALİZ RAPORU	Tarih																																		
		12.4.2015																																		
Numune Tanımı	90x15 Lama Malzeme	Rapor No																																		
		15.246																																		
ANALİZ SONUÇLARI																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Karbon (C)</td> <td>0,412</td> </tr> <tr> <td>Silisyum (Si)</td> <td>0,204</td> </tr> <tr> <td>Mangan (Mn)</td> <td>0,735</td> </tr> <tr> <td>Fosfor (P)</td> <td>0,032</td> </tr> <tr> <td>Kükürt (S)</td> <td>0,006</td> </tr> </tbody> </table>	Element	%	Karbon (C)	0,412	Silisyum (Si)	0,204	Mangan (Mn)	0,735	Fosfor (P)	0,032	Kükürt (S)	0,006	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Magnezyum (Mg)</td> <td>0,0002</td> </tr> <tr> <td>Crom (Cr)</td> <td>0,157</td> </tr> <tr> <td>Nikel (Ni)</td> <td>0,101</td> </tr> <tr> <td>Molibden (Mo)</td> <td>0,018</td> </tr> <tr> <td>Bakır (Cu)</td> <td>0,254</td> </tr> </tbody> </table>	Element	%	Magnezyum (Mg)	0,0002	Crom (Cr)	0,157	Nikel (Ni)	0,101	Molibden (Mo)	0,018	Bakır (Cu)	0,254	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Alüminyum (Al)</td> <td>0,001</td> </tr> <tr> <td>Titantum (Ti)</td> <td>0,001</td> </tr> <tr> <td>Kalay (Sn)</td> <td>0,02</td> </tr> <tr> <td>Kurşun (Pb)</td> <td><0,01</td> </tr> </tbody> </table>	Element	%	Alüminyum (Al)	0,001	Titantum (Ti)	0,001	Kalay (Sn)	0,02	Kurşun (Pb)	<0,01
Element	%																																			
Karbon (C)	0,412																																			
Silisyum (Si)	0,204																																			
Mangan (Mn)	0,735																																			
Fosfor (P)	0,032																																			
Kükürt (S)	0,006																																			
Element	%																																			
Magnezyum (Mg)	0,0002																																			
Crom (Cr)	0,157																																			
Nikel (Ni)	0,101																																			
Molibden (Mo)	0,018																																			
Bakır (Cu)	0,254																																			
Element	%																																			
Alüminyum (Al)	0,001																																			
Titantum (Ti)	0,001																																			
Kalay (Sn)	0,02																																			
Kurşun (Pb)	<0,01																																			
Malzeme Sınıfı	Numune SAE 1040 normuna uygundur.																																			
Kullanım Yeri	V kaynak (dikey) test numunesi, bükme testi numunesi																																			
Onay Sultan KOCAMAN Kimyager Keresteciler Sanayi Sitesi Adnan Menderes Bulvarı No: 30 Saray-Kazan/ANKARA 0312 267 00 86 evrak@ekipmetalurji.com.tr																																				

Ek-21. 150x20 Lama malzeme kimyasal analiz raporu

 DÖKÜM VE MAKİNA PARÇALARI İMALAT VE SANAYİ TİC. LTD. ŞTİ.	KİMYASAL ANALİZ RAPORU	Tarih																																		
		12.4.2015																																		
Numune Tanımı	150x20 Lama Malzeme	Rapor No																																		
		15.247																																		
ANALİZ SONUÇLARI																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Karbon (C)</td> <td>0,442</td> </tr> <tr> <td>Silisyum (Si)</td> <td>0,209</td> </tr> <tr> <td>Mangan (Mn)</td> <td>0,671</td> </tr> <tr> <td>Fosfor (P)</td> <td>0,016</td> </tr> <tr> <td>Kükürt (S)</td> <td>0,029</td> </tr> </tbody> </table>	Element	%	Karbon (C)	0,442	Silisyum (Si)	0,209	Mangan (Mn)	0,671	Fosfor (P)	0,016	Kükürt (S)	0,029	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Magnezyum (Mg)</td> <td>0,0008</td> </tr> <tr> <td>Crom (Cr)</td> <td>0,07</td> </tr> <tr> <td>Nikel (Ni)</td> <td>0,085</td> </tr> <tr> <td>Molibden (Mo)</td> <td>0,022</td> </tr> <tr> <td>Bakır (Cu)</td> <td>0,241</td> </tr> </tbody> </table>	Element	%	Magnezyum (Mg)	0,0008	Crom (Cr)	0,07	Nikel (Ni)	0,085	Molibden (Mo)	0,022	Bakır (Cu)	0,241	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Alüminyum (Al)</td> <td>0,006</td> </tr> <tr> <td>Titantum (Ti)</td> <td>0,002</td> </tr> <tr> <td>Kalay (Sn)</td> <td>0,012</td> </tr> <tr> <td>Kurşun (Pb)</td> <td><0,01</td> </tr> </tbody> </table>	Element	%	Alüminyum (Al)	0,006	Titantum (Ti)	0,002	Kalay (Sn)	0,012	Kurşun (Pb)	<0,01
Element	%																																			
Karbon (C)	0,442																																			
Silisyum (Si)	0,209																																			
Mangan (Mn)	0,671																																			
Fosfor (P)	0,016																																			
Kükürt (S)	0,029																																			
Element	%																																			
Magnezyum (Mg)	0,0008																																			
Crom (Cr)	0,07																																			
Nikel (Ni)	0,085																																			
Molibden (Mo)	0,022																																			
Bakır (Cu)	0,241																																			
Element	%																																			
Alüminyum (Al)	0,006																																			
Titantum (Ti)	0,002																																			
Kalay (Sn)	0,012																																			
Kurşun (Pb)	<0,01																																			
Malzeme Sınıfı	Numune SAE 1040 normuna uygundur.																																			
Kullanım Yeri	Boğaz kaynak test numunesi (135x135)																																			
Onay Sultan KOCAMAN Kimyager Keresteciler Sanayi Sitesi Adnan Menderes Bulvarı No: 30 Saray-Kazan/ANKARA 0312 267 00 86 evrak@ekipmetalurji.com.tr																																				

Ek-22. 82,5x8 Lama malzeme kimyasal analiz raporu

 DÖKÜM VE MAKİNA PARÇALARI İMALAT VE SANAYİ TİC.LTD.ŞTİ.	KİMYASAL ANALİZ RAPORU	Tarih																																		
		12.4.2015																																		
Numune Tanımı	82,5x8 Boru Malzeme	Rapor No																																		
		15.248																																		
ANALİZ SONUÇLARI																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Karbon (C)</td> <td>0,143</td> </tr> <tr> <td>Silisyum (Si)</td> <td>0,24</td> </tr> <tr> <td>Mangan (Mn)</td> <td>0,952</td> </tr> <tr> <td>Fosfor (P)</td> <td>0,024</td> </tr> <tr> <td>Kükürt (S)</td> <td>0,016</td> </tr> </tbody> </table>	Element	%	Karbon (C)	0,143	Silisyum (Si)	0,24	Mangan (Mn)	0,952	Fosfor (P)	0,024	Kükürt (S)	0,016	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Magnezyum (Mg)</td> <td>0,0002</td> </tr> <tr> <td>Crom (Cr)</td> <td>0,029</td> </tr> <tr> <td>Nikel (Ni)</td> <td>0,031</td> </tr> <tr> <td>Molibden (Mo)</td> <td><0,001</td> </tr> <tr> <td>Bakır (Cu)</td> <td>0,016</td> </tr> </tbody> </table>	Element	%	Magnezyum (Mg)	0,0002	Crom (Cr)	0,029	Nikel (Ni)	0,031	Molibden (Mo)	<0,001	Bakır (Cu)	0,016	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Alüminyum (Al)</td> <td>0,047</td> </tr> <tr> <td>Titantum (Ti)</td> <td>0,001</td> </tr> <tr> <td>Kalay (Sn)</td> <td><,001</td> </tr> <tr> <td>Kurşun (Pb)</td> <td>0,001</td> </tr> </tbody> </table>	Element	%	Alüminyum (Al)	0,047	Titantum (Ti)	0,001	Kalay (Sn)	<,001	Kurşun (Pb)	0,001
Element	%																																			
Karbon (C)	0,143																																			
Silisyum (Si)	0,24																																			
Mangan (Mn)	0,952																																			
Fosfor (P)	0,024																																			
Kükürt (S)	0,016																																			
Element	%																																			
Magnezyum (Mg)	0,0002																																			
Crom (Cr)	0,029																																			
Nikel (Ni)	0,031																																			
Molibden (Mo)	<0,001																																			
Bakır (Cu)	0,016																																			
Element	%																																			
Alüminyum (Al)	0,047																																			
Titantum (Ti)	0,001																																			
Kalay (Sn)	<,001																																			
Kurşun (Pb)	0,001																																			
Malzeme Sınıfı	Numune St37 normuna uygundur.																																			
Kullanım Yeri	Boğaz kaynak test numunesi																																			
Onay Sultan KOCAMAN Kimyager Keresteciler Sanayi Sitesi Adnan Menderes Bulvarı No: 30 Saray-Kazan/ANKARA 0312 267 00 86 evrak@ekipmetalurji.com.tr																																				

Ek-23. 50x15 Lama malzeme kimyasal analiz raporu

 DÖKÜM VE MAKİNA PARÇALARI İMALAT VE SANAYİ TİC.LTD.ŞTİ.	KİMYASAL ANALİZ RAPORU	Tarih																																		
		13.4.2015																																		
Numune Tanımı	50x15 Lama Malzeme	Rapor No																																		
		15.250																																		
ANALİZ SONUÇLARI																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Karbon (C)</td> <td>0,195</td> </tr> <tr> <td>Silisyum (Si)</td> <td>0,127</td> </tr> <tr> <td>Mangan (Mn)</td> <td>0,821</td> </tr> <tr> <td>Fosfor (P)</td> <td>0,02</td> </tr> <tr> <td>Kükürt (S)</td> <td>0,018</td> </tr> </tbody> </table>	Element	%	Karbon (C)	0,195	Silisyum (Si)	0,127	Mangan (Mn)	0,821	Fosfor (P)	0,02	Kükürt (S)	0,018	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Magnezyum (Mg)</td> <td>0,0004</td> </tr> <tr> <td>Crom (Cr)</td> <td>0,018</td> </tr> <tr> <td>Nikel (Ni)</td> <td>0,022</td> </tr> <tr> <td>Molibden (Mo)</td> <td><0,001</td> </tr> <tr> <td>Bakır (Cu)</td> <td>0,027</td> </tr> </tbody> </table>	Element	%	Magnezyum (Mg)	0,0004	Crom (Cr)	0,018	Nikel (Ni)	0,022	Molibden (Mo)	<0,001	Bakır (Cu)	0,027	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Alüminyum (Al)</td> <td>0,014</td> </tr> <tr> <td>Titantum (Ti)</td> <td>0,001</td> </tr> <tr> <td>Kalay (Sn)</td> <td><0,001</td> </tr> <tr> <td>Kurşun (Pb)</td> <td><0,001</td> </tr> </tbody> </table>	Element	%	Alüminyum (Al)	0,014	Titantum (Ti)	0,001	Kalay (Sn)	<0,001	Kurşun (Pb)	<0,001
Element	%																																			
Karbon (C)	0,195																																			
Silisyum (Si)	0,127																																			
Mangan (Mn)	0,821																																			
Fosfor (P)	0,02																																			
Kükürt (S)	0,018																																			
Element	%																																			
Magnezyum (Mg)	0,0004																																			
Crom (Cr)	0,018																																			
Nikel (Ni)	0,022																																			
Molibden (Mo)	<0,001																																			
Bakır (Cu)	0,027																																			
Element	%																																			
Alüminyum (Al)	0,014																																			
Titantum (Ti)	0,001																																			
Kalay (Sn)	<0,001																																			
Kurşun (Pb)	<0,001																																			
Malzeme Sınıfı:	Numune St37 normuna uygundur.																																			
Kullanım Yeri	Dolgu kaynak test numunesi																																			
Onay Sultan KOCAMAN Kimyager Keresteciler Sanayi Sitesi Adnan Menderes Bulvarı No: 30 Saray-Kazan/ANKARA 0312 267 00 86 evrak@ekipmetalurji.com.tr																																				

Ek-24. Robotik kaynaklı parça çekme deneyi raporu

T.C. SANAYİ VE TİCARET BAKANLIĞI
KÜÇÜK VE ORTA ÖLÇEKLİ
İŞLETMELERİ GELİŞTİRME VE
DESTEKLEME İDARESİ BAŞKANLIĞI

KOSGEB LABORATUVARLARI

ÇEKME DENEYİ RAPORU

İSTEM TARİHİ	İSTEM NO	RAPOR TARİHİ	RAPOR NO
02.06.2015	0901	03.06.2015	1019

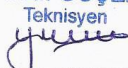
FİRMA BİLGİLERİ	MAPSAN AŞ. ATOM CADDESİ NO:11 SARAY KAZAN/ANKARA
-----------------	--

NUMUNE (FİRMA BEYANI)	No: 2	Ad: R1
-----------------------	-------	--------

NUMUNE ÖLÇÜLERİ	DENEY SONUÇLARI
Kalınlık (a) 10.8 mm	En Büyük Yük (Fm) 149.5 kN
Genişlik (b) 20.7 mm	Çekme Gerilimi (Rm) 668 N/mm ²
İlk Kesit Alanı (So) 223.5 mm ²	Akma Dayanımı (Rp.%0.2) 366 N/mm ²
	Kopma Uzunluğu (A) 16.5 %

DEĞERLENDİRME

NUMUNE KAYNAK DIŞINDAN KOPTU.

DENEY TARİHİ	DENEYİ YAPAN	ONAY
03.06.2015	Yusuf GÖÇER Teknisyen 	H. Mehmet KİPER Uzman 

AÇIKLAMALAR:

- 1- NUMUNE TS EN ISO 6892-1 OCAK 2010 STANDARDINA UYGUNDUR.
- 2- DENEY DARTEC WALTER BAI MARKA 600 kN'luk UNIVERSAL TEST CİHAZINDA TS EN ISO 6892-1 OCAK 2010 STANDARDINA GÖRE YAPILMIŞTIR.
- 3- DENEY SONUÇLARI YUKARIDA TANIMLANAN NUMUNEYE AİTTİR.
- 4- BİR SAYFA OLARAK DÜZENLENEN BU RAPOR BİR BÜTÜN OLARAK ÇOĞALTILABİLİR, ANCAK KISMEN KOPYA EDİLEMEZ.

KOSGEB ANKARA SİNCAN HİZMET MERKEZİ MÜDÜRLÜĞÜ

ANKARA 1.ORGANİZE SAN. DÖKÜMCÜLER SİT. 203 SOK SİNCAN ANKARA

Tel:5891000, Faks:2670288, e-mail:ankarasincan@kosgeb.gov.tr, http://www.kosgeb.gov.tr

Form No : LB/F-7.5.02.10.02; 27.10.2003; 0/00

Sayfa No : 1/ 1

03.06.2015 11:16:29

Ek-25. Geleneksel kaynaklı parça çekme deneyi raporu

T.C. SANAYİ VE TİCARET BAKANLIĞI
KÜÇÜK VE ORTA ÖLÇEKLİ
İŞLETMELERİ GELİŞTİRME VE
DESTEKLEME İDARESİ BAŞKANLIĞI

KOSGEB LABORATUVARLARI

ÇEKME DENEYİ RAPORU

İSTEM TARİHİ	İSTEM NO	RAPOR TARİHİ	RAPOR NO
02.06.2015	0901	03.06.2015	1018

FİRMA BİLGİLERİ	MAPSAN AŞ. ATOM CADDESİ NO:11 SARAY KAZAN/ANKARA
-----------------	--

NUMUNE (FİRMA BEYANI)	No: 1	Ad: G1
-----------------------	-------	--------

NUMUNE ÖLÇÜLERİ		DENEY SONUÇLARI	
Kalınlık (a)	11.5 mm	En Büyük Yük (Fm)	114.1 kN
Genişlik (b)	20.6 mm	Çekme Gerilimi (Rm)	482 N/mm ²
İlk Kesit Alanı (So)	236.9 mm ²	Akma Dayanımı (Rp.%0.2)	366 N/mm ²
		Kopma Uzaması (A)	5 %

DEĞERLENDİRME

NUMUNE KAYNAKTAN KOPTU.

DENEY TARİHİ	DENEYİ YAPAN	ONAY
03.06.2015	Yusuf GÖÇER Teknisyen	H. Meltem KİPER Uzman

AÇIKLAMALAR:

- 1- NUMUNE TS EN ISO 6892-1 OCAK 2010 STANDARDINA UYGUNDUR.
- 2- DENEY DARTEC WALTER BAI MARKA 600 kN'lık UNIVERSAL TEST CİHAZINDA TS EN ISO 6892-1 OCAK 2010 STANDARDINA GÖRE YAPILMIŞTIR.
- 3- DENEY SONUÇLARI YUKARIDA TANIMLANAN NUMUNEE AITTİR.
- 4- BİR SAYFA OLARAK DÜZENLENEN BU RAPOR BİR BÜTÜN OLARAK ÇOĞALTILABİLİR, ANCAK KISMEN KOPYA EDİLEMEZ.

KOSGEB ANKARA SİNCAN HİZMET MERKEZİ MÜDÜRLÜĞÜ

ANKARA 1.ORGANİZE SAN. DÖKÜMCÜLER SİT. 203 SOK SİNCAN ANKARA

Tel:5891000, Faks:2670288, e-mail:ankarasincan@kosgeb.gov.tr, http://www.kosgeb.gov.tr

Form No : LB/F-7.5.02.10.02; 27.10.2003; 0/00

Sayfa No : 1/ 1

03.06.2015 11:16:34

Ek-26. Robotik kaynaklı parça çekme deneyi grafiği

Test Report

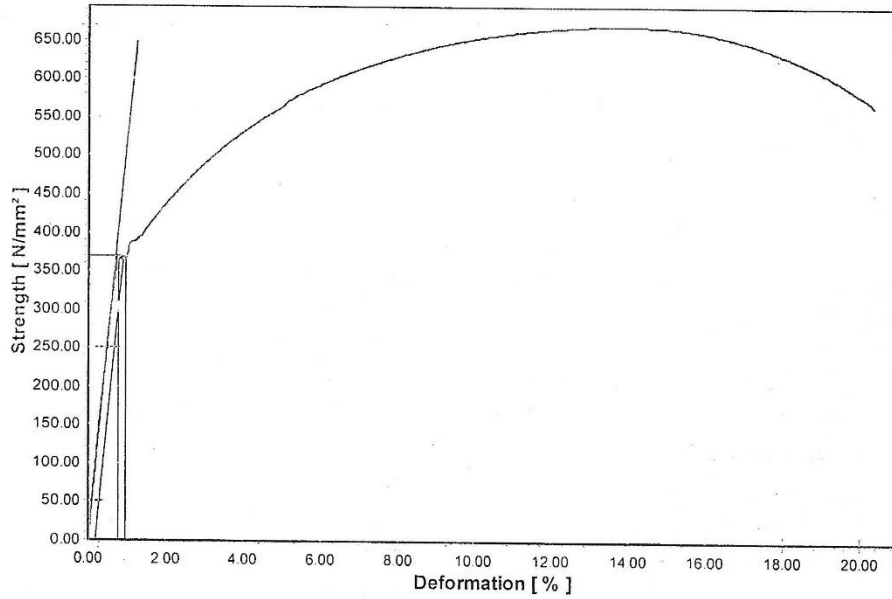
Ordernumber:
 Batchnumber:
 Customer:
 Material: Celik
 Operator: Yusuf GOCER
 Preparation:
 Supplier:
 Surface:
 Working card:
 Humidity:



Testdate: 02.06.2015
 Teststandard: TS EN ISO 6892-1
 Type of test: Çekme Testi
 Sample designation: Lama
 Cast-/Samplenummer: Celik Manuel-901-2

Description	Result
Startsection S_0	223.56 mm ²
Width x Thickness WxT	20.70 x 10.80 mm
Load max F_{max}	149.51 kN
E-Modulus E	51.21 GPa
Upper Yield Point R_{eH}	369.19 N/mm ²
Lower Yield Point R_{eL}	365.84 N/mm ²
0.20% Yield Point R_p	366.32 N/mm ²
Tensile strength R_m	668.76 N/mm ²
Elongation A	16.47 %
Striction Z	--- %

kaynak dışından koptu.



Ek-27. Geleneksel kaynaklı parça çekme deneyi grafiği

Test Report

Ordernumber:

Batchnumber:

Customer:

Material: Çelik

Operator: Yusuf GOCER

Preparation:

Supplier:

Surface:

Working card:

Humidity:

Testdate: 02.06.2015

Teststandard: TS EN ISO 6892-1

Type of test: Çekme Testi

Sampledesignation: Lama

Cast-/Samplenummer: Çelik Manuel-901-1



w+b walter+bai ag

w+b walter+bai ag



w+b walter+bai ag

w+b walter+bai ag

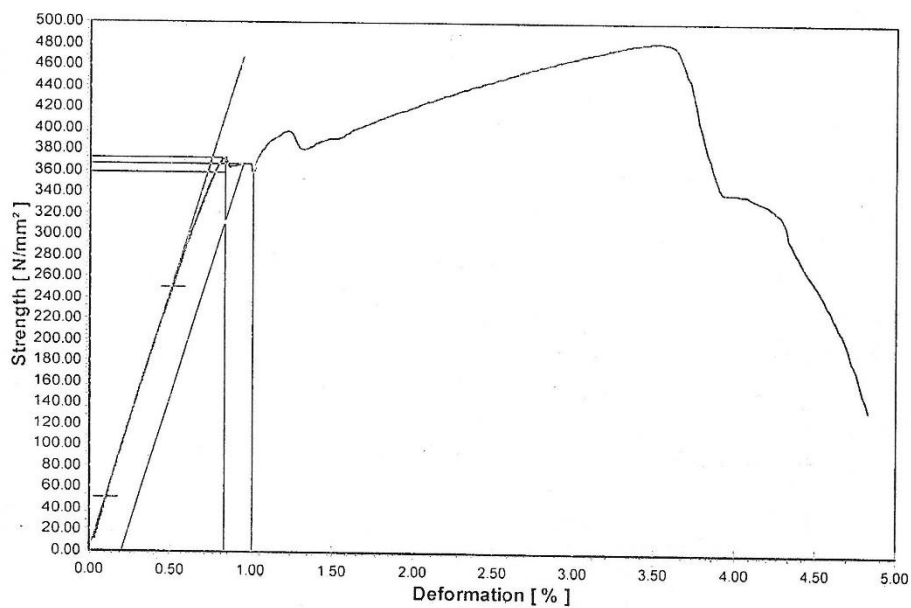
w+b walter+bai ag

w+b walter+bai ag

w+b walter+bai ag

Description	Result
Startsection S_0	236.90 mm ²
Width x Thickness $W \times T$	20.60 x 11.50 mm
Load max F_{max}	114.16 kN
E-Modulus E	49.10 GPa
Upper Yield Point R_{eH}	372.28 N/mm ²
Lower Yield Point R_{eL}	358.92 N/mm ²
0.20% Yield Point R_p	366.55 N/mm ²
Tensile strength R_m	481.88 N/mm ²
Elongation A	5.11 %
Striction Z	--- %

Kaynaklı kırılma.



Ek-28. Robotik kaynaklı parça çentik darbe deneyi raporu

T.C. SANAYİ VE TİCARET BAKANLIĞI
KÜÇÜK VE ORTA ÖLÇEKLİ SANAYİ
GELİŞTİRME VE DESTEKLEME
İDARESİ BAŞKANLIĞI

KOSGEB LABORATUVARLARI

ÇENTİK DARBE DENEYİ RAPORU

İSTEM TARİHİ	İSTEM NO	RAPOR TARİHİ	RAPOR NO
02.06.2015	0902	03.06.2015	0190

FİRMA BİLGİLERİ	MAPSAN AŞ. ATOM CADDESİ NO:11 SARAY KAZAN/ANKARA
-----------------	--

NUMUNE (FİRMA BEYANI)	No: 1	Ad: R2
-----------------------	-------	--------

Çentik Tipi : V
Çekicinin Anma Enerjisi (J) : 450
Deney Sıcaklığı (°C) : 23
Numune Boyutları (mm) : 10*10*55
Kesit Alanı (cm²) : 0,8
Numune Yönü : ----
1.Num.Kırılma Tokluğu (J/cm²) : 100,1
2.Num.Kırılma Tokluğu (J/cm²) : ----
3.Num.Kırılma Tokluğu (J/cm²) : ----
1. Numune Kırılma Enerjisi (J) : 80,1
2. Numune Kırılma Enerjisi (J) : ----
3. Numune Kırılma Enerjisi (J) : ----
Ort. Kırılma Tokluğu (J/cm²) : ----
Ortalama Kırılma Enerjisi (J) : ----

TEST: TS EN ISO 148-1 / 2010 STANDARDINA GÖRE GALDABINI IMPACT 450 CİHAZINDA YAPILMIŞTIR.

TEST TARİHİ	TESTİ YAPAN	ONAY
03.06.2015	Uğur SÜER Teknisyen	H.Meltem KİPER Uzman

AÇIKLAMALAR:

- 1- DENEY SONUÇLARI YUKARIDA TANIMLANAN NUMUNEYE AİTTİR.
- 2- BİR SAYFA OLARAK DÜZENLENEN BU RAPOR BİR BÜTÜN OLARAK ÇOĞALTILABİLİR, ANCAK KİSMEN KOPYA EDİLEMEZ.

KOSGEB ANKARA SİNCAN HİZMET MERKEZİ MÜDÜRLÜĞÜ

ANKARA 1.ORGANİZE SAN. DÖKÜMCÜLER SİT. 203 SOK SİNCAN ANKARA

Tel:5891000, Faks:2670288, e-mail:ankarasincan@kosgeb.gov.tr, http://www.kosgeb.gov.tr

Form No : LB/F-7.5.02.____; 27.10.2003; 0/00

Sayfa No : 1/ 1

03.06.2015 09:56:00

Ek-29. Geleneksel kaynaklı parça çentik darbe deneyi raporu

T.C. SANAYİ VE TİCARET BAKANLIĞI
KÜÇÜK VE ORTA ÖLÇEKLİ SANAYİ
GELİŞTİRME VE DESTEKLEME
İDARESİ BAŞKANLIĞI

KOSGEB LABORATUVARLARI

ÇENTİK DARBE DENEYİ RAPORU

İSTEM TARİHİ	İSTEM NO	RAPOR TARİHİ	RAPOR NO
02.06.2015	0902	03.06.2015	0191
FİRMA BİLGİLERİ	MAPSAN AŞ. ATOM CADDESİ NO:11 SARAY KAZAN/ANKARA		
NUMUNE (FİRMA BEYANI)	No: 2	Ad: G2	

Çentik Tipi : V
Çekicinin Anma Enerjisi (J) : 450
Deney Sıcaklığı (°C) : 23
Numune Boyutları (mm) : 10*10*55
Kesit Alanı (cm²) : 0,8
Numune Yönü : ----
1.Num.Kırılma Tokluğu (J/cm²) : 92,9
2.Num.Kırılma Tokluğu (J/cm²) : ----
3.Num.Kırılma Tokluğu (J/cm²) : ----
1. Numune Kırılma Enerjisi (J) : 74,3
2. Numune Kırılma Enerjisi (J) : ----
3. Numune Kırılma Enerjisi (J) : ----
Ort. Kırılma Tokluğu (J/cm²) : ----
Ortalama Kırılma Enerjisi (J) : ----

TEST: TS EN ISO 148-1 / 2010 STANDARDINA GÖRE GALDABINI IMPACT 450 CİHAZINDA YAPILMIŞTIR.

TEST TARİHİ	TESTİ YAPAN	ONAY
03.06.2015	Uğur SÜER Teknisyen	H. Mehmet KİPER Uzman

AÇIKLAMALAR:

- 1- DENEY SONUÇLARI YUKARIDA TANIMLANAN NUMUNEEYE AİTTİR.
- 2- BİR SAYFA OLARAK DÜZENLENEN BU RAPOR BİR BÜTÜN OLARAK ÇOĞALTILABİLİR, ANCAK KISMEN KOPYA EDİLEMEZ.

KOSGEB ANKARA SİNCAN HİZMET MERKEZİ MÜDÜRLÜĞÜ

ANKARA 1.ORGANİZE SAN. DÖKÜMCÜLER SİT. 203 SOK SİNCAN ANKARA

Tel:5891000, Faks:2670288, e-mail:ankarasincan@kosgeb.gov.tr, http://www.kosgeb.gov.tr

Form No : LB/F-7.5.02.____; 27.10.2003; 0/00

Sayfa No : 1/ 1

03.06.2015 09:55:51

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : POLAT İlker
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 28.05.1974, Ankara
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (532) 276 40 34
Faks : 0 (312) 815 50 79
e-mail : ipolat@mapsan.com.tr



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi /F.B.E.	2016
Lisans	Yıldız Üniversitesi /Kocaeli Müh.Fak. /Makina Mühendisliği	1996
Lise	Anıttepe Lisesi	1991

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
1996-Halen	MAPSAN.A.Ş.	Kalite Güvence Müdürü

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

-

Hobiler

Seyahat, model uçak, motorsiklet, otomasyon.



GAZİ GELECEKTİR..