

**BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TERMİT KAYNAKLI A-100 RAY ÇELİĞİNİN SERVİS**  
**ÖMRÜ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA**

**MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**MURAT ÖZDİN**

**MAYIS 2018**



**BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TERMİT KAYNAKLI A-100 RAY ÇELİĞİNİN SERVİS ÖMRÜ ÜZERİNE BİR  
ÇALIŞMA**

**MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**MURAT ÖZDİN**

**DANIŞMAN: DOÇ. DR. MEHMET YETMEZ**

**ZONGULDAK**  
**Mayıs 2018**




**KABUL:**

Murat ÖZDİN tarafından hazırlanan “Termit Kaynaklı A-100 Ray Çeliğinin Servis Ömrü Üzerine Bir Çalışma” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliğiyle/oyçokluğuyla kabul edilmiştir. 07/05/2018

**Danışman:** Doç. Dr. Mehmet YETMEZ  
Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina  
Mühendisliği Bölümü



**Üye:** Dr. Öğr. Üyesi Fatmagül KOLTUK  
Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina  
Mühendisliği Bölümü



**Üye:** Dr. Öğr. Üyesi Erkan KOÇ  
Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme  
Mühendisliği Bölümü



**ONAY:**

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

23/05/2018



Doç. Dr. Ahmet ÖZARSLAN  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü





*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

Murat ÖZDİN





## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### TERMIT KAYNAKLI A-100 RAY ÇELİĞİNİN SERVİS ÖMRÜ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

Murat ÖZDİN

Bülent Ecevit Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Mehmet YETMEZ

Mayıs 2018, 45 sayfa

Bu çalışmada, tavan vinci raylarının ( A100 ) termit kaynağı yöntemi ile birleştirilmesi gerçekleştirilmiştir. Rayların birleşme noktalarındaki termit kaynak genişlikleri 25mm, 30mm, 45mm ve 50 mm aralıklarında ele alınarak, termit kaynak genişliklerinin ek noktalarına bağlı fiziksel, mekanik ve servis ömürlerine etkileri incelenmiştir. Termit kaynağı, teoride (14-50) mm genişlik aralığında uygulanabilmesine karşın fiili uygulamalarda (25- 50) mm genişlik aralığının tercih edilmektedir. Bunun nedeni ise (14-25) mm genişlik aralığında kaynak banyosunda sıkışan cüruf kalıntılarının olumsuz etkileridir.

**Anahtar Kelimeler:** Termit Kaynağı, A100 Tavan Vinci Ray Çeliği, Mekanik Özellikler, Tokluk, Yorulma



## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

### **A STUDY ON SERVICE LIFE OF A-100 RAILS WITH TERMITE WELDING**

**Murat ÖZDİN**

**Bülent Ecevit University**

**Graduate School of Natural and Applied Sciences**

**Department of Mechanical Engineering**

**Thesis Advisor: Assoc. Prof.Dr. Mehmet YETMEZ**

**May 2018, 45 pages**

In this study, the rails of overhead cranes combined with the termite welding method (A100) are investigated. In the range of termite welding geometry of 25 -50 mm in width, effects at the junction points of the rails are put in consideration with respect to physical, mechanical and service-life throughout the attachment points. Despite the fact that the termite welding can be handled with 14-50 mm in width on the theoretical background, that of 25-50 mm in width is preferred for the sake of practical view. Because, there is an useless effect of slag residues trapped in the welded joint of 14-25 mm in width.

**Keywords:** Thermite Welding, A100 Crane Rail Steel, Mechanic Properties, Toughness, Fatigue



## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL: .....	ii
ÖZET .....	iii
ABSTRACT .....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiii
BÖLÜM 1 GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2 TERMİT KAYNAĞI PRENSİBİ .....	3
2.1 TERMİT KAYNAĞININ TASVİRİ .....	3
2.2 TERMİT KAYNAĞINDA KULLANILAN EKİPMANLAR .....	4
2.3 TERMİT KAYNAĞININ YAPILIŞ AŞAMALARI .....	10
2.4 TERMİT KAYNAĞINDA KARŞILAŞILAN BAZI HATALAR .....	16
2.4.1 Gaz Boşlukları.....	16
2.4.2 Dart.....	17
2.4.3 Saçma .....	18
2.4.4 Kaçıklık .....	19
2.4.5 Çapak.....	20
2.4.6 Cüruf ve Diğer Yabancı Maddeler .....	20
2.4.7 Soğuk Birleşme (Nüfuziyet Eksikliği) .....	21
2.4.8 Çekme Boşluğu .....	22
2.4.9 Sıcak Çatlak.....	23
BÖLÜM 3 DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE SONUÇLAR.....	25
3.1 A100 RAYI .....	25
3.2 NUMUNELERİN HAZIRLANMASI .....	27

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
3.2.1 Çekme Numunesinin Hazırlanması.....	27
3.2.2 Çentik Darbe Numunesinin Hazırlanması.....	28
3.2.3 Sertlik Ölçme Numunesinin Hazırlanması.....	29
3.2.4 Yorulma Numunesinin Hazırlanması.....	30
3.3 DENEYSEL SONUÇLAR.....	31
3.3.1 Çekme Deneyi (EN ISO 6892-1 Standartına Göre).....	31
3.3.2 Çentik Darbe Deneyi ( EN ISO 148-1 Standartına Göre ).....	32
3.3.3 Sertlik Deneyi ( EN ISO 6506-1, 6507-1, 6508-1 Standartlarına Göre ).....	33
3.3.4 Termit Kaynağı Nüfuziyet Deneyi.....	34
3.3.5 Yorulma Deneyi.....	37
3.3.6 İnküzyon Deneyi.....	38
BÖLÜM 4 SONUÇLAR.....	41
KAYNAKLAR.....	43
ÖZGEÇMİŞ .....	45

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 Termit Kaynağının Şematik Resmi.....	3
Şekil 2.2 Termit Ray Döküm Kalıbı a) Üstten Görünüş ve b) Alından Görünüş. ....	5
Şekil 2.3 Termit Döküm Potası a) Alından Görünüş ve b) Üstten Görünüş.....	5
Şekil 2.4 Termit Kalıbı Sıvama Çamuru.....	6
Şekil 2.5 Termit Döküm Tozu.....	6
Şekil 2.6 Benzinli Ray kesme Motoru a) Önden Görünüş ve b) Üstten Görünüş.....	7
Şekil 2.7 Hidrolik Sıyırıcı Makas a) Önden Görünüş ve b) Üstten Görünüş.....	7
Şekil 2.8 Elektrikli Ray Taşlama Motoru a) Üstten Görünüş ve b) Yandan Görünüş.....	8
Şekil 2.9 a) Propan ve Oksijen Tüpleri ve b) Tav Lambası.....	8
Şekil 2.10 Taşlama Taşı.....	9
Şekil 2.11 Kesme Taşı.....	9
Şekil 2.12 Dijital Sıcaklık Ölçer.....	10
Şekil 2.13 Ray Kafalarının Kesilmesi.....	11
Şekil 2.14 Kesilen Kafaların Hazırlanması.....	11
Şekil 2.15 Kalıbın Hazırlanan Ağızlara Bağlanması a) Üstten Görünüş ve b) Yandan Görünüş. .....	12
Şekil 2.16 Kalıbın Ek Yerlerine Çamur Sıvanması (a) ve (b). ....	12
Şekil 2.17 Ön Tavlama Yapılması (a) ve (b). ....	13
Şekil 2.18 Potanın İçine Döküm Tozunun Koyulup Kalıbın Üzerine Yerleştirilmesi (a) ve (b). .....	13
Şekil 2.19 Pota İçerisindeki Tozun Tutuşturulup Döküm İşinin Gerçekleştirilmesi (a) ve (b). 14	
Şekil 2.20 Dökümün Kendi Haline Soğuması (a) ve (b). ....	14
Şekil 2.21 Kalıbın Kırılması (a) ve (b).....	15
Şekil 2.22 Hidrolik Makasla Döküm Fazlalıklarının Temizlenmesi (a) ve (b).....	15
Şekil 2.23 Ray Yüzeyinin Taşlanması (a) ve (b). ....	16
Şekil 2.24 Gaz Boşlukları (Termit Kaynağından Alınan Numune).....	16
Şekil 2.25 Dart hatası (Termit Kaynağı). ....	17

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyot

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.26 Saçma hatası (Termit Kaynağından Alınan Kesit). ....	18
Şekil 2.27 Kaçıklık Hatası. ....	19
Şekil 2.28 Termit Kaynağında Çapaklı Döküm. ....	20
Şekil 2.29 Cüruf Kalıntısı (Termit Kaynağı Kesiti). ....	21
Şekil 2.30 Soğuk Birleşme (Termit Kaynağından Alınan Kesit). ....	22
Şekil 2.31 Katılma Boşluğu (Termit Kaynağı Kesiti). ....	23
Şekil 2.32 Sıcak Çatlak (Termit Kaynağı Kesiti). ....	24
Şekil 3.1 A 100 Rayı Boyutları. ....	25
Şekil 3.2 A 100 Rayı Mikro Yapısı Optik Mikroskop Görüntüleri a) x 500 ve b) x100. ....	26
Şekil 3.3 A100 Rayının İnküzyon Durumu (Optik Mikroskop x100). ....	26
Şekil 3.4 Termit Kaynaklı Raylarda Çekme Numunesinin Alınacağı Bölge. ....	27
Şekil 3.5 Termit Kaynaklı Numuneler a) Üstten Görünüş ve b) Alından Görünüş. ....	27
Şekil 3.6 Hazırlanan Çekme Numuneleri a) Alından Görünüş ve b) Üstten Görünüş. ....	28
Şekil 3.7 V Çentikli Darbe Numunesinin Şematik Gösterimi. ....	28
Şekil 3.8 Darbe Testi Numunelerinin Alınacağı Bölgeler. ....	29
Şekil 3.9 Hazırlanan Çentik Darbe Numuneleri a) Üstten Görünüş ve b) Alından Görünüş. ..	29
Şekil 3.10 Sertlik Ölçümü Yapılacak Bölgelerin Temsili Gösterimi. ....	30
Şekil 3.11 Sertlik Ölçme Numunesi. ....	30
Şekil 3.12 Yorulma Numuneleri. ....	31
Şekil 3.13 Numunelerin Çekme Testi Diyagramları. ....	32
Şekil 3.14 Numunelerin Tokluk Değişim Grafiği. ....	33
Şekil 3.15 Numunelerin Sertlik Değişim Grafiği. ....	34
Şekil 3.16 1 nolu Numunenin Nüfuziyet Profili a) Kesit Görünüşü ve b) Modelleme. ....	35
Şekil 3.17 2 nolu Numunenin Nüfuziyet Profili a) Kesit Görünüşü ve b) Modelleme. ....	35
Şekil 3.18 3 nolu Numunenin Nüfuziyet Profili a) Kesit Görünüşü ve b) Modelleme. ....	36
Şekil 3.19 4 nolu Numunenin Nüfuziyet Profili a) Kesit Görünüşü ve b) Modelleme. ....	36
Şekil 3.20 Corten-Dolan Doğrusal Yaklaşımı Kullanılan Kuvvet Aralığı-Çevrim Eğrisi. ....	37
Şekil 3.21 Yorulma Testinden Sonra Numunenin Optik Mikroskop Görüntüsü x200. ....	38
Şekil 3.22 Numunelerin İnküzyon Durumları a) Kaynaksız A100 Rayı, b) 1 nolu Numune, c) 2 nolu Numune d) 3 nolu Numune e) 4 nolu Numune ....	39



## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1 A-100 Rayının Kimyasal Analizi.....	25
Çizelge 3.2 Numunelerin Çekme Deneyi Mekanik Özellik Değerleri. ....	31
Çizelge 3.3 Numunelerin Bölgelere Göre Tokluk Değerleri. ....	32
Çizelge 3.4 Numunelerin Sertlik Değişim Değerleri. ....	33
Çizelge 3.5 Numunelerin Nüfuziyet Değişim Tablosu.....	37



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### SİMGELER

Kj	: Kilo Joule
F	: Fahrenheit
Mm	: Milimetre
KN	: Kilo Newton
mm <sup>2</sup>	: Milimetrekare
Kg	: Kilogram
HRC	: Rokwel-C Sertlik
J	: Joule
N	: Newton

### KISALTMALAR

Al	: Alüminyum
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	: Alimünyum Oksit
ASTM	: Amerikan Standartı
B	: Bor
C	: Karbon
Ca	: Kalsiyum
CH <sub>4</sub>	: Metan
CO	: Karbon Monoksit
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
EFBW	: Elektro Flash Butt Welding
E <sub>mod</sub>	: Elastisite Modülü
Fe	: Demir
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	: Demir II Oksit ( Hematit)

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ( Devam Ediyor )

<b>Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub></b>	: Demir III Oksit ( Manyetit)
<b>FeO</b>	: Demir Oksit (wüstit)
<b>FeS</b>	: Demir Sülfür
<b>ITAB</b>	: Isı Tesiri Altında Kalan Bölge
<b>Mn</b>	: Mangan
<b>MnS</b>	: Mangan Sülfür
<b>Mo</b>	: Molibden
<b>N</b>	: Azot
<b>N</b>	: Çevrim Sayısı
<b>Nb</b>	: Niobyum
<b>Ni</b>	: Nikel
<b>P</b>	: Yük
<b>P</b>	: Fosfor
<b>R<sub>m</sub></b>	: Çekme Mukavemeti
<b>R<sub>p0,2</sub></b>	: % 0,2 Kalıcı Uzama Miktarındaki Akma Değeri
<b>R<sub>p0,5</sub></b>	: % 0,5 Toplam Uzama Miktarındaki Akma Değeri
<b>S</b>	: Kükürt
<b>Si</b>	: Silisyum
<b>Sn</b>	: Kalay
<b>So</b>	: Kesit Alanı
<b>Ti</b>	: Titanyum
<b>V</b>	: Vanadyum
<b>W</b>	: Tokluk

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Demiryolu mühendisleri, uzun zamandır raylar arasındaki cıvatalı birleştirmeleri ortadan kaldırmanın yollarını aramışlardır. Çünkü cıvatalı birleştirme noktalarının bakımı, demiryolu bakımının toplam maliyetinin önemli bir kısmını oluşturmaktaydı ve raylardaki kırılmaların %60' ı bu birleşme noktalarında meydana gelmekteydi. Cıvata ile birleştirilmiş ek yerinden geçiş esnasında ray tekerlekleri dinamik şoklara maruz kalmakta, gürültü ve sarsıntı meydana gelmekteydi. Bu durum demiryolu yolculuğunu keyifsiz kılmaktaydı. Bu sebeplerden dolayı Demiryolu mühendisleri 60 yıldan fazla bir süredir cıvatalı bağlantıların elimine edilmesi konusunda çeşitli çalışmalar yapmışlardır. Bunların en başta gelenleri, örtülü elektrot, elektro flashbutt (EFBW) ile termit kaynağıdır (Dearden 1968).

Termit kaynağının, düşük maliyet, kısa sürede basit teçhizat ile kalifiye eleman gerekmeden iyi kalitede birleşme noktaları oluşmasına olanak sağlaması üstünlüklerindedir. Bununla birlikte termit kaynağı ile yapılan birleştirmeler ana malzemedan daha kalitesiz mikro yapıya sahiptirler. Bu yüzden darbe direnci ve yıpranmaya karşı dayanımları ana malzemeye göre daha düşüktür. Termit kaynağı bir çeşit döküm işlemi olduğu için döküm mikro yapısına sahiptir ve ısıl işlemler ile yapısal özellikleri iyileştirilebilmektedir (Hauser 1978).

1893'de Almanya'daki Dr. Hans Goldschmidt yüksek oranda saf krom ve manganez üretimi için alüminyum-termik (alüminyum tozlarla metalik oksitlerin tepkimelerini içeren ekzotermik süreçler) deneylere başladı. Bu çalışma, 1895' de ' Termit' süreç için patent uygulamasının öncüsü oldu. Ekzotermik kimyasal tepkimelerle açığa çıkan yüksek miktardaki ısı ve termit sürecin çok yönlülüğü nedeniyle diğer alanlardaki uygulamaları kısa sürede bulundu ve Goldschmidt 1897'de bir anonim şirket oldu. 19.yüzyılın sonuna kadar termit süreç, geniş kalıplar ve işlenmiş çelik parçalarına onarılar yapmak için başarılı bir şekilde kullanıldı. Tepkimeden ortaya çıkan ısıyı kullanarak kompresyon (basınç) kaynaklama işlemlerinde uygulandı ve ilk raylar birleştirildi. 1890'larda Avrupa'daki tramvaylar için at

gücünden elektrik gücüne geçişten sonra, hızın artması ile tatmin etmeyen ray birleşim performanslarını arttırmak amacı ile 1899'da Goldschmidt Anonim Şirketinin merkez bürosunun olduğu Almanya'nın Essen şehrinde ilk demiryolu kaynak yeri kuruldu.

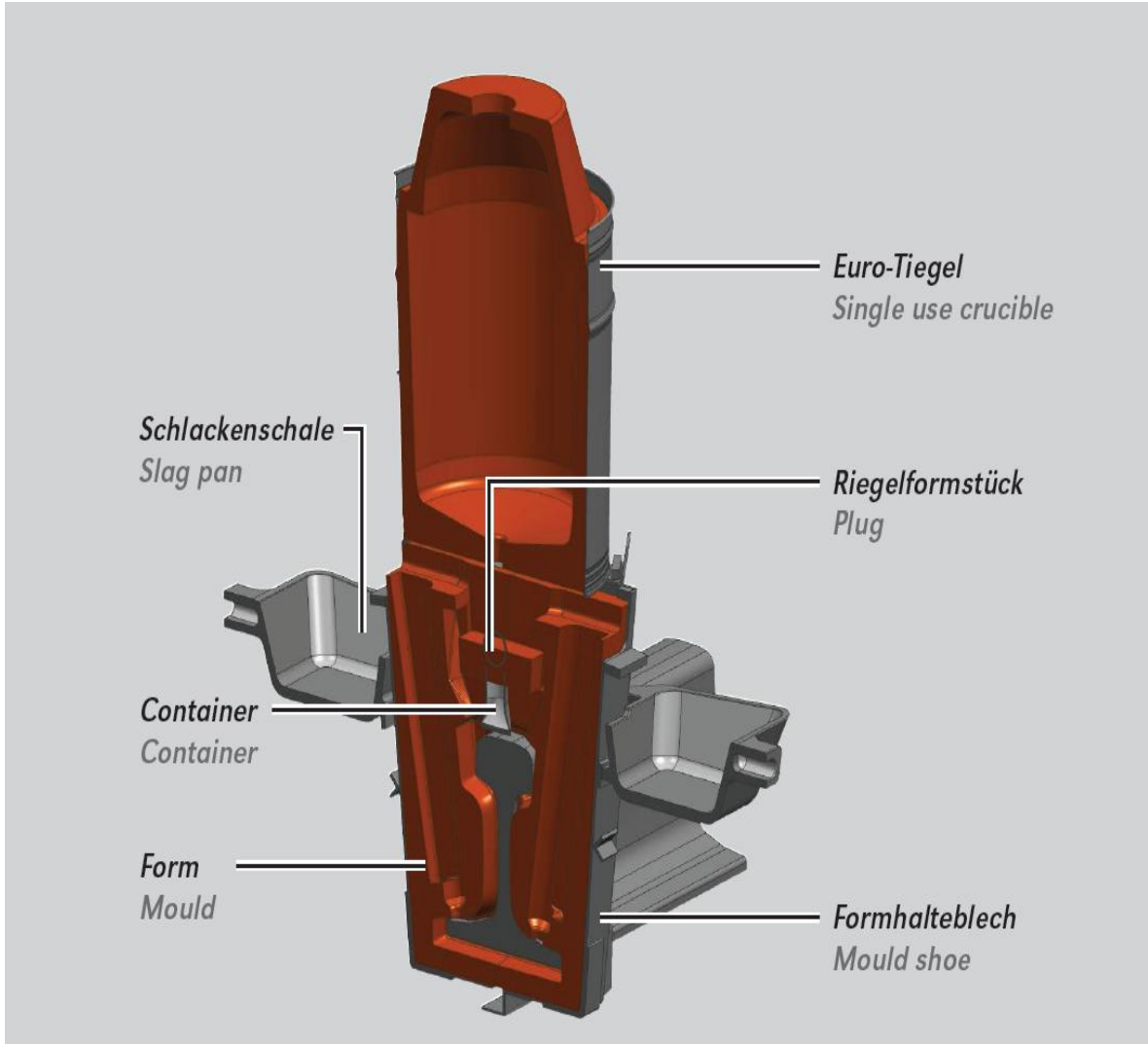
Demiryolları bakım personelleri, hızlı ve nispeten basit olan bu onarım metodunu kullanmanın avantajlarını gördüler ve Almanya çapında yayılımında etkili oldular. Akabinde 1904 yılında Goldschmidt Termit Şirketi New York' ta kuruldu.

Günümüzde olduğu gibi, 20. yüzyılın başlarında da demiryolu mühendisleri, rayların kaynaklanması dahil olmak üzere çeşitli proseslere yönelik en iyi metotları ve uygulamaları bulmak için çabaladı. Amerikan Elektrik Demiryolu Mühendislik Derneği ve Amerikan Kaynakçılık Bürosu üyelerinden oluşan Kaynaklanmış Ray Birleşme Yerleri Çalışma Komitesinin, Amerika'da ayrıntılı bir araştırma gerçekleştirdi (Brien 1991). Bu grup, Ulusal Standartlar Bürosuyla işbirliği yaptı. Çalışmanın amaçları, kaynaklanmış ray birleşim yerlerini iyileştirmek ve bir standart getirmektir. 1932' de yayımlanan komitenin final raporu, on yıllık sürede üretilen, kaynaklanmış ray birleşim yerlerine yönelik çeşitli kaynaklama süreci parametre testlerinin sonuçları ile gerilim, vuruş, düşme ve viraj testlerinden ortaya çıkan ve birçok ciltten oluşan sonuçlar içermektedir. Önemli miktarda veri oluşturuldu akabinde ray kaynaklaması konusundaki bilgi geniş ölçüde arttı. Dünya çapındaki tren demiryolu hatları, ray kaynaklamasının faydalarını görmeye başladı. Alman Devlet Demiryolları, çeşitli uzunluktaki termit kaynaklanmış ray parçalarını 1924'den 1930' a kadar test etti. Almanya'daki Krefeld Demiryolu art arda devam eden 7.000 metre uzunluğunda kaynaklanmış ray oluşturdu. Ayrıca, termit kaynaklama, İkinci Dünya Savaşından sonra Alman demiryolu ağının yeniden inşasında önemli rol oynadı. Amerika Birleşik Devletlerinde merkezi Georgia (ABD eyaleti) demiryolları 1930'da tünel demiryolu hattı için kaynaklanmış rayları kullandı. Delaware ve Hudson Railroad, 1933' de açık alandaki demiryolu hattını termit kaynaklanmış raylarla kurmaya ilk kredilendirilendir. 1980 ' e kadar ABD'deki ana demiryolu hatlarının 80.000 mil den fazlasını ardışık kaynaklanmış ray kurulumunun gerçekleştirildiği tahmin edilmektedir. Bu kaynakların hepsi termit süreçle yapılmamasına rağmen, alümino-termik metot kesinlikle, ray kaynakçılığı için hazırlık oluşturmuştur. Günümüzde Kuzey Amerika'da faal üç tane ana termit kaynak yeri imalatçısı mevcuttur.

## BÖLÜM 2

### TERMİT KAYNAĞI PRENSİBİ

#### 2.1 TERMİT KAYNAĞININ TASVİRİ



Şekil 2.1 Termit Kaynağının Şematik Resmi.

Slag Pan: Cüruf Tavası

Container: Döküm Haznesi

Mould: Döküm Kalıbı

Plug: Tıkaç

Mould Shoe: Kalıp Tutucu

Termit kaynağı sırasında meydana gelen kimyasal reaksiyonlar (tepkimeler) yüksek oranda ekzotermiktir ve bu sayede kaynaklamada kullanılacak yüksek miktarda ısı açığa çıkartırlar. Günümüzdeki ray kaynaklama süreçleri için kullanılan reaksiyonlar, maden eritme potasında ateşlenen demir oksit tozlar ile ince alüminyum arasındadır. En yaygın kullanılan reaksiyonlar aşağıdaki gibidir (Steele 1985).

- Denklem 1  $Fe_2O_3 + 2Al \longrightarrow 2Fe + Al_2O_3 + 850 \text{ kJ (1470 F)}$
- Denklem 2  $3Fe_3O_4 + 8Al \longrightarrow 9Fe + 4Al_2O_3 + 3350 \text{ kJ (5600 F)}$
- Denklem 3  $3FeO + 2Al \longrightarrow 3Fe + Al_2O_3 + 880 \text{ kJ (1421 F)}$

## 2.2 TERMİT KAYNAĞINDA KULLANILAN EKİPMANLAR

Termit kaynaklarında, döküm kalıpları (Şekil 2.2), döküm potası (Şekil 2.3), döküm esnasında ergimiş madenin kalıp ek yerlerinden kaçmaması için kullanılan sıvama çamuru ( Şekil 2.4), termit kaynağı döküm tozu (Şekil 2.5), ray kafalarını kesmede kullanılan benzinli kesim motoru (Şekil 2.6), döküm sonrası çıkan cürufu sıyıran hidrolik makas (Şekil 2.7), kaynak bölgesini taşıyan elektrikli taşlama makinası (Şekil 2.8), kaynak öncesi ek yerini tavlama kullanılan tüpler ve tav lambası (Şekil 2.9) , taşlama ve kesme işlerinde kullanılan aşındırıcılar (Şekil 2.10) (Şekil 2.11) ile tavlama işlemlerinde kullanılan sıcaklık ölçer (Şekil 2.12) ekipmanları kullanılmaktadır.





(a)



(b)

**Şekil 2.2** Termit Ray Döküm Kalıbı a) Üstten Görünüş ve b) Alından Görünüş.

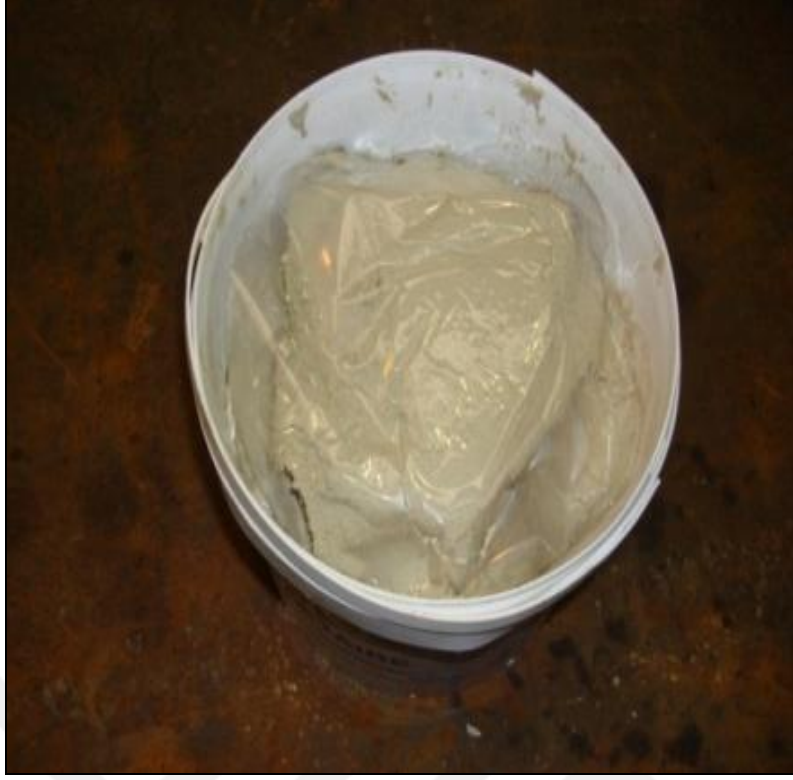


(a)



(b)

**Şekil 2.3** Termit Döküm Potası a) Alından Görünüş ve b) Üstten Görünüş.



**Şekil 2.4** Termit Kalıbı Sivama Çamuru.



**Şekil 2.5** Termit Döküm Tozu.



(a)

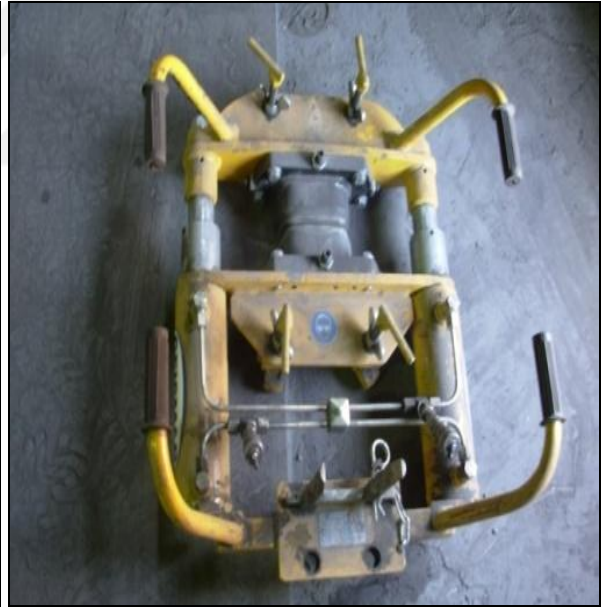


(b)

Şekil 2.6 Benzinli Ray kesme Motoru a) Önden Görünüş ve b) Üstten Görünüş.



(a)



(b)

Şekil 2.7 Hidrolik Sıyırıcı Makas a) Önden Görünüş ve b) Üstten Görünüş.





(a)



(b)

**Şekil 2.8** Elektrikli Ray Taşlama Motoru a) Üstten Görünüş ve b) Yandan Görünüş.



(a)



(b)

**Şekil 2.9** a) Propan ve Oksijen Tüpleri ve b) Tav Lambası.



**Şekil 2.10** Taşlama Taşı.



**Şekil 2.11** Kesme Taşı.



**Şekil 2.12** Dijital Sıcaklık Ölçer.

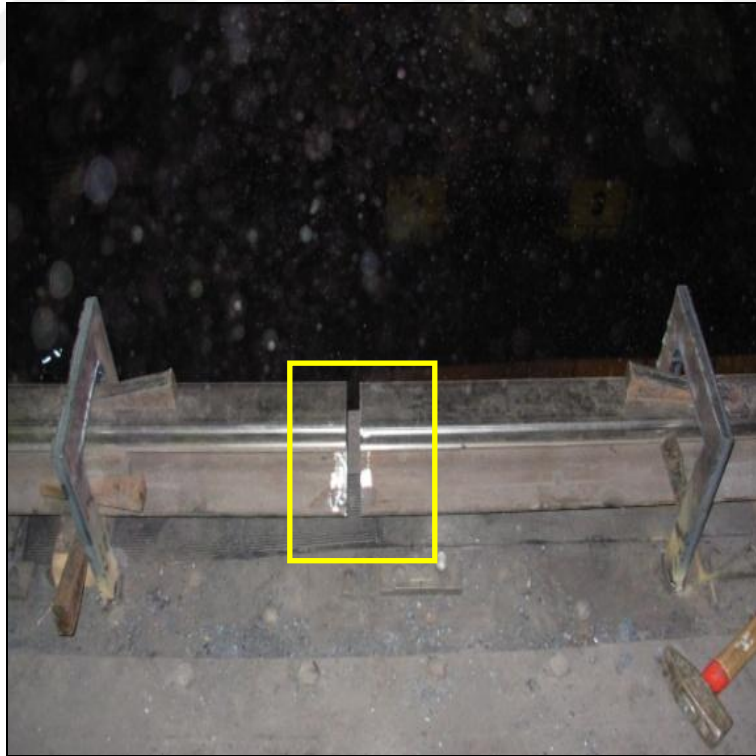
### **2.3 TERMİT KAYNAĞININ YAPILIŞ AŞAMALARI**

Termit kaynağı ile birleştirilecek rayların kafaları kesilerek zeminden 100 mm kaldırılır ve aynı eksene gelecek şekilde sabitlenir. Ray uçları arasında istenen aralıkta boşluk olacak şekilde ayarlanır (Şekil 2.13) (Şekil 2.14). Hazırlanan ray ek yerine termit kalıbının montajı yapılır (Şekil 2.15). Montajlanan kalıbın ek yerlerine madenin dışarı akmasını önlemek için çamur sıvanır (Şekil 2.16). Çamuru sıvanan kalıbın orta kısmında bulunan boşluk üzerinden ray ek yeri döküm öncesi 800-110 derece arası sıcaklığa kadar tavlınır (Şekil 2.17). Döküm potası içerisine termit kaynak tozu koyularak kalıbın üzerine yerleştirilir (Şekil 2.18). Pota içerisindeki döküm tozu ateşlenerek termit kaynak işlemi gerçekleştirilir (Şekil 2.19). Dökümün kendi halinde 10 dakika kadar soğuması beklenir (Şekil 2.20). Akabinde kalıp kırılır (Şekil 2.21). Hidrolik makasla ray üzerindeki döküm fazlalıkları sıyırılır (Şekil 2.22). Son olarak elektrikli taşlama makinası ile ray yüzeyi formuna uygun taşlanır (Şekil 2.23).





**Şekil 2.13** Ray Kafalarının Kesilmesi.



**Şekil 2.14** Kesilen Kafaların Hazırlanması.



(a)



(b)

Şekil 2.15 Kalıbın Hazırlanan Ağızlara Bağlanması a) Üstten Görünüş ve b) Yandan Görünüş.



(a)



(b)

Şekil 2.16 Kalıbın Ek Yerlerine Çamur Sıvanması (a) ve (b).





(a)



(b)

Şekil 2.17 Ön Tavlama Yapılması (a) ve (b).



(a)



(b)

Şekil 2.18 Potanın İçine Döküm Tozunun Koyulup Kalıbın Üzerine Yerleştirilmesi (a) ve (b).



(a)



(b)

**Şekil 2.19** Pota İçerisindeki Tozun Tutuşturulup Döküm İşinin Gerçekleştirilmesi (a) ve (b).



(a)



(b)

**Şekil 2.20** Dökümün Kendi Haline Soğuması (a) ve (b).





(a)

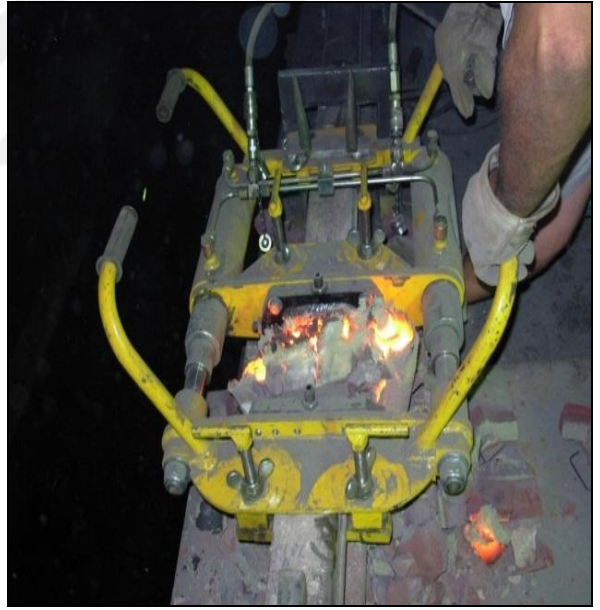


(b)

Şekil 2.21 Kalıbın Kırılması (a) ve (b).



(a)



(b)

Şekil 2.22 Hidrolik Makasla Döküm Fazlalıklarının Temizlenmesi (a) ve (b).



(a)

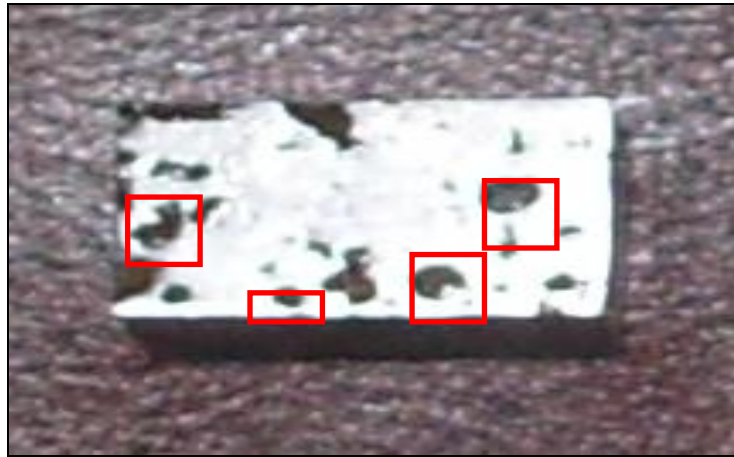
(b)

Şekil 2.23 Ray Yüzeyinin Taşlanması (a) ve (b).

## 2.4 TERMİT KAYNAĞINDA KARŞILAŞILAN BAZI HATALAR

### 2.4.1 Gaz Boşlukları

Gaz boşlukları, termit kaynağı esnasında kalıpta ve kaynakta oluşan akabinde dışarıya atılamayan gazlardan meydana gelmektedirler. Daha çok üst yüzeylerde görülür ancak alt yüzeylerinde veya iç kısımlarında da olabilmektedirler (Fidaner, Doğmuş, Çelik, Süzen ve Duran 2005).



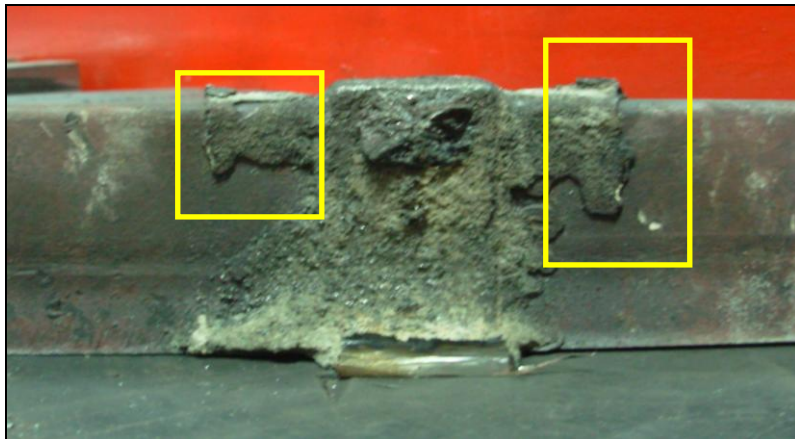
Şekil 2.24 Gaz Boşlukları (Termit Kaynağından Alınan Numune).

## Hata Oluş Nedenleri

- Temit kalıp neminin fazla olması,
- Sıvı metal sıcaklığının yüksek veya düşük olması,
- Sıvı metal bileşiminin uygun olmaması,
- Termit potalarının iyi kurutulmaması,
- Sıvı metalin termit kalıba hızlı yada yavaş dolması,
- Termit kaynağı esnasında sıvı metal tarafından absorbe edilen gazlar,
- Kimyasal reaksiyon ürünleri ( örneğin CO, CH<sub>4</sub>)
- Katılma esnasında hacim küçülmesi,
- Termit kalıbının döküm esnasında içindeki bağlayıcılarının yanması ile oluşan gazlar.

### 2.4.2 Dart

Termit kaynağı esnasında sıvı metal, termit kalıbının içerisindeki havayı ısıtarak genişletir. Kalıptaki yanıcı maddelerin oluşturduğu gaz ve su buharı bunlara eklendiğinde kalıptaki basınç değeri artar. Sıvı metal, termit kalıp içerisinde bu basıncın etkisiyle çalkalanır. Bu sırada bazı parçalar kalıptan koparak yer değiştirir. Kalıp kumu kalıp içerisine doğru genişler. Sıvı metal, kalkan kum parçaları arasına girerek katılır. Çalkantı ile kopan kum taneleri sıvı metal içerisinde yükselerek üst bölgelerde toplanır. Dart bir yüzey hatasıdır. Sıvı metalin kum arasına girmesiyle oluşan dartlar bir keski ile kolayca temizlenebilmektedirler. Dart hatası daha çok geniş yüzeyli ve kalın kesitli döküm parçalarda görülürse de ince kesitli olanlarda da meydana gelmektedir (Fidaner, Doğmuş, Çelik, Süzen ve Duran 2005).



Şekil 2.25 Dart hatası (Termit Kaynağı).

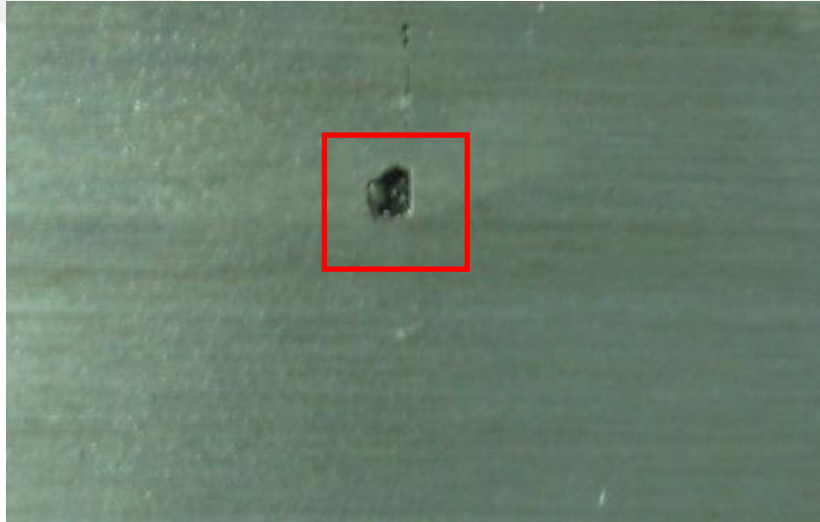


## Hata Oluş Nedenleri

- Termit kalıbının yüzeye iyi oturmaması,
- Yolluk sisteminin uygun yerden verilmemesi,
- Termit kalıbının fazla nemli olması,
- Termit kalıbının gaz geçirgenliğinin az olması,
- Sıvı metalin döküm sıcaklığının yüksek olmasıdır.

### 2.4.3 Saçma

Termit kaynağı işlemi sırasında küçük metal küreciklerin ergimeden yapıda kalarak katılaşma olması olayına saçma hatası denir. Sıvı metalin termit kalıbına dökülmesi sırasında çalkantı, patlama veya kaynamalardan oluşmaktadır. Yuvarlak halde katılaşan parçaları sıvı metal ergitememekte ve değişik ölçülerde kalıbın farklı yerlerinde bulunabilmektedirler. Parçaya dışardan bakıldığı zaman fark edilememektedir (Fidaner, Doğmuş, Çelik, Süzen ve Duran 2005).



**Şekil 2.26** Saçma hatası (Termit Kaynağından Alınan Kesit).

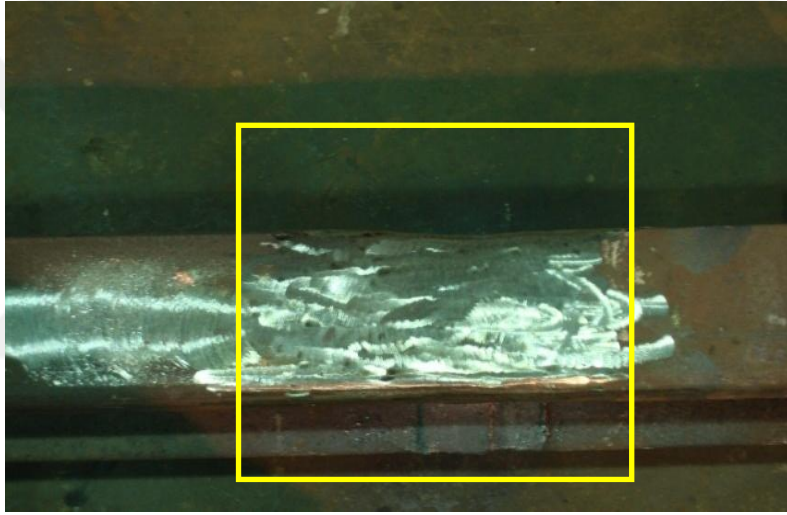
## Hata Oluş Nedenleri

- Sıvı metalin kesik dökülmesi,
- Sıvı metalin yüksekten dökülmesi,

- Yolluk sisteminin hatalı düzenlenmesi,
- Termit kalıp kumunun aşırı nemli olması,
- Termit kalıp içinde metalik çapak bulunması,
- Sıvı metalin soğuk ve akıcılığının iyi olmaması,

#### 2.4.4 Kaçıklık

Termit kaynağı esnasında, Kaynak için termit kalıbı bağlanırken birleştirilecek iki parçanın düzgün akslenememesi sonucu meydana gelen bir hata türüdür (Fidaner, Doğmuş, Çelik, Süzen ve Duran 2005).



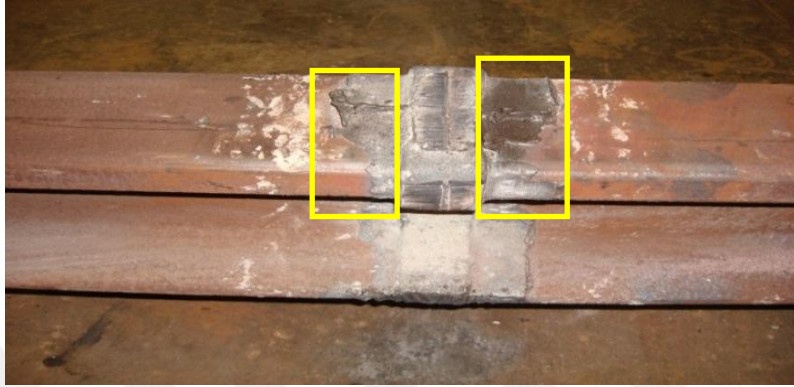
Şekil 2.27 Kaçıklık Hatası.

#### Hata Oluş Nedenleri

- Termit kalıbının sabitlemenin dikkatli yapılmaması,
- Birleştirilecek parçaların akslenmelerinin hassas yapılamaması,
- Termit kaynağı esnasında kalıbın yada parçanın darbe alması

### 2.4.5 apak

Termit döküm sonrası birleştirilen parça yüzeylerinde ince plakalar halinde döküm fazlalıklarına apak denir. apaklar ince oldukları gibi kalın da olabilmektedirler. (Fidaner, Doğmuş, elik, Süzen ve Duran 2005).



Şekil 2.28 Termit Kaynağında apaklı Döküm.

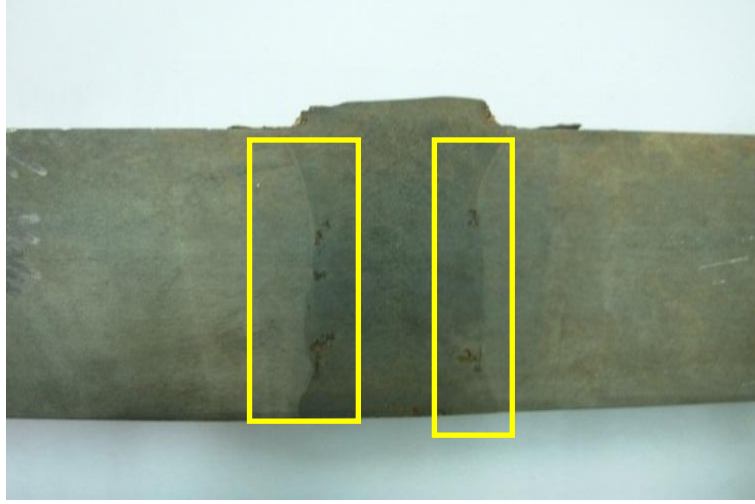
#### Hata Oluş Nedenleri

- Kalıplamanın uygun yapılmaması,
- Termit kalıbının çarpılması,
- Sıvı metalin döküm sıcaklığının yüksek olması.

### 2.4.6 Cüruf ve Diğer Yabancı Maddeler

Ergimiş metal içerisinde bulunan yabancı maddelerin bir kısmı cüruf olarak ergimiş metalin yüzeyinde toplanmakta ve buradan alınarak temizlenmektedir. Özgül ağırlığı sıvı metale yakın olanlar ise, metal içerisinden yukarı çıkamamakta ve katılaşılan metal içerisine hapsolmaktadır. (Fidaner, Doğmuş, elik, Süzen ve Duran 2005).





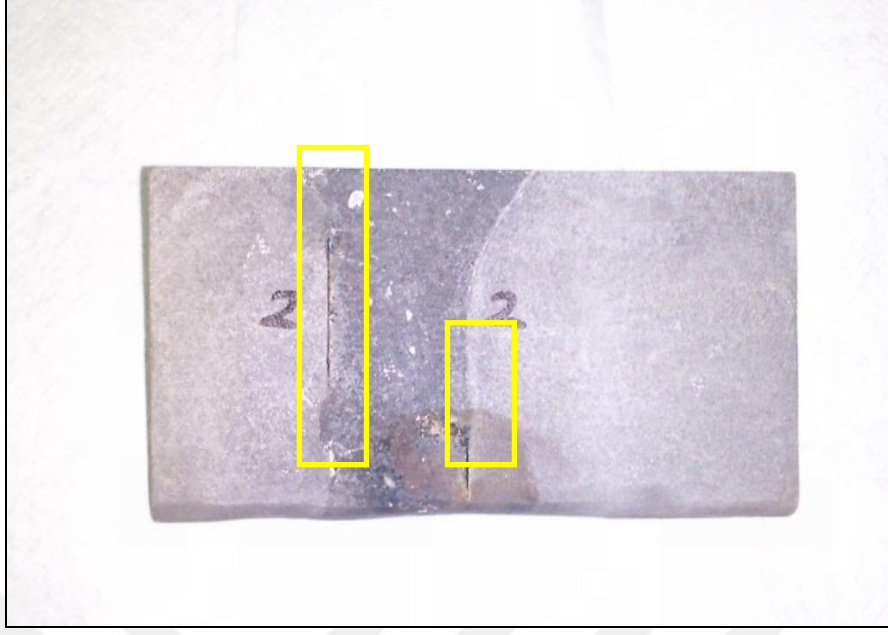
**Şekil 2.29** Cüruf Kalıntısı (Termit Kaynağı Kesiti).

#### Hata Oluş Nedenleri

- Sıvı metalin dökümden önce iyi temizlenmemesi,
- Yolluk sisteminin cüruf tutucu şekilde düzenlenmemesi,
- Metalin kesik dökülmesi,
- Ergimiş metale soğuk metal ilave edilmesi,

#### **2.4.7 Soğuk Birleşme (Nüfuziyet Eksikliği)**

Sıvı metal, termit kalıbına dolmaya başladığı an termit kalıp içerisinde soğuk bölgeler ile karşılaşırsa mevcut malzemeye nüfuz edemeden hemen katlaşır. Diğer taraftan farklı yönlerden gelen sıvı metal soğumadan dolayı birbirine kaynayamaz ise soğuk birleşme hatası oluşur. Bu hataya katmer de denir. Döküm parça üzerinde bir çizgi halinde görülür. (Fidaner, Doğmuş, Çelik, Süzen ve Duran 2005).



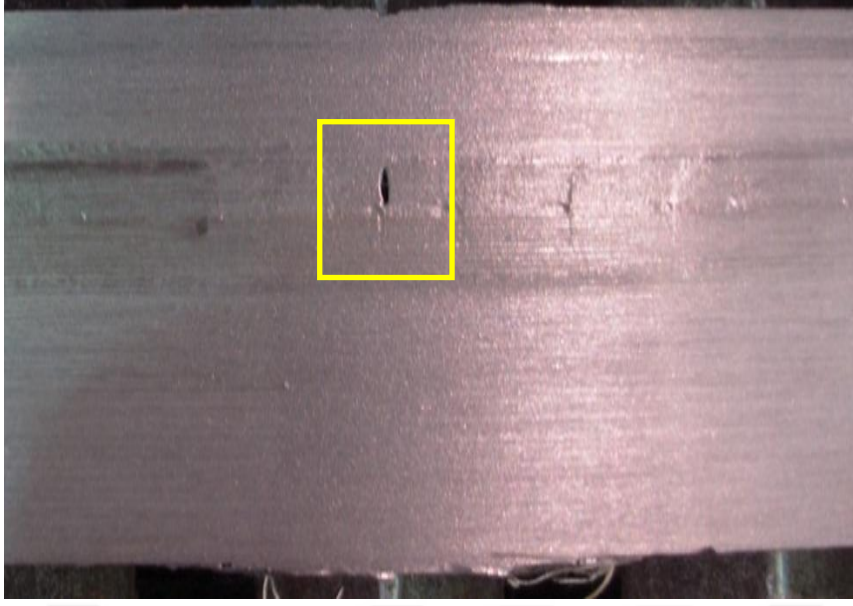
**Şekil 2.30** Soğuk Birleşme (Termit Kaynağından Alınan Kesit).

#### Hata Oluş Nedenleri

- Döküm parçanın kesit farklılıklarının fazla olması,
- Termit kalıbının rutubetinin fazla olması,
- Yolluk sisteminin uygun yanlış olmaması,
- Sıvı metalin kesik dökülmesi,
- Sıvı metalin akıcılığının iyi olmaması,
- Sıvı metalin döküm sıcaklığının yüksek olması,
- Termit kalıbının ve birleştirilmesi yapılacak parçanın ön tav sıcaklığının yetersiz oluşu,

#### **2.4.8 Çekme Boşluğu**

Döküm işleminden sonra sıvı metal, termit kalıp içerisinde yüzeylerden itibaren katılaşmaya başlar. Katılaşma, kalın kesitli bölgelerde ince kesitli bölgelere nazaran daha yavaş meydana gelir. En son katılaşma aynı kesitli parçalarda orta bölgelerde meydana gelir. Katılaşmış komşu bölgeler tarafından çekilen ortadaki katılaşmamış kısımda çekinti olayından sonra boşluk meydana gelir. (Fidaner, Doğmuş, Çelik, Süzen ve Duran 2005).



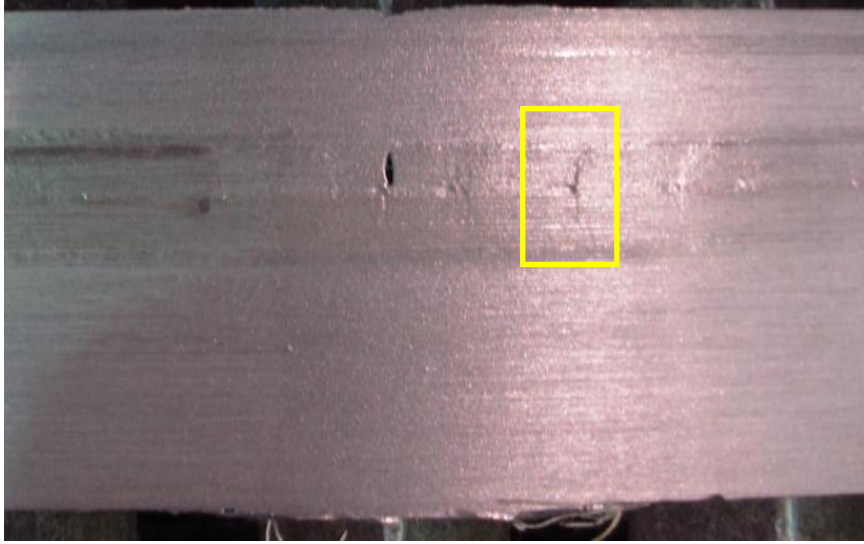
**Şekil 2.31** Katılma Boşluğu (Termit Kaynağı Kesiti).

#### Hata Oluş Nedenleri

- Sıvı metal besleme sistemindeki yetersizlik ve aksaklıklar,
- Homojen soğumanın sağlanamaması ( Karışık geometrik yapıya sahip parçalarda çeşitli bölgelere soğuma plakası koyularak bu etki minimize edilmeye çalışılmaktadır.)

#### **2.4.9 Sıcak Çatlak**

Sıvı metalin katılması esnasında, ergime derecesi düşük bazı bileşiklerin (Örnek: FeS) döküm metaline kıyasla daha geç katılması ve bu bölgelerin komşu katı bölgeler tarafından çekilmesi sureti ile çatlaklar oluşturmasıdır (Fidaner, Doğmuş, Çelik, Süzen ve Duran 2005).



**Şekil 2.32** Sıcak Çatlak (Termit Kaynağı Kesiti).

#### Hata Oluş Nedenleri

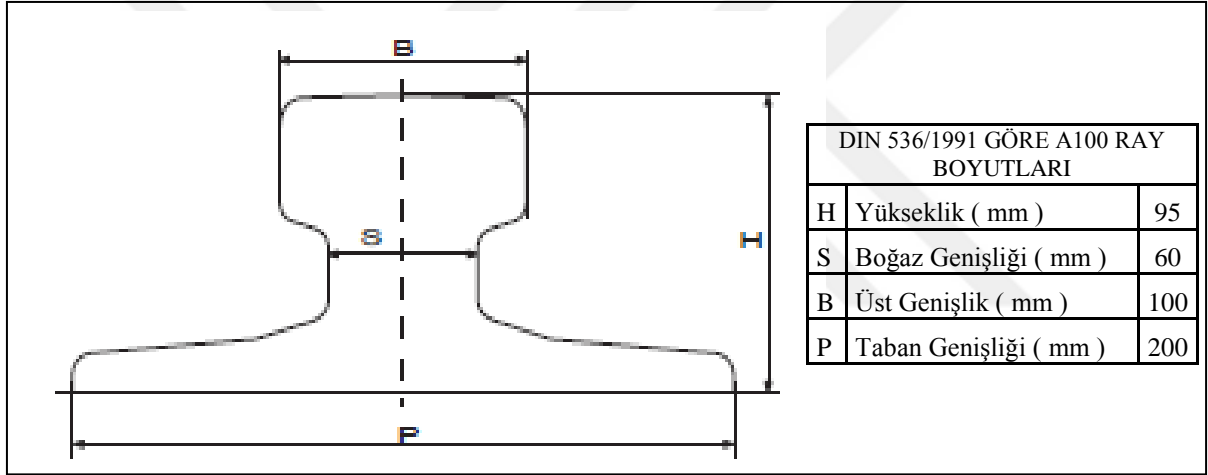
- Sıvı metal sıcaklığının yüksek olması,
- Geniş ve büyük sıvı metal banyosu
- Termit kalıbının ve termit kaynağı ile birleştirilecek parçanın ön tav sıcaklığının yüksek olması
- Döküm metalindeki yüksek fosfor (P) ve kükürt (S) miktarı ( %0,045 den fazla olması sıcak çatlak riski meydana getirir )

## BÖLÜM 3

### DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE SONUÇLAR

#### 3.1 A100 RAYI

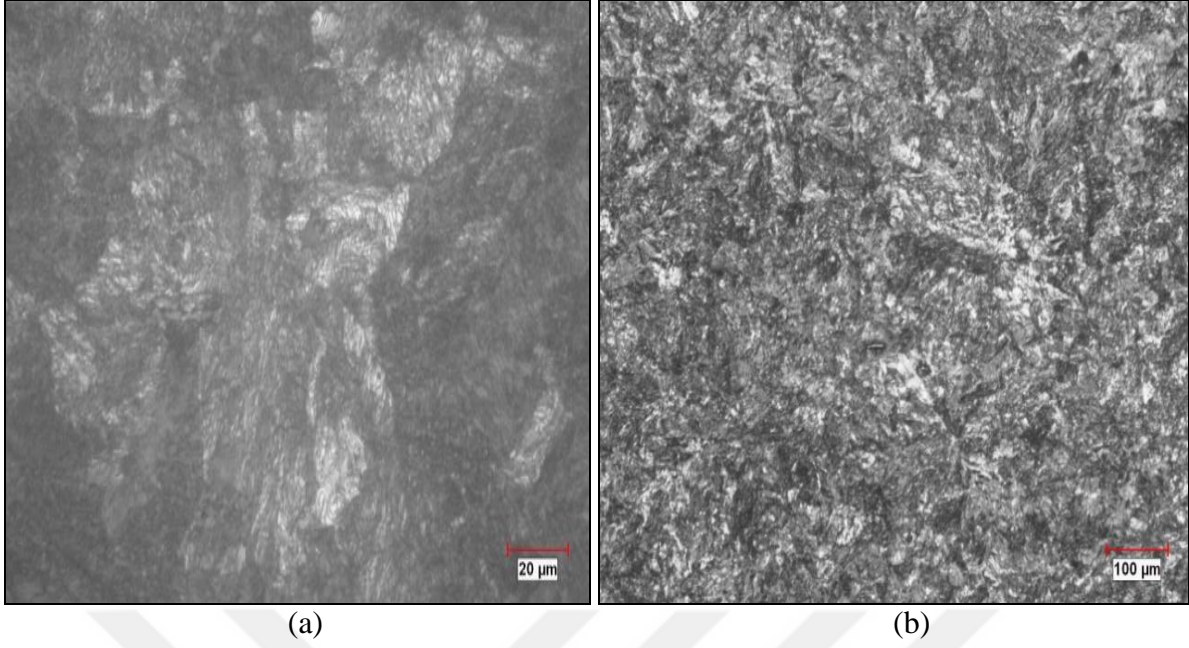
Deneysel çalışmaya konu olan A100 rayının boyutları Şekil 3.1 de, kimyasal analizi Şekil 3.2 de, mikro yapısı şekil 3.3 a ile b de ve inklüzyon durumu şekil 3.4 de verilmiştir.



Şekil 3.1 A 100 Rayı Boyutları.

Çizelge 3.1 A-100 Rayının Kimyasal Analizi.

C	Mn	P	S	Si	Cu	Cr	Ni	Mo	Sn
0.4982	0.8846	0.0198	0.0140	0.3088	0.0261	0.0830	0.0411	0.0217	0.0107
Al	As	Ca	N	Nb	V	Ti			
0.0023	0.0025	0.0007	0.0098	0.0011	0.0015	0.0015			



Şekil 3.2 A 100 Rayı Mikro Yapısı Optik Mikroskop Görüntüleri a) x 500 ve b) x100.

Şekil 3.3 a ve b ye baktığımızda mikroyapı ferrit+sementit lamellerinden oluşant perlitik yapıyı göstermektedir.



Şekil 3.3 A100 Rayının İnkluzyon Durumu (Optik Mikroskop x100).



MnS (Mangan Sulfür)



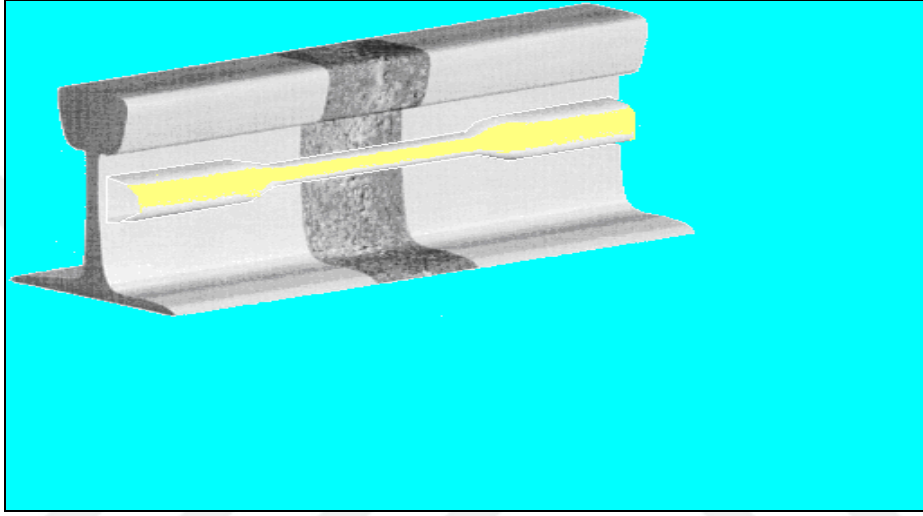
Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Alüminyum Oksit-Global Oksit)



### 3.2 NUMUNELERİN HAZIRLANMASI

Çekme numuneleri Şekil 3.5 de gösterildiği gibi A100 rayının orta kısmından çıkarılmıştır. Şekil 3.6 da termit kaynaklı raylar, Şekil 3.7 de ise bu raylardan çıkarılmış çekme numunesi görülmektedir.

#### 3.2.1 Çekme Numunesinin Hazırlanması



Şekil 34 Termit Kaynaklı Raylarda Çekme Numunesinin Alınacağı Bölge.



(a)

(b)

Şekil 3.5 Termit Kaynaklı Numuneler a) Üstten Görünüş ve b) Alından Görünüş.



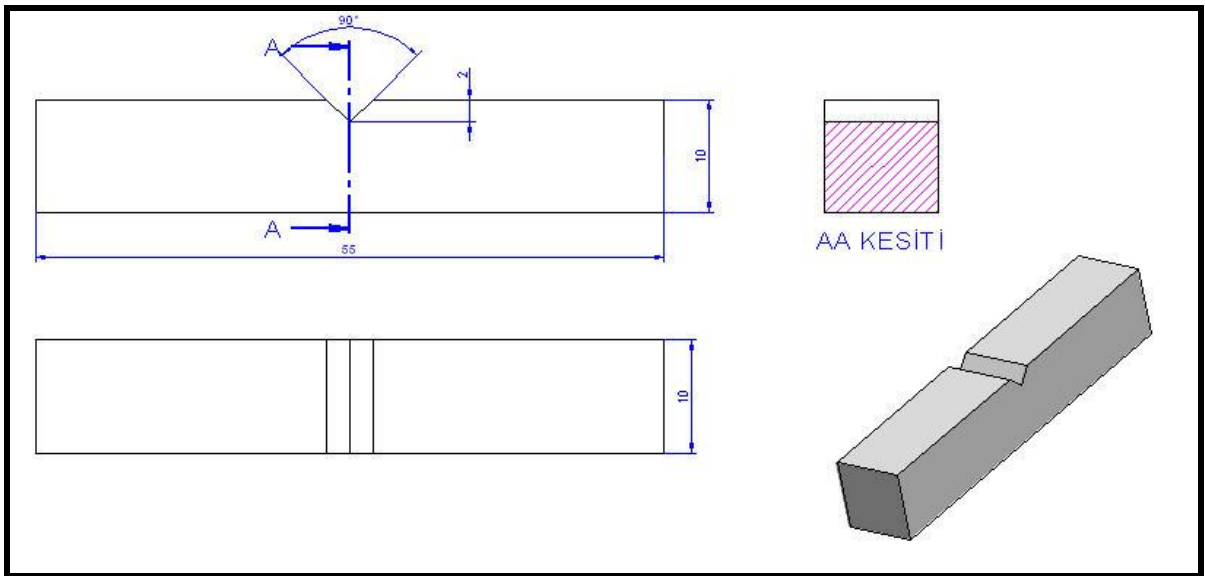
(a)

(b)

**Şekil 3.6** Hazırlanan Çekme Numuneleri a) Alından Görünüş ve b) Üstten Görünüş.

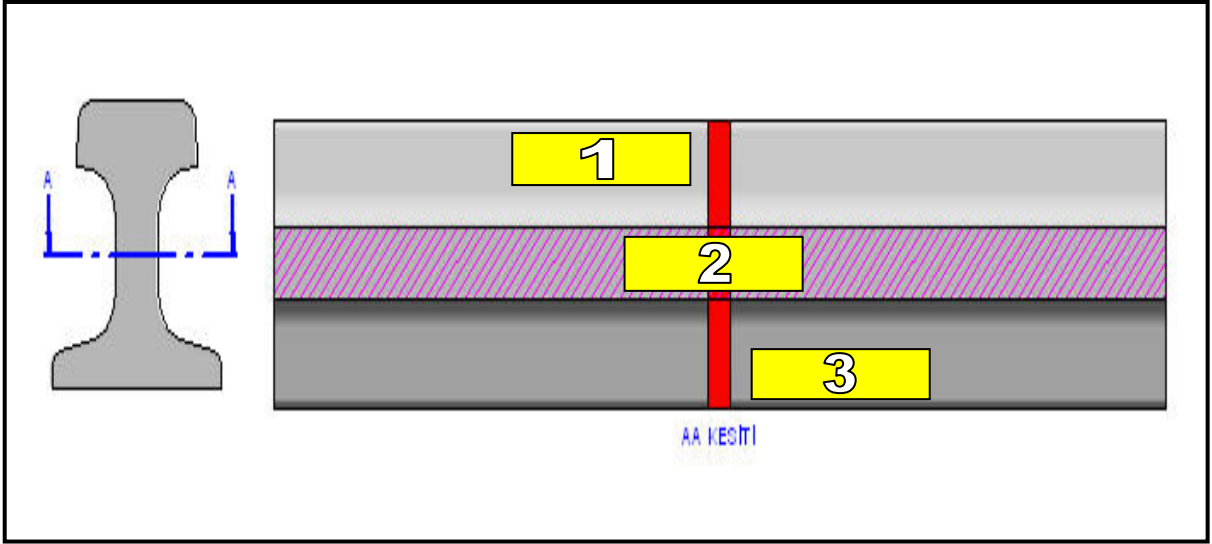
### 3.2.2 Çentik Darbe Numunesinin Hazırlanması

Çentik darbe numunesinin teknik resmi Şekil 3.8 deki gibidir. Şekil 3.9 da darbe numunelerinin ray üzerindeki yerleşimleri verilmektedir. 1 no ITAB (Isı tesiri altında kalan bölge), 2 no termit kaynağını ve 3 no diğer ITAB bölgelerini temsil etmektedir. Şekil 3.10 da ise darbe numuneleri görülmektedir.

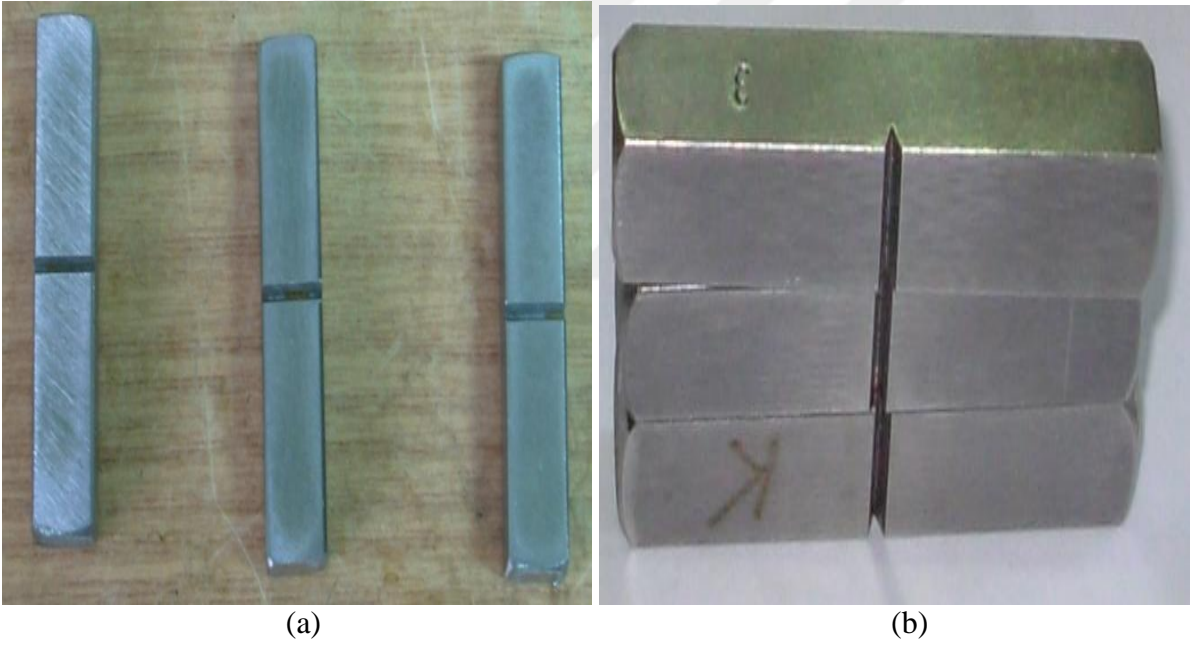


**Şekil 3.7** V Çentikli Darbe Numunesinin Şematik Gösterimi.





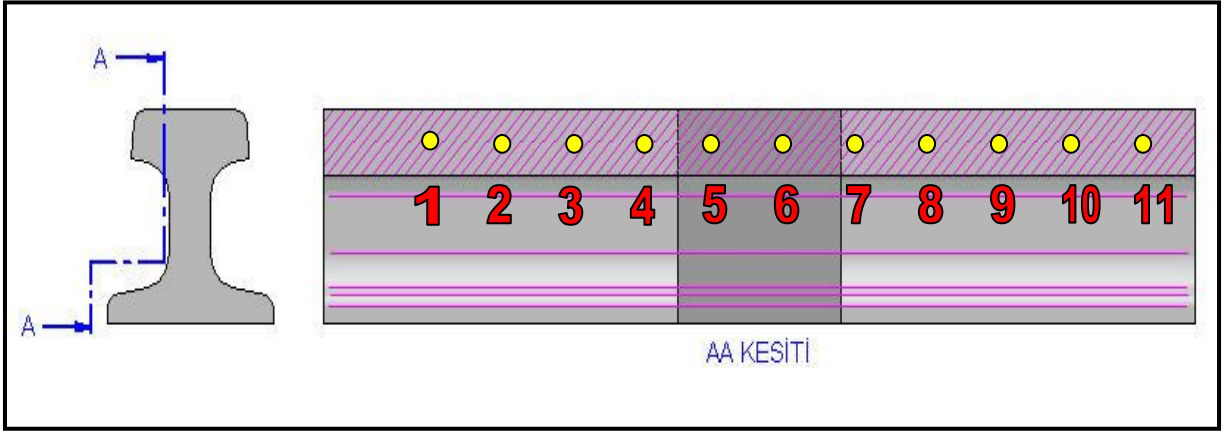
Şekil 3.8 Darbe Testi Numunelerinin Alınacağı Bölgeler.



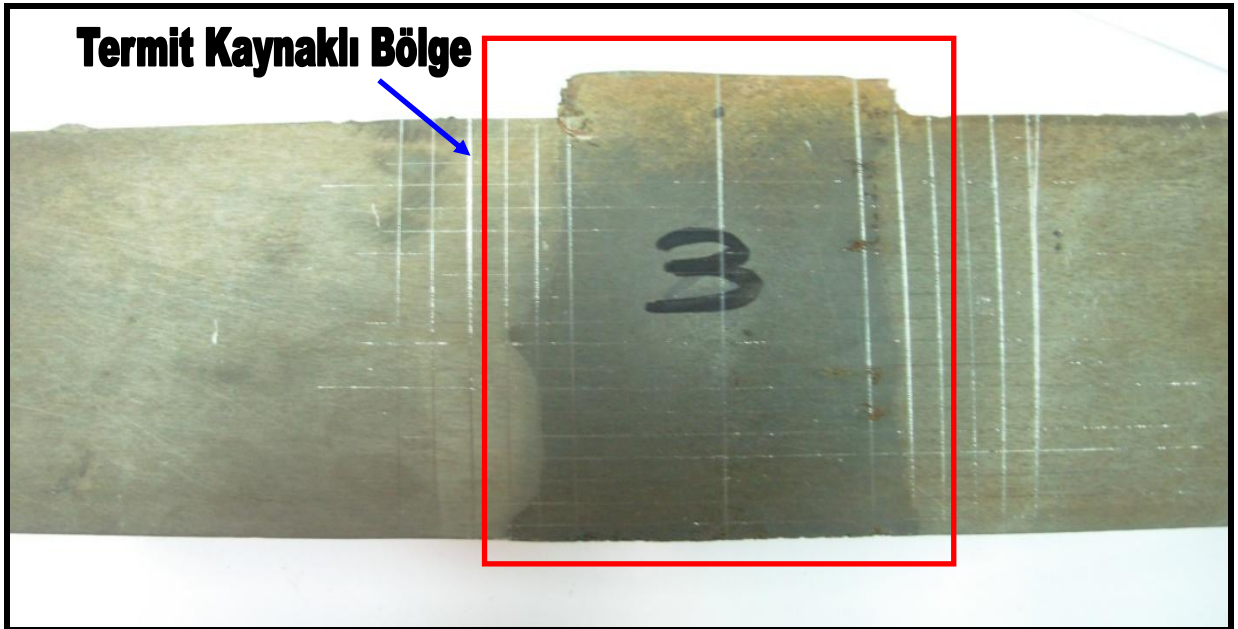
Şekil 3.9 Hazırlanan Çentik Darbe Numuneleri a) Üstten Görünüş ve b) Alından Görünüş.

### 3.2.3 Sertlik Ölçme Numunesinin Hazırlanması

Termit kaynaklı rayların sertlik ölçümleri Şekil 3.11 de verilen bölgelerden yapılmıştır. Şekil 3.12 de de sertlik alınacak bölgeleri işaretlenmiş numune görülmektedir.



Şekil 3.10 Sertlik Ölçümü Yapılacak Bölgelerin Temsili Gösterimi.



Şekil 3.11 Sertlik Ölçme Numunesi.

### 3.2.4 Yorulma Numunesinin Hazırlanması

Yorulma deneyinin yapılacağı numuneler Şekil 3.13 deki gibidir.



Şekil 3.12 Yorulma Numuneleri.

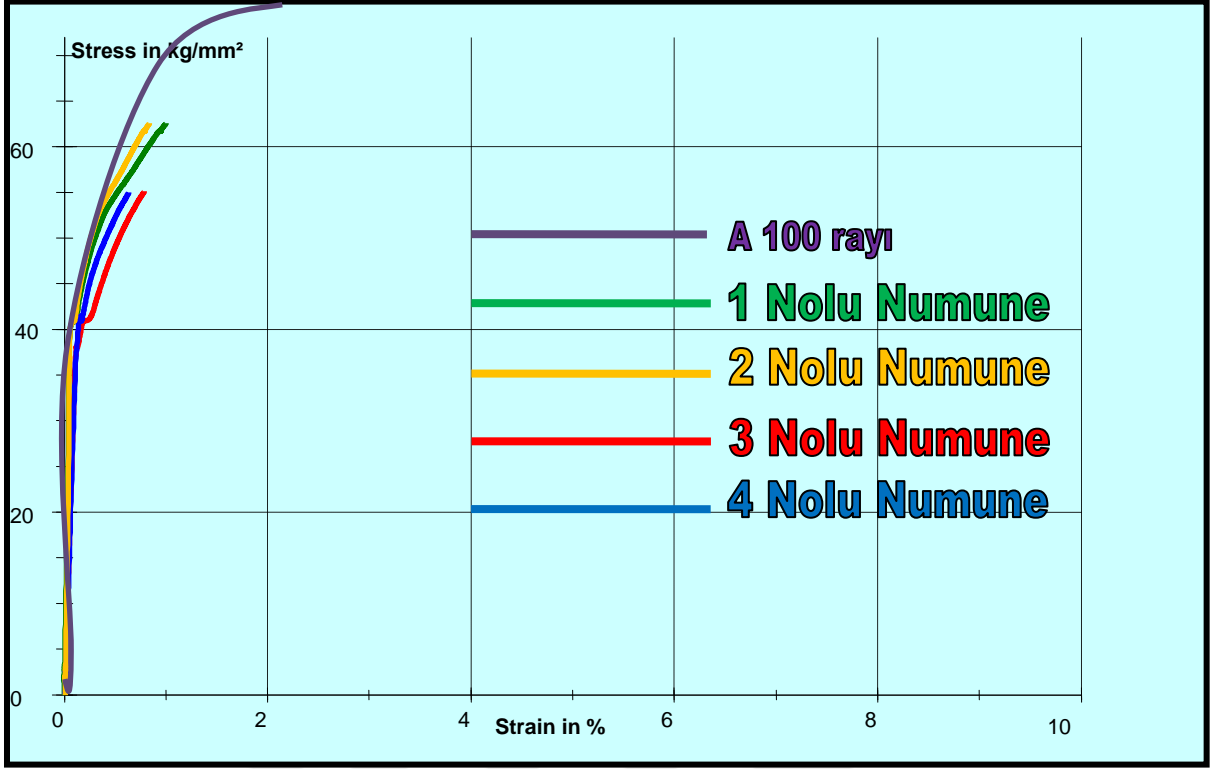
### 3.3 DENEYSEL SONUÇLAR

#### 3.3.1 Çekme Deneyi (EN ISO 6892-1 Standartına Göre)

Numunelerin ve A100 kaynaklı rayın çekme deneyi sonucunda elde edilen mekanik değerler Çizelge 3.2 de verilmiştir. Bu değerler doğrultusunda çekme diyagramları da Şekil 3.14 deki gibi gerçekleşmiştir.

Çizelge 3.2 Numunelerin Çekme Deneyi Mekanik Özellik Değerleri.

Numune No	E Mod (KN/mm <sup>2</sup> )	Rp 0.2 (kg/mm <sup>2</sup> ) (Akma)	Rp 0.5 (kg/mm <sup>2</sup> ) (Akma)	Rm (kg/mm <sup>2</sup> ) (Çekme)	% Uzama
1 nolu numune (25 mm)	117.7	48.3	50.9	64.9	0.12
2 nolu numune (30 mm)	84.4	39.3	41.6	60.1	0.112
3 nolu numune (45 mm)	63.4	35.8	40.2	57.5	0.1
4 nolu numune (50 mm)	61.1	42.2	39.4	57.1	0.1
A100 Rayı	139.7	50.1	55.5	95.8	0.123



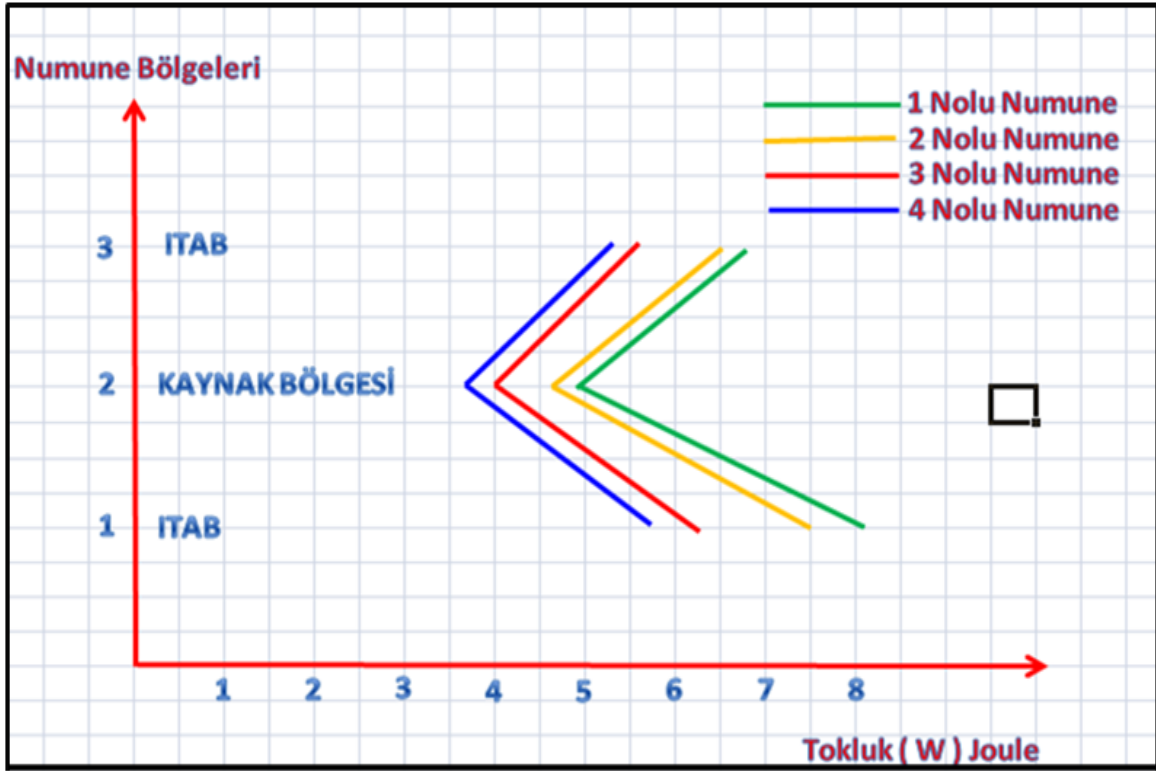
Şekil 3.13 Numunelerin Çekme Testi Diyagramları.

### 3.3.2 Çentik Darbe Deneyi ( EN ISO 148-1 Standartına Göre )

Numunelerin ITAB, termit kaynaklı bölge ve A100 kaynaklı ray için ölçülmüş darbe değerleri Çizelge 3.3 de verilmiştir. Şekil 3.15 de ise bölgelere göre tokluk değişim grafiği görülmektedir.

Çizelge 3.3 Numunelerin Bölgelere Göre Tokluk Değerleri.

Numune No	W (J)	a (mm)	b (mm)	So (mm <sup>2</sup> )
1--1	7.9	8	10	80
1--2	5.1	8	10	80
1--3	6.7	8	10	80
2--1	7.5	8	10	80
2--2	4.7	8	10	80
2--3	6.1	8	10	80
3--1	6.1	8	10	80
3--2	4.0	8	10	80
3--3	5.6	8	10	80
4--1	5.8	8	10	80
4--2	3.7	8	10	80
4--3	5.2	8	10	80
A100 Rayı	6.8	8	10	80



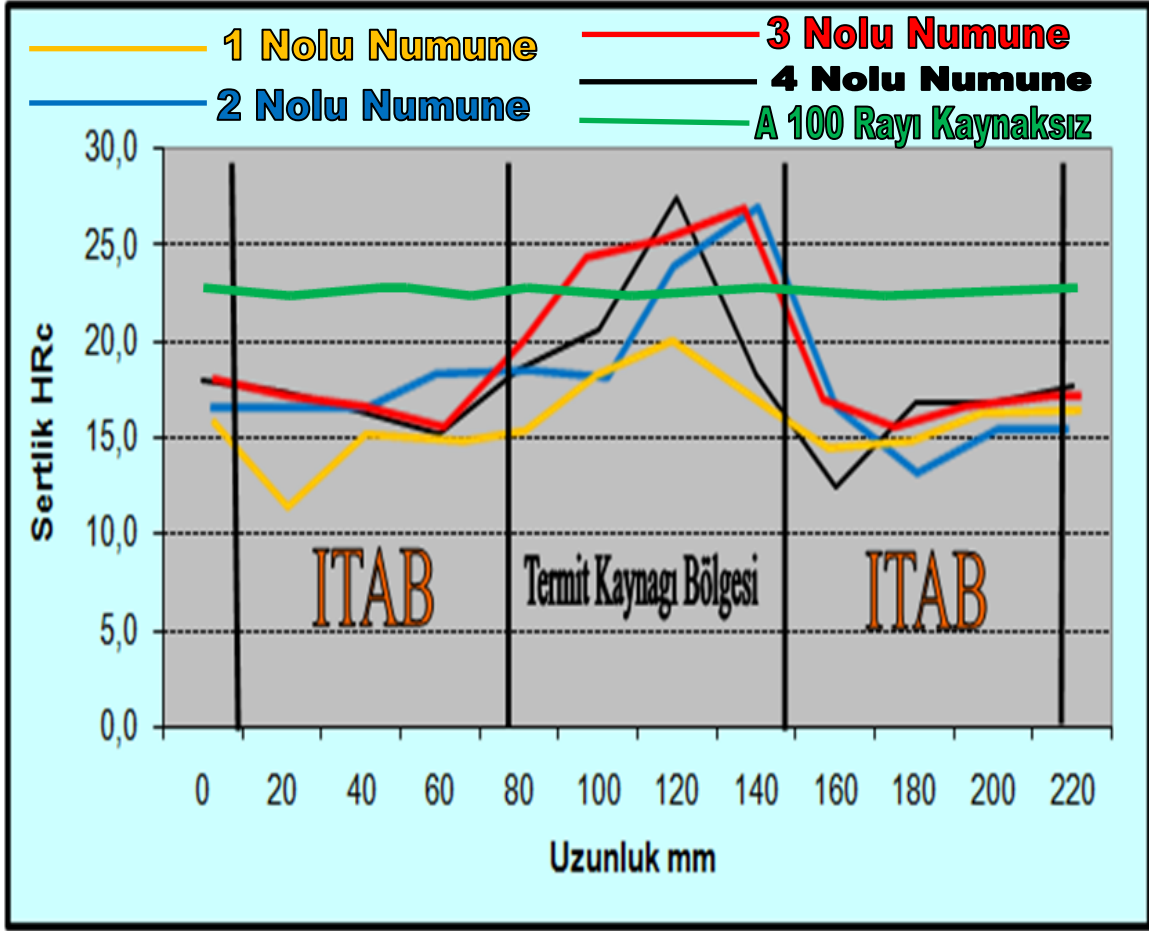
Şekil 3.14 Numunelerin Tokluk Değişim Grafiği.

### 3.3.3 Sertlik Deneyi ( EN ISO 6506-1, 6507-1, 6508-1 Standartlarına Göre )

Numunelerin ve A100 kaynaklı rayın 11 noktadan alınmış sertlik değerleri Çizelge 3.4 de verilmiştir. Her numara bir bölgeyi temsil etmektedir ve her iki numara arası 20 mm ölçüsündedir. Şekil 3.16 de ise numunelerin sertlik değişim grafiği görülmektedir.

Çizelge 3.4 Numunelerin Sertlik Değişim Değerleri.

BÖLGE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Numune Sertlik (HRc)	13.1	12.8	14.5	15.1	16.3	18.2	20.4	17.7	15.3	14.2	13.5
2. Numune Sertlik (HRc)	15.2	15.3	16.7	18.4	18.7	25.6	26.3	17.4	15.1	14.8	15.2
3. Numune Sertlik (HRc)	17.1	16.8	16.4	18.4	22.7	24.9	26.7	24.8	16.2	16.3	17.4
4. Numune Sertlik (HRc)	17.2	16.5	15.9	17.7	19.6	22.8	27.1	16.3	13.4	16.9	17.5
A100 Rayı Sertlik (HRc)	23.1	23.2	23.1	22.9	22.8	23.1	23.0	22.8	23.2	22.9	23.4



Şekil 3.15 Numunelerin Sertlik Değişim Grafiği.

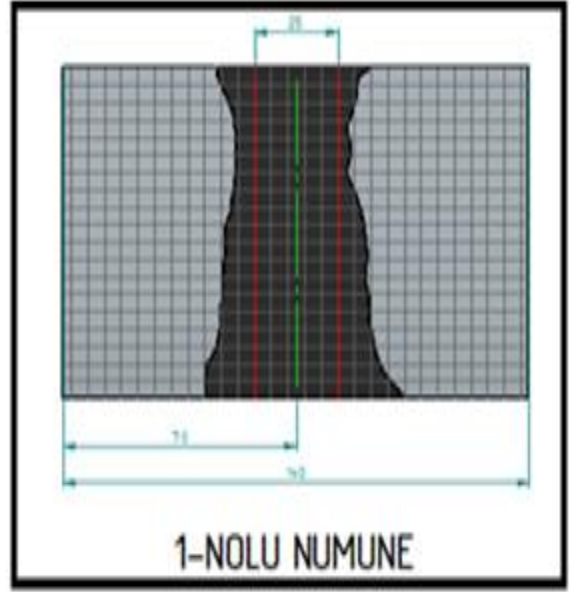
### 3.3.4 Termit Kaynağı Nüfuziyet Deneyi

Kaynak aralık genişliklerine göre termit kaynak nüfuziyet profilleri Şekil 3.17, Şekil 3.18, Şekil 3.19, Şekil 3.20 da, kaynak aralık genişlik değerleri de Çizelge 3.5 de verilmiştir. Modelleme, kesiti alınan bölgelerinin bir kenarı 5mm olacak şekilde karelere ayrılması ile gerçekleştirilmiştir.





(a)

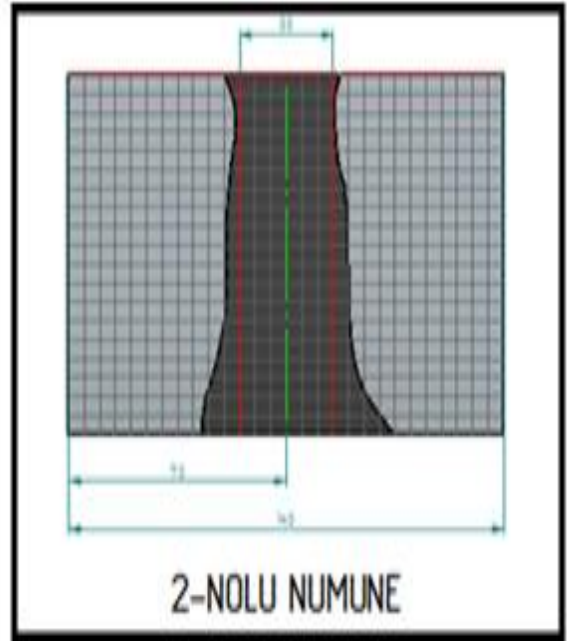


(b)

Şekil 3.16 1 nolu Numunenin Nüfuziyet Profili a) Kesit Görünüşü ve b) Modelleme.



(a)

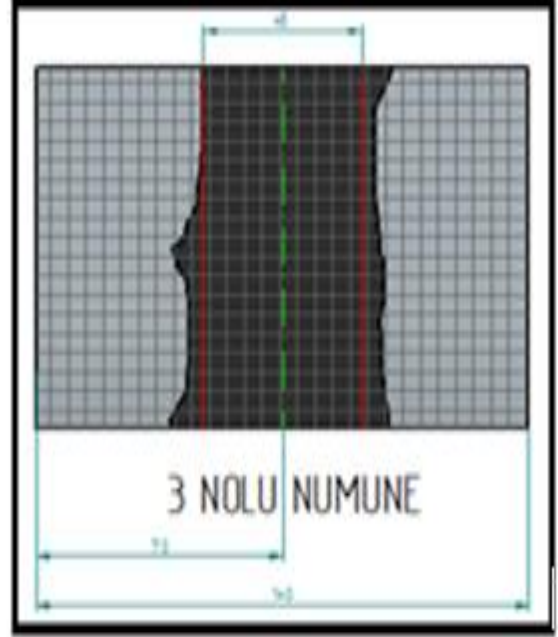


(b)

Şekil 3.17 2 nolu Numunenin Nüfuziyet Profili a) Kesit Görünüşü ve b) Modelleme.



(a)

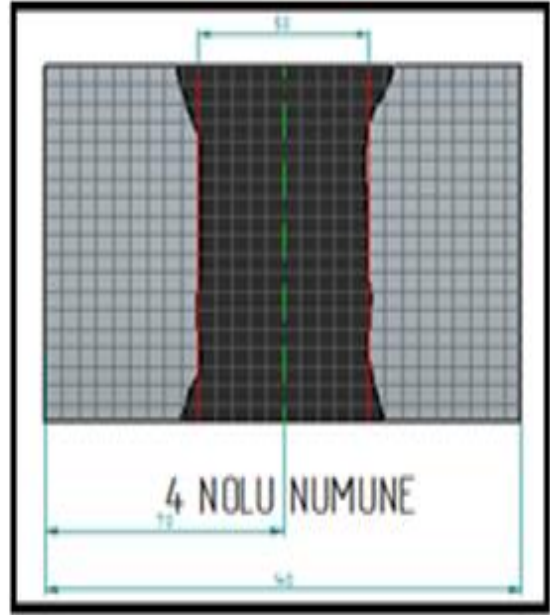


(b)

Şekil 3.18 3 nolu Numunenin Nüfuziyet Profili a) Kesit Görünüşü ve b) Modelleme.



(a)



(b)

Şekil 3.19 4 nolu Numunenin Nüfuziyet Profili a) Kesit Görünüşü ve b) Modelleme.



Çizelge 3.5 Numunelerin Nüfuziyet Değişim Tablosu.

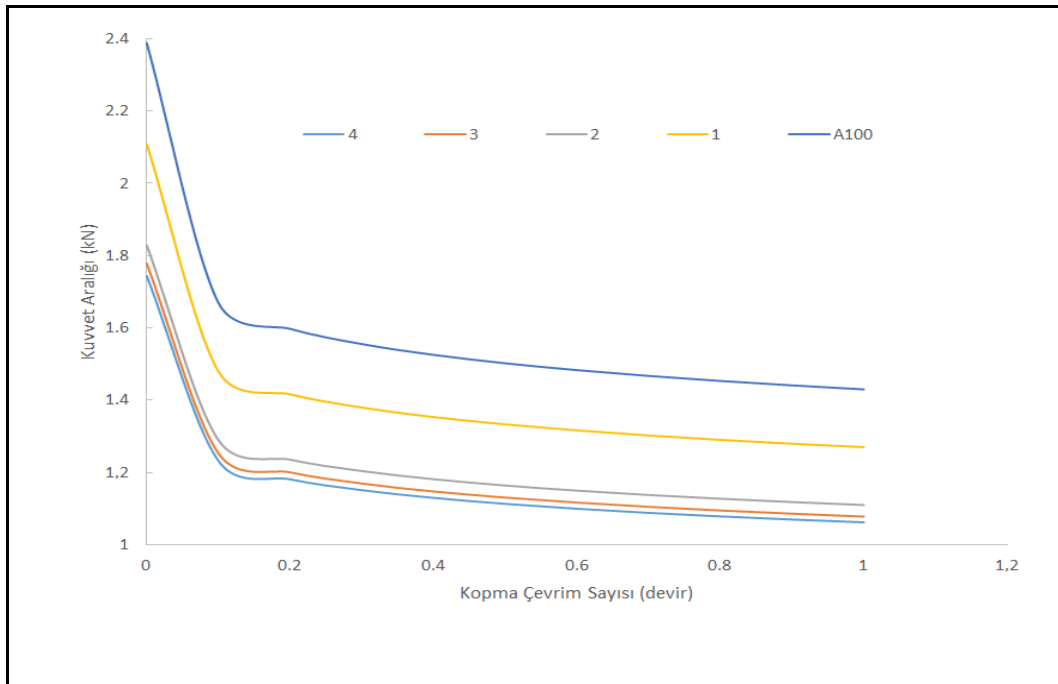
TERMİT KAYNAK ARALIĞININ NÜFUZİYETE ETKİSİ		
Numune No	Termit Kaynak Aralığı ( mm )	Toplam Nüfuziyet Alanı ( mm <sup>2</sup> )
1 Nolu Numune	25	1625
2 Nolu Numune	30	1000
3 Nolu Numune	45	775
4 Nolu Numune	50	235

### 3.3.5 Yorulma Deneyi

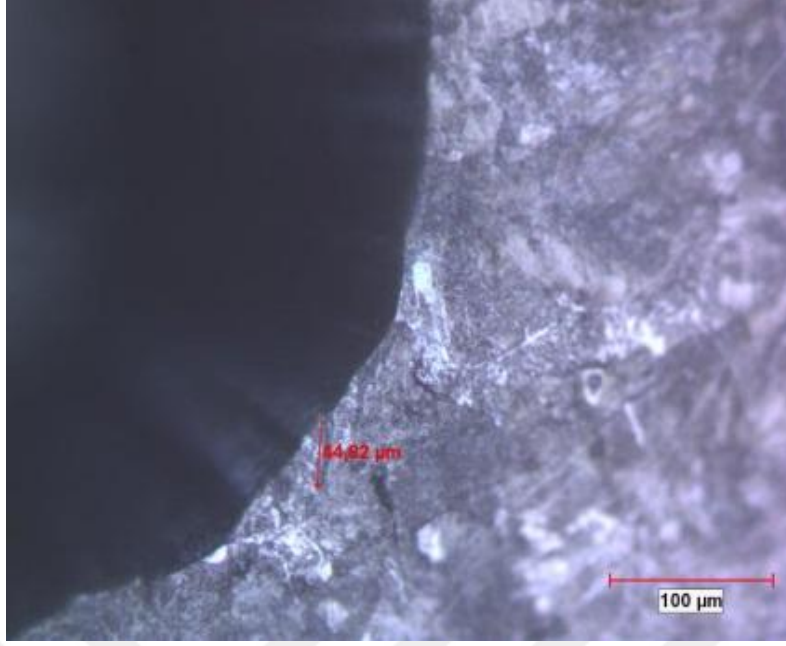
MTS809 yorulma test makinası yardımıyla, ASTM E606 standardı göz önüne alınmıştır. Yorulma çalışmalarından elde edilen veriler Corten-Dolan hasar metodu kullanılarak değerlendirilmiş ve Şekil 3.21’de gösterilmiştir. Eğride belirtilen kuvvet aralığı (P) ve kopma çevrim sayısı (N) ele alındığında;

$$P = -0.104 \ln(N) + 1.43$$

eşitliği elde edilmiştir.



Şekil 3.20 Corten-Dolan Doğrusal Yaklaşımı Kullanılan Kuvvet Aralığı-Çevrim Eğrisi.

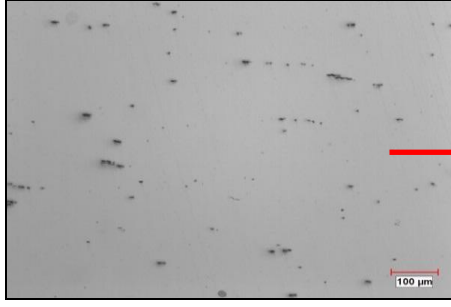


**Şekil 3.21** Yorulma Testinden Sonra Numunenin Optik Mikroskop Görüntüsü x200

Şekil 3.22 de görüldüğü üzere Şekil 3.13 deki gibi hazırlanan yorulma numunelerinin üzerine pramit biçimindeki vickers sertlik ölçme ucu batırıldı. Numunede oluşan en uzun çatlak boyu ölçülerek formülasyonda kullanılarak numunelerin ömürleri hesaplanmıştır.

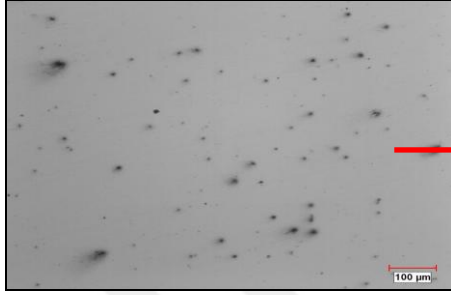
### **3.3.6 İnküzyon Deneyi**

Kaynaksız A100 rayı ve numunelerin termit kaynak bölgesi inküzyon yoğunluğu Şekil 3.23 de verilmiştir.



(a)

**A100 Ray Malzemesi**



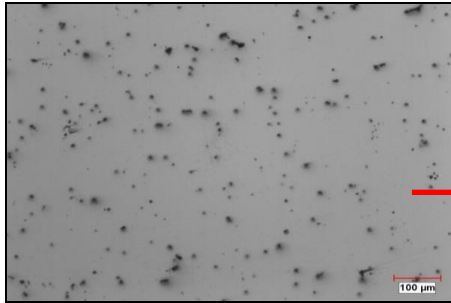
(b)

**1 Nolu Numune**



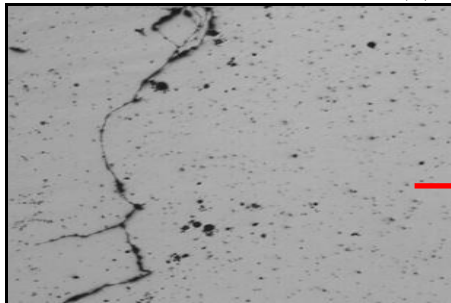
(c)

**2 Nolu Numune**



(d)

**3 Nolu Numune**



(e)

**4 Nolu Numune**

**Şekil 3.22** Numunelerin İnküzyon Durumları a) Kaynaksız A100 Rayı, b) 1 nolu Numune, c) 2 nolu Numune d) 3 nolu Numune e) 4 nolu Numune



## BÖLÜM 4

### SONUÇLAR

Çekme deneyinde, numunelerden mekanik özellikleri açısından kaynaklı A100 rayının değerlerine en yakın, termit kaynak aralığı 25 mm olan numunedir. Termit kaynak ek aralığı arttıkça ray ek yerlerindeki mekanik özellik değerlerinin azaldığı görülmektedir (Çizelge 3.2 ve Şekil 3.14).

Çentik darbe deneyinde, test için kaynaklı numunelerin ITAB (Isı Tesiri Altında Kalan Bölge) ve termit kaynak bölgelerinden alınan parçalardan elde edilen sonuçlara bakıldığında, ray ek yerlerindeki termit kaynak aralığı arttıkça hem termit kaynak bölgesi hem de ITAB bölgesinde ki tokluk değerlerinin düştüğü görülmektedir. Tokluk açısından en olumlu değerler ise termit kaynak ek aralığı 25 mm olan numuneden alınan test parçalarında ölçülmüştür. Bu bilgiler ışığında termit kaynak ek aralığı arttıkça tokluğun düştüğü sonucuna varılmıştır (Çizelge 3.3 ve Şekil 3.15).

Sertlik deneyinde, numuneler üzerinden alınan sertlik değerleri termit kaynak bölgelerinde yükselmiş, kaynağın malzeme ile birleşme noktasında ve malzeme tarafında kısmi olarak düşüş göstermiştir. İstenen, A100 rayında olduğu gibi sertlik değişim eğrisinin lineer bir oluşum göstermesidir. Numuneler içerisinde kaynak ek aralığı 25 mm olan numunenin sertlik dağılım eğrisinin lineer forma en yakın olduğu görülmektedir (Çizelge 3.4 ve Şekil 3.16).

Nüfuziyet deneyinde, numunelerin termit kaynağının nüfuziyet durumu incelenmiş, aynı ölçekte modellemesi yapılmıştır. İnceleme sonucunda en fazla nüfuziyetin kaynak ek aralığı 25 mm olan numunede gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Sonuç olarak yapılan modellemelerde termit kaynak ek aralığı arttıkça nüfuziyetin azaldığı görülmektedir (Çizelge 3.5, Şekil 3.17, Şekil 3.18, Şekil 3.19 ve Şekil 3.20).

Yorulma deneyinde, numunelerin Corten-Dolan hasar metodu uygulanarak ömürleri hesaplanmış ve aynı yük altında termit kaynak genişliği 25 mm olan numunenin ömrünün en fazla olduğu görülmüştür. Termit kaynak aralığı arttıkça yorulma ömrünün azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 3.21).

İnklüzyon deneyinde, numunelerin termit kaynak bölgelerinin inklüzyon yoğunluğu incelenmiştir ve kaynaklı A100 rayı ile karşılaştırılmıştır. İnceleme sonucunda inklüzyon yoğunluğu kaynaklı A100 rayına en yakın kaynak aralığı 25 mm olan numunedir. Sonuç olarak termit kaynak aralığı arttıkça inklüzyon yoğunluğunun da arttığı görülmektedir. (Şekil 3.23 a, b, c, d ve e).



## KAYNAKLAR

**Dearden J** (1968) Thermite Welding in Rails, Continious Welded Rails British Welding Journal 4: 158-169.

**Hauser D** (1978) Welding of Railroad Rails A-Literature and İndustry Survey İn Rail Steels Development, *Astm Special Techical Publication* 644, PA, U.S.A, pp. 118-144.

**Brien O** (1991) American Welding Society, *Welding Handbook Volume-2*,Miami, P.892.

**Steele R.K** (1985) Field Welding of Rails Association American Railroads Report No:618.

**Fidaner S, Çelik S, Doğmuş H, Süzen C ve Duran A.D** (2005) *Genel Dökümcülük Bilgisi*  
Cilt 3: 3-20





## ÖZGEÇMİŞ

18.01.1975 yılında Zonguldak'ta doğdu. İlk, orta ve lise tahsilini sırası ile Çaydamar İlköğretim Okulu, Gazi İlköğretim Ortaokulu ve Mehmet Çelikel Lisesi'nde yaptı. 1998 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Vatani görevini 1999-2000 yılları arasında yedek subay olarak Erzurum'da yaptı. 2002 yılında özel bir şirkette iş hayatına başladı ve 2003 yılından beri Erdemir'de çalışma hayatına devam etmektedir.

### **ADRES BİLGİLERİ:**

Adres : Kepez Mah. Alipaşa Sok. Daire: 113 No: 1 Kdz Ereğli 67330

Tel: (+90) 372 322 22 76

E-posta: [mozdin@erdemir.com.tr](mailto:mozdin@erdemir.com.tr)