

TERMIT KAYNAĞI İLE BİRLEŞTİRİLEN BİR RAYIN KAYNAK BÖLGESİNDEKİ SERTLİK DAĞILIMI VE METALURJİK ÖZELLİKLERİ

Cevdet MERİÇ*, Turgut ENGEZ**

*Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Manisa

**KOSGEB, Konya

ÖZET

Demiryolu taşımacılığında konfor ve emniyete tesir eden faktörler arasında rayların döşenmesi önemli bir yer tutar. Uzun yıllardan beri bilinmekte olan termit kaynağı rayların çökmesini önler, trenin yoldan çıkmasına mani olur ve sarsıntısız bir yolculuk sağlar. Bununla birlikte rayların ve vagonların ömrünü uzatarak çeşitli ekonomik faydalar da temin eder. Bu çalışmada S 49 tipi St 70 çeliğinden imal edilmiş demiryolu rayları termit kaynağı ile birleştirilmiş olup, kaynak bölgesinin sertlik profili, çıkartılmış ve mikro yapısı incelenmiştir. İnceleme sonucunda çıkarılan sertlik profilinde ITAB (Isının Tesiri Altındaki Bölge)'de maksimum sertlik değerleri kaynak bölgesinin hemen önünde de tesbit edilmiştir. Isıdan etkilenen bölgede, erime bölgesinin hemen önündeki sahada sertlik değeri 290 HB 5/750 iken, kaynak bölgesinde 260 HB ve ana yapıda ise 220 HB sertlik değerleri elde edilmiştir. Mikroyapı incelemesinde pro-eutectoid ferrit ile birlikte perlit ana yapı tesbit edilmiş, martensit oluşumuna rastlanılmamıştır.

Anahtar Kelimeler : Termit kaynağı, Sertlik, Mikroyapı

THE METALLURGICAL SPECIFICATIONS AND HARDNESS PROFILE OF A RAIL THERMITE WELD

ABSTRACT

The quality of railroad construction is a important factor for comfort and safety in railroad transportation. Thermite welding being known for a long time prevents rail failure and, off road the train. It provides smoothly journey, and long life to rails and wagons. In this study, S 49 type St 70 steel rails have been welded by thermite process, hardness profile of welding zone rails has been obtained and its microstructure has been examined. In this profile maximum hardness values have been observed in front of welding region. Hardness value was 290 HB in the front of melting zone in the zone under heat effect (HAZ), 260 HB in welding zone and 220 HB in main structure. For microstructure pro-eutectoid ferrite and perlite were observed but not martensite.

Key Words : Thermit weld, Hardness, Microstructure

1. GİRİŞ

Termit kaynağı uzun ray kaynağında geniş bir kullanım olanağı bulan ve yakın bir gelecekte de sıkça kullanılacak olan bir kaynak türüdür. Bu kaynağın kullanılma nedenlerinin başlıcaları, ekipman maliyetinin düşük olması hızlı bir

uygulama olması ve kullanım yerinde doğrudan kaynak işleminin uygulanır olmasıdır (Gibert, 1988). Bu yazıda termit kaynağının özellikleri ve metalürjik yapısı incelenmeye çalışıldı.

Kaliteli bir termit kaynağı yapmak için termit alaşımının sıkı kontrolü ve ateşlemeden sıvı çeliğin

hazneye dolmasına kadar geçen kademelerin kontrollü bir şekilde yapılması gerekir. Bu faktörlere ek olarak iyi bir kaynak elde etmek, uygun ray kesimi, yüzey hazırlanması, rayın doğrultulması, kalıp yerleştirilmesi uygun ön ısıtmayı gerektirir. Bütün bu ön koşullar tavsiye edildiği şekilde yerine getirilmiş olsa bile ve mikro hatalar da olmasa, yine de kaynağın mekanik özellikleri rayın kendi özelliklerinden düşük kalır. Sonon et al. (1978)'e göre standart rayın akma sınırı 480 N/mm^2 , çekme mukavemeti 910 N/mm^2 ve % 11 kopma uzaması, % 14 kopma büzülmesine karşın, termit kaynağın çekme mukavemeti 790 N/m^2 , % 1-3 kopma uzaması ve % 1-3 kopma büzülmesi olduğu rapor edilmiştir.

Rayların termit kaynağı ile ilgili kapsamlı bir çalışma American Railway Assosation (AREA)'da Myers et al. (1982) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmadan ortaya şu sonuçlar çıkmıştır :

1. Kaynak metalinin çekme, süneklik ve darbe enerjisi değerleri düşüktür. Kırılma yüzeyleri gerek çekme gerekse çentik numunelerinde tane içi kırılma türündedir.
2. Bazı kaynaklarda mikroyapı tanelerarası widmanstatden ferrit iken, bazılarında, kaba beyrit şeklindedir. Bu tür yapılar kısmen gevrek kırılmanın nedenidir.
3. Sütun şeklindeki dentritler ısı akış yönünde tüm kaynak yapıyı kapsar. Rayın eksenini boyunca mikrogözenekler ve bir dizi kalıntıya rastlanabilir. Bütün bu oluşumlar düşük çekme, süneklik ve düşük darbe enerjisinin sebebi şeklinde yorumlanabilir.

2. TEORİ

2. 1. Termik Kaynak İşlemi

Aluminotermik kaynak işlemi, (Derlin, 1980) göre füzyon kaynak işlemleri arasında sayılmaktadır. Kaynak edilecek parçalar uçları belirlenen mesafelerde olmak üzere maçadan yapılmış bir kap içerisine alınır. Hem kaynak işlemi için hem de ray malzemesi için uygun bir ön ısıtmaya tabi tutulurlar. Alüminyumun indirgeyici etkisi ile elde edilen sıvı, çelik bir kalıp içerisine aşağıdaki reaksiyonun oluşması sonucu doldurur.

Metaloksit + Alüminyum → Metal + Alüminyumoksit + Isı

Örnek : $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{Al} \rightarrow 2\text{Fe} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ısı}$

Termit karışımı (Metal Oksit + Alüminyum)

Goldschmidt tarafından THERMİT olarak isimlendirilmiştir (Derlin, 1980). Termit özel ateşleyici ile yüksek refrakter özelliğe sahip manyezit pota içerisinde ateşlenir. Bir kaç saniye sonra ekzotermik reaksiyonun sona ermesi ile yaklaşık $2400 \text{ }^\circ\text{C}$ 'ye çıkan ısı ile eşit hacimde sıvı metal ile alüminyum oksit (curuf) ayrışır.

Böyle bir termik reaksiyon sonucu elde edilen demir çok yumuşak olur. Pratik olarak bu metali kaynak yerinde kullanmak doğru olmaz. Bu nedenle termik karışımına alaşım elementleri katılarak termit çeliğin aşınma direnci kaynak edilecek ray ile aynı seviyeye getirilmeye çalışılır. Bu kaynak işlemi Elektro-Thermit Gmbh, Essen firması tarafından geliştirilmiştir (Derlin, 1980; Key, 1984). Bugün genel kullanımda olan termik kaynak işlemi önceden hazırlanmış kalıplarda ve hızlı ön ısıtma uygulamak suretiyle karakterize edilebilir.

Bu sistemin avantajları :

- Düşük ekipman ve malzeme maliyeti,
- Elektrik gücüne ihtiyaç görülmeksizin yerinde, kaynak edilebilme,
- Personel eğitiminin kolay olması,
- Nisbeten sağlam ve karmaşık olmayan ekipman,
- Kaynak malzemelerinin kolayca temini,
- Her kalitede ray çeliğinin kaynak edilebilmesi.

Bu işlem alüminyum redükleyici olarak kullanmak suretiyle ağır metal oksitlerinin indirgenmesi olarak tarif edilmiştir. Reaksiyon kuvvetli bir ekzotermik reaksiyondur ve sonunda çok miktarda ısı açığa çıkar. Alüminyumun oksijene karşı ilgisi büyüktür ve alüminyumun oluşum entalpisi diğer bir çok ağır metal oksitin entalpisinden yüksek olduğu için özellikle redükleyici maytabın ateşlenmesiyle başlatılır.

Alüminyum oksijen ile reaksiyona girer ve alumina (Al_2O_3) oluşturur. Metal oksitten, metal ayrılır. Reaksiyon esnasında ortaya çıkan ısı $2450 \text{ }^\circ\text{C}$ 'ye ulaşır ve bu durumda hem metal hemde Al_2O_3 curufu sıvı halde ve süper ısınmış haldedir. Eğer doğru miktarda ve boyutlarda termik tozu kullanılmış ise sıvı metal reaksiyon haznesinin altında, curuf ise onun üzerinde yer alır (Derlin,1980).

Bu nedenle aluminotermik reaksiyon çok yüksek sıcaklıkta nispeten küçük miktarlarda metal elde etmek için ideal bir işlemdir. Kaynak edilecek ray ile aynı kimyasal özelliklere sahip olması için C,

Mn, bazen Cr, Ni, V katılabilir (Derlin, 1980; Schroeder ve Poirier, 1984).

Aluminotermik işlemde kullanılan ve termik diye adlandırılan karışımın boyut dağılımı reaksiyon sonucunda oluşan çelik içerisinde bir miktar Al olması için çok sıkı bir şekilde kontrol edilmiştir. Eriyik içerisindeki alüminyumun az olması, alaşım elementinin kazanımını düşürür ki bu elementler kendileri demir oksiti redükleyici gibi davranabilirler. Yine eğer alüminyum az ise düşük ergime noktasına sahip curuf teşekkül edilebilir. Bu ise tane sınırlarına girerek östenitik bölgede hot shortness denilen sıcak kırılmalara sebep olabilir.

Tersine olarak alüminyum seviyesi çelikte % 0.7'nin üzerinde olması istenilmez. Bunun nedeni bu miktarın üzerinde olan alüminyum, katılaşmada kendi kristalleşme durumunu değiştiremez. Bu ise geniş tanelerin oluşmasına sebep olur. Böyle bir yapı ise sert ve kırılgandır (Murrey, 1979; Schroeder ve Poirier, 1984).

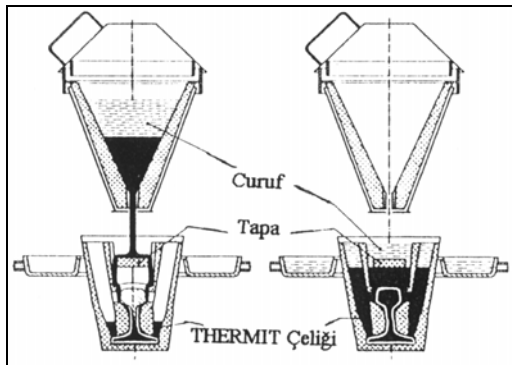
Aluminotermik işlem neticesinde elde edilen çelik karışımını meydana getiren malzemeler titiz bir şekilde hazırlandığı için S, P ve diğer kalıntılar düşük miktarda olur. Termik kaynağı iki ana şekilde yapılabilir.

2. 2. Tam Ön Isıtma Kaynağı

Burada kaynak işlemi öncesi rayın iki ucu 50-1000 °C'ye kadar ön ısıtma yapılır. Ön ısıtma işlemi, oksijen veya propan ile özel dizayn edilmiş ısıtıcı ile rayın kesitine bağlı olarak 4-8 dakika sürer. Reaksiyon ise 22-30 saniyede sona erer. Katılma, kalıp sökümü, kapak kaldırma ise 8-10 dakikada biter.

2. 3. Kısa Ön Isıtma Kaynağı

Boş uçları rayın kesitine bağlı olmaksızın 1.5 dakikada ısıtılır. Burada ray tabanı 650 °C'ye ısıtılmış olur. Yine oksijen veya propan ile ısıtma işlemi yapılır. Reaksiyon 22-30 saniye sürer (Şekil 1).



Şekil 1. Kısa ön ısıtma kaynağı

Termit çelik tane boyutu ASTM 3 olarak kaba taneli perlit olarak katılaşır. Isıdan etkilenen bölgede de kaba taneli yapı görülür. Merkezden 50-60 mm uzakta ise ince taneli yapı görülür (Zarembski, 1987).

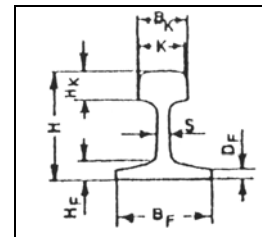
3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada S 49 tipi tren rayı kullanılmıştır. Kullanılan rayın tipi Şekil 2'de, boyutları Tablo 1'de, mekanik özellikleri ve kimyasal kompozisyonu ise Tablo 2'de verilmiştir.

Bu çalışmada kullanılan raylar Devlet Demir Yollarından temin edilmiş, kaynaklar ise Konya Büyükşehir Belediyesi atölyesinde yapılmıştır. Numunelerin hazırlanması, spektral analizi, sertlik ölçümü ve metalografik incelemeleri Konya KOSGEB laboratuvarlarında yapılmıştır.

Kısa ön ısıtmalı kaynak metodu seçilmiştir. Kaynak bölgesindeki conta açıklığı 20 mm alınarak raylar transverslere sabitlenmiştir. Birbirine eşit iki yarım parçadan oluşan hazır ve standart kalıp kullanılmıştır. Kalıplar birleştirilmiş ve araları şamot çamuru ile doldurulmuştur. Kalıp kumunu kurutma ve kaynak uçlarını ısıtma işi propan gazı ile sağlanmıştır. Ray üzerine tesbit edilmiş olan pota arabası kaynak bölgesine yerleştirilmeden önce pota içine çivisi, amyantı ve termit porsiyonu yerleştirilmiştir. Kullanılan termit porsiyonu raylı sistemi yapan firma tarafından hazır olarak torbalar içerisinde gönderilmektedir. Kullanılmadan önce homojenliği sağlamak için iyice karıştırılmıştır.

Kaynak bölgesi istenilen ısıya geldiğinde Pota tam yolluğun ağzına getirilmiş ve ateşleme kibriti termit içine konularak kapağı kapatılmıştır. Başlayan reaksiyon ile ısı yükselmiş ve eriyip ayrılan alaşımın akışını sağlamak için çivi içeriye itilmiş ve döküm sağlanmıştır. Kaynak bölgesinde taşan kısımlar temizlenerek kaynak bölgesi incelemeye hazırlanmıştır. Termit kaynağın maliyeti yüksek olduğundan bu çalışma için iki adet kaynak başarı ile yapılmış ve kaynak bölgeleri incelenmiştir.



Şekil 2. S 49 tipi rayın kesiti

Tablo 1. S 49 Tipi Tren Rayının Kesitinin Boyutları ve Fiziksel Özellikleri

M									A	W_{xk}	W_{xf}	W_{xf}/M
Kg/m	B_f	H	H_k	B_k	K	S	H_f	D_f	cm^2	cm^3	cm^3	$cm^3/kg/m$
49.4	125	149	39.8	70	67	14	27.5	10.5	62.5	240	248	5.05

Tablo 2. S 49 Tipi Tren Rayının Mekanik Özellikleri ve Kimyasal Kompozisyonu

Çekme Muk.	Uzama	C	Si	Mn	P	S	Cr
N/mm ²	%	%	%	%	%	%	%
680-830	≥ 14	0,40-0,60	0,05-0,35	0,80-1,25	≤ 0,055	≤ 0,055	-

4. SPEKTRAL ANALİZ

Spektral analiz spektrolab marka MS model cihaz kullanılarak yapılmıştır. 9 ayrı bölgeden numune alınarak 18 elementin spektral analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 3'de gösterilmiştir.

Spektral analiz sonuçlarından C, Mn, P, S, Co, Nb, V ve W miktarlarında her üç bölgede de değişme

olmadığı görülmüş ve Tablo 3'e alınmamıştır. Söz konusu tablo incelendiğinde Cr, Mo, Al, Cu ve Ti'in kaynak bölgesinde çok büyük miktarlarda artış gösterdiği, Si, Ni, Sn ve Mg'un miktarlarda 2-3 kat gibi oranlarda artış görülmüştür. Matris element olarak Fe'in % miktarı ise % 1.1 oranında azalmıştır. Katkı elementinin artışı Fe'in azalmasına sebep olmuştur.

Tablo 3. Spektral Analiz Sonuçları

Bölge	Si	Cr	Mo	Ni	Al	Cu	Ti	Sn	Mg	Fe
1 AY	0,149	0,0021<	0,0100	0,0206<	0,0200<	0,0534<	0,0100<	0,0300<	0,0100	98,31
1AY	0,150	0,0838<	0,0100	0,0207<	0,0200<	0,0505<	0,0100<	0,0300<	0,0100	98,31
3 AY	0,150	0,0821<	0,0100	0,0212<	0,0200<	0,0530<	0,0100<	0,0300<	0,0100	98,33
4 ITAB	0,153	0,0925<	0,0100	0,0214<	0,0200	0,0593<	0,0100<	0,0300<	0,0100	98,32
5 KB	0,318	0,122	0,0439	0,0748	0,570	0,0993<	0,0390<	0,0900	0,0229	97,17
6 KB	0,313	0,121	0,0415	0,0732	0,564	0,0977<	0,0372<	0,0913	0,0234	97,20
7 ITAB	0,149	0,0886<	0,0100	0,0215<	0,0200	0,0589<	0,0100<	0,0300<	0,0100<	98,35
8 AY	0,152	0,0101<	0,0100	0,0222	0,0250	0,0652	0,0100<	0,0300<	0,0100	98,35
9 AY	0,152	0,0856<	0,0100	0,0213<	0,0200	0,0540<	0,0100<	0,0300<	0,0100	98,34

AY; Ana yapı, ITAB; Isının tesiri altındaki bölge; KB: Kaynak bölgesi

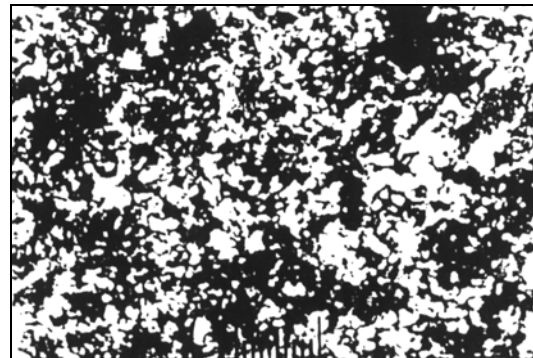
Kaynak bölgesinde farklı sonuçlar elde edilmesinin sebebi termit persiyonudur. Kaynak bölgesinin civarında ana malzemeye yakın mekanik özellikler elde edilmesi amacıyla termit persiyonu içine çeşitli katkı elementleri konur. Bu elementler kaynak bölgesi civarında malzeme kompozisyonunun değişimine sebep olmuşlardır (Derlin, 1980; Schroeder ve Poirier, 1984).

5. METALOGRAFİK İNCELEME

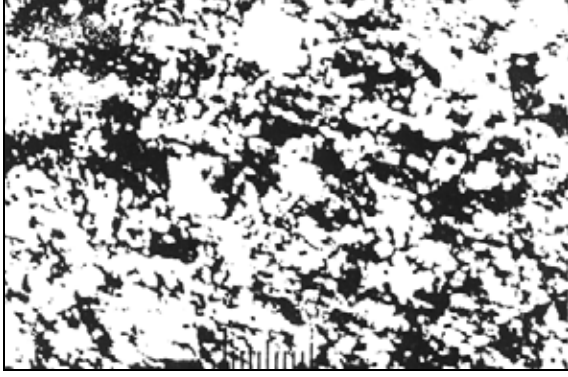
Termit kaynağının metalografik incelemesi için ana yapı, ısının tesiri altında kalan bölge ve kaynak bölgesinden alınan numuneler standart metalografik işlemlerden geçirilmiş % 2 pikrik asit ile dağlanmıştır (Fellows, 1974).

Numuneler Olympus marka pml-3-311-u tipi metal mikroskobu ile x100 defa büyütülerek fotoğrafları alınmıştır. Elde edilen iç yapılar ana yapı Şekil 3, ısının tesiri altında kalan bölge Şekil 4 ve kaynak

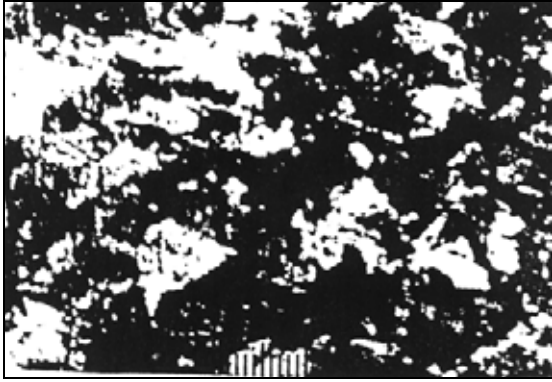
bölgeleri Şekil 5'de açıkça görülmüştür. Bütün bölgelerdeki iç yapı perlitiktir. Martenzitik yapıya rastlanmamıştır. Kaynak bölgesinde pro-eutectoid ferrit görülmüştür. Isının tesiri altındaki bölgenin kaynak metaline yakın olan sert kısımlarda çok az miktarda beyrite rastlanmıştır. Isının tesiri altındaki bölgenin esas metale yakın olan kısımda ise kısmen küreselleşmiş perlit görülmüştür. Ana yapı ise normal perlitik yapıya sahiptir (Schroeder, Poirier, 1984).



Şekil 3. Ana malzemenin metalurjik yapısı



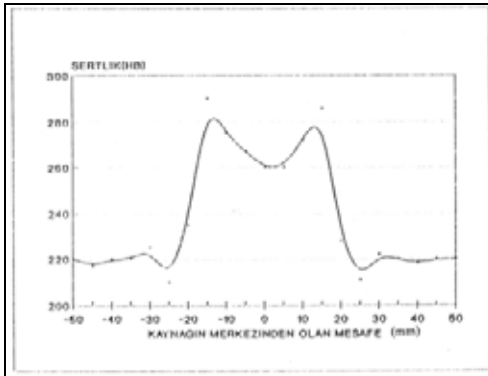
Şekil 4. Isının tesiri altında kalan bölgenin (ITAB) metalurjik yapısı



Şekil 5. Kaynak bölgesinin metalurjik yapısı

6. SERTLİK DAĞILIMI

Sertlik ölçümleri Brıviskop marka BL3 model Universal tip sabit sertlik ölçme cihazında yapılmıştır. Ölçümler TSE 139'a (Anon,) göre yapılmış 5 mm çaplı bilye ve 750 kg.'lık yük uygulanmıştır. Bütün bölgeler taranacak şekilde ana malzemelerden başlanarak 5 mm ara ile sertlikler ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlara ait grafik Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6. S 49 tipi rayın çalışan yüzeyinde sertlik dağılımı

Kaynak bölgesinde sertlik 260 Brinell olarak ölçülmüştür. En yüksek sertlik değeri ısının tesiri altındaki bölgenin kaynak bölgesine yakın olan kısımlarında tesbit edilmiş olup 290 Brinell olarak ölçülmüştür. En düşük sertlik değeri ise yine aynı bölgenin esas metale yakın olan kısımlarında tesbit edilmiş ve 211 Brinell olarak ölçülmüştür. Esas metalin sertliği ise 220 Brinell olarak tesbit edilmiştir. Sertlikteki bu değişim kısa ön ısıtmalı kaynağın ön ısıtma sıcaklık ve süresinin tane boyutunda yaptığı değişiklik ile ilgili olduğu gibi, termit alaşımının içindeki bazı elementlerin esas metal içinde de yayınmasına neden olmaktadır (Derlin, 1980; Schroeder ve Poirier, 1984).

En yüksek sertliğin ölçüldüğü ısının tesiri altındaki bölgede çok az miktarda beynit, en düşük sertliğin ölçüldüğü bölgede ise kısmen küreselleşmiş perlit olduğu gözlenmiştir (Schroeder ve Poirier, 1984).

7. SONUÇLAR

Kısa ön ısıtmalı termit kaynağı ile birleştirilmiş olan S 49 tipi demiryolu rayının kaynak bölgesi incelendiğinde;

1. Ana malzemeye göre kaynak bölgesindeki Al, Cu ve Ti miktarlarının çok yüksek, Si, Ni, Sn ve Mg miktarının ise iki üç kat fazla olduğu tesbit edilmiştir.
2. Metalografik incelemede yapının tamamının perlitik olduğu görülmüştür. Mertenzite rastlanılmamıştır. Kaynak bölgesinde pro-eutectoid yapı tesbit edilmiştir. Isının tesiri altındaki bölgenin kaynak bölgesine yakın olan kısımlarda çok az miktarda beynit, ana malzemeye yakın kısımlarda ise kısmen küreselleşmiş perlitik yapı gözlenmiştir.
3. Sertlik profili incelendiğinde kaynak bölgesinde 260 HB, 5/750 olan sertliğin ITAB'de kaynak bölgesine yakın yerlerde 290 HB'ye çıktığı ana yapıya yakın yerlerde ise 211 HB'ye düştüğü, ana yapının sertliğinin ise 220 HB olduğu tesbit edilmiştir.

8. KAYNAKLAR

Anonymous, Metalik Malzemelerin Birinci Sertlik Muayenesi, TSE. Ankara.

Derlin K. U. A. 1980. Oberbau-Schweissen, Eissenbahn-Fachverlag Heidelberg Mainz, Band 8/14, DB Fachbuch, Bundesbahn-Sozialamt.

Fellows, J. A. (ed) 1974. Metals Handbook 9, American Society of Metals, Park, OH, Sth edn.
Gibert F. 1988. Thermit Welding of Rails Recipe for Modern Track. Rail International, 8-11.

Key, A. J. 1984. The Thermit Process for Railwelding. Metal Construction July, 419-422.

Murray, G. B. 1979. Differing Welding Techniques aid Laying of S A Railway line. Welding and Metal Fabrication, 27-6378.

Myers, J., Geiger G. H., Poirier D. R. 1982. Structure and Properties of Thermit Rail Weld, J,

Weld. Res. Suppl, 61, 260 S-268 s.

Schroeder, L. C. Poirier D. R. 1984. The Mechanical Properties of Thermit Welds in Premium Alloy Rails. Met. Sci. and Eng. 63, 1-21.

Sonon, D. E., Rellegrino J. V., Wandrisco J. M. 1978. A Metallurgical Examination of Control-Cooled, Carbon Steel Rails With Fervice Developed Defects. In stone D. H. and Knupp G. G. (eds), Rail steels - Developments, Processing, and use, ASTM spec. Tech. Publ. 644, PP 99-117.

Zarembski, A. M. 1987. Field Welding Rail Railway Track and Structures v 83, (6), 128.