DEMİRYOLU MAKASLARININ ÜRETİMİNDE RAYLARA UYGULANAN 500 °C ÖN ISITMA VE PRES İŞLEMİNİN RAYIN MEKANİK VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Umut Emre BİNGÖL

2022
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Makina Mühendisliği

Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Emin AKAY

DEMİRYOLU MAKASLARININ ÜRETİMİNDE RAYLARA UYGULANAN 500 °C ÖN ISITMAVE PRES İŞLEMİNİN RAYIN MEKANİK VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Umut Emre BİNGÖL

T.C.
Karabük Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır

Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Emin AKAY

KARABÜK
Ekim 2022

Umut Emre BİNGÖL tarafından hazırlanan "DEMİRYOLU MAKASLARININ ÜRETİMİNDE RAYLARA UYGULANAN 500 °C ÖN ISITMA VE PRES İŞLEMİNİN RAYIN MEKANİK VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ" başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Emin AKAY .....
Tez Danışmanı, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 20/10/2022

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)	İmzası
Başkan : Doç. Dr.Gökhan SUR (KBÜ)	.....
Üye : Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Emin AKAY (KBÜ)	.....
Üye : Doç. Dr. Bilal KURŞUNCU (BÜ)	.....

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Hasan SOLMAZ .....
Lisansüstü Eğitim 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."

Umut Emre BİNGÖL

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DEMİRYOLU MAKASI ÜRETİMİNDE RAYLARA UYGULANAN 500 °C ÖN ISITMA VE PRES İŞLEMİNİN RAYIN MEKANİK VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Umut Emre BİNGÖL

Karabük Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Emin AKAY
Ekim 2022, 49 sayfa

Bu çalışmada, demiryolu makaslarının üretiminde raylara uygulanan 500 °C ön ısıtma ve presleme işleminin malzemelerin mekanik ve kimyasal özelliklerine etkisi incelenmiştir.

R260 kalitedeki 60E1 demiryolu rayı kullanılan bu çalışmada aynı şarj numarasına sahip monoblok bir raydan alınan 3 eşit uzunluktaki ray parçası kullanılmıştır. Bu ray parçalarının iki tanesine 500 °C ön ısıtmalı presleme işlemi uygulanmıştır. Diğer ray parçasına ise ön ısıtma ve presleme işlemi uygulanmamıştır. Ray parçalarından alınan test numunelerine çekme testi, % uzama testi, sertlik testi ve kimyasal kompozisyon testi uygulanmıştır. Elde edilen test sonuçları birbiri içerisinde, malzeme sınır değerleri dikkate alınarak incelenmiştir.

500 °C ön ısıtmalı presleme işlemi uygulanan raylardan alınan numunelerden elde edilen test sonuçları incelendiğinde, malzeme sınır değerlerinin dışında herhangi bir değer ile karşılaşılmamıştır.

Anahtar Sözcükler : Demiryolu, demiryolu makasları, ray, ön ısıtma, presleme, mekanik ve kimyasal özellikler

Bilim Kodu : 91421

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

THE EFFECT OF 500 °C PREHEATING AND BENDING PROCESSES APPLIED TO THE RAILS ON THE MECHANICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF THE RAIL IN THE PRODUCTION OF RAILWAY TURNOUTS

Umut Emre BİNGÖL

Karabük University
Institute of Graduate Programs
Department of Mechanical Engineering

Thesis Advisor:
Assist. Prof. Dr. Mehmet Emin AKAY
October 2022, 49 pages

In this study, the change in the mechanical and chemical properties of the metarials after the 500 °C preheated bending process applied to the rails in the production of railway turnouts was investigated.

In this study that R260 quality 60E1 rail profile was used, three equal lenghts of rail were used, taken from a monoblock rail with the same charge number. 500 °C preheated and bending process was applied to two of the rail part. The other rail part was not preheated and bending process. Tensile test, % elongation test, hardness test and chemical composition test were applied to the test samples taken from the rail

parts. The test results obtained were examined within each other, considering the material limit values.

When the test results obtained from the samples taken from the rails with 500°C preheated pressing process were examined, no values outside the material limit values were encountered.

Key Word : Railway. Turnouts, Rail, Preheating, Bending, Mechanical and Chemical Composition properties

Science Code : 91421

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının planlanmasında ve oluşumunda, ilgi ve desteğini esirgemeyen, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren, engin bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan hocam Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Emin AKAY'a ve jüri üyeleri olarak tez çalışmama sağladıkları katkılardan dolayı Doç. Dr. Gökhan SUR ve Doç. Dr. Bilal KURŞUNCU hocalarıma sonsuz saygı ile teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamla ilgili ihtiyaç duyduğum malzemeleri ve laboratuvarını benimle paylaşan MZA Demiryolu Malzemeleri şirketine, demiryolu sektöründeki engin bilgive tecrübelerini benimle paylaşan, bana aktarmaya çalışan Sayın Yıldıray SEZEN'e teşekkür ederim.Tez çalışmama sağladıkları katkılardan dolayı Öğr. Gör. Anıl RIDVANOĞULLARI ve Sayın Emin KARAÇELEBİ' ye teşekkür ederim.

Bugüne kadar attığım tüm adımlarda bana sonsuz güvenen ve destekleyen, her zaman yanımda olduklarını bildiğim aile üyelerime, her ihtiyaç duyduğumda yardımlarını benden esirgemeyen, bu süreçteki en büyük destekçim olan, hayat arkadaşım Esra BİNGÖL'e sonsuz sevgi ve teşekkürlerimle.

Bu tezi, demiryolu mühendisliğine ithaf ediyorum.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL ii
ÖZET iv
ABSTRACT vi
TEŞEKKÜR viii
İÇİNDEKİLER ix
ŞEKİLLER DİZİNİ xi
ÇİZELGELER DİZİNİ xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ xiv

BÖLÜM 1 1
GİRİŞ 1

BÖLÜM 2 2
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI 2

BÖLÜM 3 5
RAYLI SİSTEMİN YAPISI 5
3.1. RAYLI SİSTEMLER ALTYAPISI 5
3.2. RAYLI SİSTEMLER ÜSTYAPISI 6
3.2.1. Balast 8
3.2.2. Traversler 11
3.2.2.1. Ahşap Traversler 11
3.2.2.2. Demir Traversler 12
3.2.2.3. Beton Traversler 12
3.2.2.4. Kompozit Traversler 13
3.2.3. Seletler 15
3.2.4. Ray Bağlantı Elemanları 17
3.2.5. Rayların Birleştirilmesi ve Kaynağı 18

Sayfa

BÖLÜM 4 20
RAYLAR VE RAYDAN OLUŞAN GEÇİŞ SİSTEMLERİ 20
4.1. RAYLAR 20
4.1.1. Rayların Üretimi 20
4.1.2. Rayların Yapısı 21
4.1.3. Rayların Mekanik ve Kimyasal Özellikleri 25
4.1.4. Ray Kusurları 25
4.2. RAYDAN OLUŞAN GEÇİŞ SİSTEMLERİ 27
4.2.1. Ray kesişimleri (Kruvazmanlar) 27
4.2.2. Demiryolu Makasları 28

BÖLÜM 5 32
MATERYAL YÖNTEM 32
5.1. RAYLARA UYGULANAN ÖN ISITMA VE PRESLEME İŞLEMLERI 33
5.2. RAYLARA UYGULANAN TESTLER 36
5.2.1 Kimyasal Kompozisyon Testi 36
5.2.2 Sertlik Testi 38
5.2.3. Çekme Testi ve % Uzama Testi 38

BÖLÜM 6 40
DENEYSEL BULGULAR VE SONUÇLAR 40
6.1. KİMYASAL KOMPOZİSYON TESTİ 40
6.2. SERTLİK TESTİ 41
6.3. ÇEKME MUKAVEMETİ VE % UZAMA TESTİ 42

BÖLÜM 7 44
SONUÇLAR VE ÖNERİLER 44
7.1. SONUÇLAR 44
7.2. ÖNERİLER 45
KAYNAKLAR 46
ÖZGEÇMİŞ 49

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1. Demiryolu altyapısında formasyon tabakası [3]. 6
Şekil 3.2. Demiryolu üst yapı elemanları [4]. 6
Şekil 3.3. Demiryolu hattının elemanları [4]. 7
Şekil 3.4. Demiryolu hattında yük dağılımı [3]. 7
Şekil 3.5. Balastlı demiryolu hattı [4]. 9
Şekil 3.6. Balastlı demiryolu hattı [4]. 9
Şekil 3.7. Betonarme demiryolu hattı [4]. 10
Şekil 3.8. Raylı taşıt dingilinin sinüs hareketi [3]. 10
Şekil 3.9. Ray bağlantı elemanları 11
Şekil 3.10. B70 travers boyutları ve toleransları [6]. 13
Şekil 3.11. Cam elyafla güçlendirilmiş poliüretan kompozit traversler [7]. 15
Şekil 3.12. Çelik selet (solda) ve plastik selet (sağda) örnekleri 16
Şekil 3.13. Raylı sistem üstyapısında ray bağlantısını sağlayan elemanlar [6]. 16
Şekil 3.14. Klasik bağlantı türleri [2]. 17
Şekil 3.15. Vidalamalı elastik bağlantı türleri [2]. 17
Şekil 3.16. Sürgülü Pandrol tipi elastik bağlantı türleri [2]. 18
Şekil 3.17. Cebire ile birleştirilmiş raylar[8]. 18
Şekil 3.18. Uzun kaynaklı ray bölgesi [8]. 19
Şekil 4.1. Patenli ray (solda) ve oluklu ray (sağda) 20
Şekil 4.2. Tek Mantarlı Vignole tipi 60E1 rayın kısımları 21
Şekil 4.3. Tekerleğin yuvarlanma yüzeyleri 22
Şekil 4.4. Tekerlek –Ray Etkileşimi 23
Şekil 4.5. Ağır kabuklanma [18] 26
Şekil 4.6. Ray yüzeyinde çökme [18]. 26
Şekil 4.7. Demiryolu Kruvazmanı [20] 28
Şekil 4.8. Buden basmalı Ri59N raylı hardoxtan imal edilmiş kruvazman geçişi 28
Şekil 4.9. Makas sisteminin kısımları [21] 29
Şekil 4.10. Derayman tertibatlı makas [4] 30
Şekil 4.11. Derayman Pabucu 30

Sayfa

Şekil 4.12. Demiryolu makası tavşan ayakları 31
Şekil 5.1. Uygulanan ön ısıtma ve pres işlemi 33
Şekil 5.2. Pres sonrası ölçü kontrolü 34
Şekil 5.3. Numunelerin adlandırılması 34
Şekil 5.4. Numune Kesitleri 35
Şekil 5.5. Numune Kesitlerinin Parçalara ayrılmış hali 35
Şekil 5.6. Rayın mantarından alınan çekme numuneleri 36
Şekil 5.7. Struers LaboPol-5 zımparalama ve parlatma cihazı 36
Şekil 5.8. Optik Emisyon Spektrometresi 37
Şekil 5.9. Emcotest Durajet sertlik ölçüm cihazı 38
Şekil 5.10. Zwick Roell Z600E Test Cihazı 39
Şekil 6.1. Spektrometre analizi sonrası numuneler 40
Şekil 6.2. Numuneler üzerindeki yük izleri 41
Şekil 6.3. Numune 2 ve numune 3 çekme deneyi grafikleri 43

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1. Beton travers tiplerine göre traverslerin ölçüleri ve ağırlıkları [6]. 13
Çizelge 3.2. Farklı travers malzemelerinin performans özellikleri [7]. 15
Çizelge 4.1. Ray kalitesine göre kimyasal kompozisyon değerleri [1] 22
Çizelge 5.1. Numunelerin adlandırılması 32
Çizelge 6.1. Numunelerin kimyasal kompozisyon değerleri 41
Çizelge 6.2. Numunelerin Brinell(HBN) sertlik değerleri 41
Çizelge 6.3. Numunelerin Çekme ve % uzama değerleri 42

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

C : karbon
Cr : krom
Ni : nikel
Mn : mangan
Al : alüminyum
Si : silisyum
Cu : bakır
S : kükürt
P : fosfor
FeO : demir oksit
°C : santigrat derece
% : yüzde
μm : mikrometre
N : newton
mm : milimetre
kN : kilonewton
MPa : megapascal
dev : devir
dak : dakika
kg : kilogram

KISALTMALAR

CNC : Computer Numeric Control (Sayısal Kontrollü Bilgisayar)

LOM : Light Optical Microscope (Işık Optik Mikroskobu)

SEM : Scanning Electron Microscope (Taramalı Elektron Mikroskobu)

EBSD : Elektron Backscatter Diffraction (Elektron Geri Saçılım Kırınımı)

EN : European Norm (Avrupa Normu)

HT : Head Treatment (Isıl İşlem)

HBN : Brinell Sertliği

TCDD : Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryoları

YHT : Yüksek Hızlı Tren

ISO : International Organization For Standardization (Uluslararası Standart Teşkilatı)

UKR : Uzun Kaynaklı Ray

UIC : International Union Of Railway (Uluslararası Demiryolları Birliği)

DIN : Deutch Industrie Normen (Alman Endüstri Normları)

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Demiryollarının önemli bileşenlerinden demiryolu makasları raylı sistemler üzerinde hareket eden araçların bir yoldan diğer bir yola geçmesinin sağlayan yol değiştirme mekanizmalarıdır. Bu mekanizmalar ana olarak demiryolu rayları, taşıyıcı traverslerden oluşur. Tirfon, selet, gergi kıskacı, blonlar, somun gibi malzemeler ise bu mekanizmaları temel bağlantı elemanlarıdır. Ayrıca bu mekanizmalarda emniyetli yön değişimi için kilitleme sistemleri kullanılır. Demiryolu makaslarının üretiminde kullanım alanı ve tipi, kullanım hızı, eğim, makas açısı, dingil yükü ve kurp yarıçapı önemli girdilerdir [1]. Bu girdilerin bir araya gelmesi ile tasarlanan makaslar ray üretim akış şeması ile üretime alınır. Üretime alınan raylar ilk olarak proje boylarına göre kesilir. İkici adım olarak takoz, dayama sacı ve cebire bileşenleri için ray boyunlarına delik delinir. Sonraki adımlar sırasıyla rayların emniyetli geçiş için yapışma yüzeylerinin CNC tezgahlarda işlenmesi ve kurp yarıçapına göre preslenmesidir. Bu işlemler ile iş akış şemasını tamamlayan raylar, diğer bağlantı elemanları ve traversler ile montajlanarak demiryolu makas üretimi tamamlanır.

Kurp yarıçapına göre presleme işleminin şiddeti, yarıçap büyüklüğüne ve ray boyuna göre değişiklik gösterir ve presleme işleminin ön ısıtmalı yada ön ısıtmasız olacağını belirler. Bu çalışmada ön ısıtmalı pres işleminin rayın mekanik ve kimyasal özelliklerine etkisi incelenecektir.

Deneysel çalışmalar R260 kalitedeki 60E1 ray üzerinde gerçekleştirilmiştir. EN 13674-1 standartında tanımlanan R260 kaliteki raya ait mekanik ve kimyasal özelliklerdeki değişimler incelenmiş ve yorumlanmıştır.

BÖLÜM 2

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bąkowski and Piwnik (2016), çalışmalarında raylarda kullanılan UIC 860 standardını karşılayan ve aynı kimyasal bileşimdeki Perlitik çeliklerin ısıl işlemli ve ısıl işlemsiz durumlarda mekanik özelliklerini test etmişlerdir. Isıl işlem sayesinde perlitin morfolojisinde farklılıklar görüldüğü, özellikle de perlitik çeliklerin mekanik özellikleri üzerinde etkili olan sertlik değeri ile, lamellar arasındaki mesafenin değiştiğini gözlemişlerdir. Lameller arasındaki mesafe ısıl işlemsiz çelikte 0,4 μm iken, ısıl işlem sonucunda bu değerin 0,1 μm değerine değiştiğini saptamışlardır.

Dhar (2019), "Microstructure and Fatigue Properties of Railway Steels for Switches and Crossings" başlıklı doktora tezinde, demiryolu makasları ve kruvazmanların imalatında kullanılan manganlı çeliklerin mikroyapılarını ve yorulma davranışlarını araştırmıştır. Çalışmada demiryolu makas bölgesinden hizmet dışına çıkarılan parçalar; optik mikroskopi, elektron mikroskobu ve mikro sertlik profilleri dahil olmak üzere kapsamlı metalografik incelemelerle test edilmiş, yorulma çatlağı ağlarının üç boyutlu haritalanması için X-ışını tomografisi kullanılmıştır. Testler sonucunda Mangan göbekli ray çeliklerinin çatlak morfolojisinin, perlitik ray çeliklere oldukça benzer olduğunu gözlemiştir. Aşınmış makas göbeklerindeki çatlak yayılmasının ağırlıklı olarak taneler arasında olduğunun ortaya çıktığı, göbek rayı yüzeyinden 15 mm derinliklerde de büyük kalıntı gerilmeler bulunduğunu tespit etmiştir.

Aksu, (2020), Ostrava Teknik Üniversitesi - Malzeme Mühendisliği Bölümünde "Investigations of crack origin in the parts of railway turnouts" adıyla diploma tezi yazmıştır. Çalışma teorik ve uygulamalı çalışma olarak iki bölümden oluşmaktadır

ve gerek teorik, gerekse uygulamalı kısımların "makas yapımında kullanılan raylardaki kalıntı hidrojen" etkisinin çatlak oluşumuna etkisi üzerine yoğunlaşılmıştır. Sonuçta, alevle kesilmiş ray yüzeylerinde görülen çatlakların, bünyesinde mevcut Hidrojen tarafından kesmeden birkaç hafta sonra oluştuğu ortaya çıkarılmıştır.

M G Shtayger et al, (2019), "Investigation of macro and microstructures of compounds of high-strength rails implemented by contact butt welding using burning-off", isimli çalışma yapmışlardır. Yakma alın kaynağı ile elde edilen ray birleştirmelerde, hem statik eğilme testleri uygulanmış, hem de bu kısımların işletme şartları sonrasında yüzeyleri kırılarak incelenmiştir. Kırılma yüzeyinin mikro yapısının ve kimyasal heterojenliğinin analizi, bir taramalı elektron mikroskobu JEOL JIB-Z4500 yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda, ana yapısal kusurların, kaynaklı bağlantılardaki varlığı kabul edilemeyen zayıf penetrasyonu ifade eden demir-mangan silikatlarının inklüzyonları bulunduğunu göstermiştir. Bu durum kaynaklı bağlantıların mekanik testlerinde kabul edilemez bir durumdur.

Hajizad et. al. (2019), "Influence of Microstructure on Mechanical Properties of Bainitic Steels in Railway Applications", çalışmalarında beynitik demiryolu raylarının mikroyapılarının mekanik özelliklere etkisini incelemişlerdir. Çalışmada beynitik çeliklerin mekanik dayanımını belirlemek için, çekme testi ve sertlik ölçümleri yapılmış, mikro yapının mekanik davranış üzerindeki etkisini karakterize etmek için ışık optik mikroskopi (LOM), taramalı elektron mikroskobu gibi çeşitli mikroskopi teknikleri (SEM) ve elektron geri saçılım kırınımı (EBSD) kullanılmıştır. Uygulanan izotermal beynitik ısıl işlemin beynitik kalitelerin mikroyapısı ve mekanik özellikleri üzerindeki etkisi araştırılması amacıyla B360, B1400 plus, Cr-Bainitik ve R350HT rayı ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, bünyesinde karbürsüz beynitik çeliğin (B360), beynitik ferrit ve östenit çeliklerden daha iyi mekanik dayanım gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Kuchuk-Yatsenko et. al (2005), "Flash-Butt Welding of Railway Frogs with Rail Ends Using an Intermediate Insert" isimli çalışmalarında "Bir ara ek parçası kullanarak makas göbeğinin alın kaynağıyla üretiminin doku analizini

incelemişlerdir. Kaynaklı makas göbeği üretiminde, niyobyum veya titanyum alaşımlı östenitik parça, makas göbeği için kaynaklı olarak kullanılmıştır. Parçanın kimyasal bileşimi, % 0.6 C, % 17,5 Cr ve % 9,5 Ni şeklindedir. İlk önce, ray östenitik ek parçaya kaynaklanır, daha sonra ek yeri hava soğutmalı olarak 350 - 100 °C sıcaklıkta 2-5 saat süreyle difüzyon tavına tabi tutulur. Isıl işlemden sonra, ek, bir sonraki hava soğutması ile bir döküm manganez çekirdek ile kaynaklanmaktadır. Yapılan inceleme sonucunda, ısıl işlem olmadan kaynaklı makas göbekleri üretilebileceği ve metalografik incelemeleri ile mangan çeliği ve östenitik ek parçanın kaynaklı eklemenin tehlikeli yapılar olmadığı ve östenitik ek parçanın ray çeliği ile sağlıklı birleştiğini tespit etmişlerdir.

Tunçay ve Yıldız, (2018), M., "R260 Ray Çeliğinin Haddeleme Operasyonunun Mikroyapi Ve Mekanik Özelliklere Etkisi", adlı bildirilerinde, R260 kalite ray çeliğinin haddelenerek, imalatının ray çeliğinin mikro yapı ve mekanik özellikler üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmalarında mikro yapı incelemelerini; optik mikroskop ve tarama elektron mikroskobu görüntüleri ile, mekanik özellikleri de; sertlik testi ve çekme testi sonuçlarına göre değerlendirmişlerdir. Optik ve tarama elektron mikroskobu görüntülerinde, haddeleme operasyonu sırasında, ferrit tane boyutunun azaldığını, tandem ve finish haddeleme operasyonunu takiben, perliti oluşturan sementit fazlarının düzenlendiğini tespit etmişlerdir. Sementit faz arası mesafe azalırken, buna bağlı R260 ray çeliğinin çekme özelliklerinin iyileştiği belirlemişlerdir. Tane boyutunun azalmasının etkisiyle, makro sertlik, maksimum çekme, akma dayanımı ve yüzde uzama değeri arttığını gözlemlemişlerdir. Kırık yüzey incelemelerinde, küresel yapılı FeO bileşiği yoğun ve homojen olarak dağıldığı görüntülemişlerdir.

BÖLÜM 3

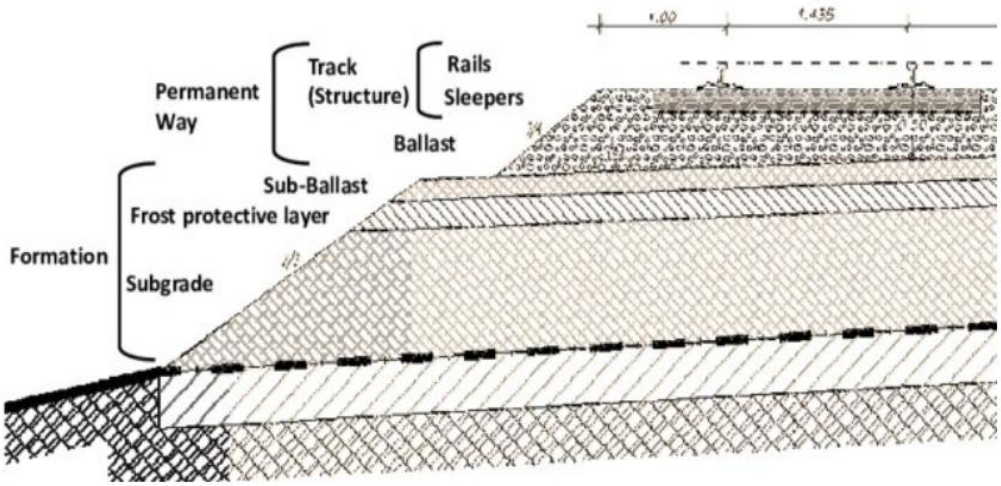
RAYLI SİSTEMİN YAPISI

Lokomotif, vagon gibi yük ve insan taşıyan, mekanik güç ile hareket ettirilen taşıtların çelik yollar üzerinde bir yerden bir yere taşınmasını sağlayan tesislerin tümüne demiryolu denir [1]. Diğer bir adı "Raylı sistem" olan bu taşıma teknolojisi; altyapı ve üstyapı bileşenlerinden oluşmaktadır. Altyapı bileşenleri; köprü, menfez, viyadük, tünel, istinad duvarları, yarmalar, zemin tabakası, vb. sanat yapılarından oluşmaktadır. Raylı sistemler üstyapısı denilice, altyapı üzerine inşa edilen sistemler ve elemanlar anlaşılır. Bu sistemler: raylı sistem hattı, elektrik tesisleri, sinyalizasyon sistemi ve haberleşme tesisleriyle ifade edilirler. Üstyapı tesislerine gar ve istasyon binaları, lokomotif ve vagon depoları, döner köprü, kantar ve bakım-onarım atelyeleri de girmektedir [2].

3.1. RAYLI SİSTEMLER ALTYAPISI

Raylı sistemler altyapısı hattın yüklerini, iklimsel ve atmosferik etkilere karşı dayanaklı olmak amacıyla tasarımlanır ve inşa edilir.

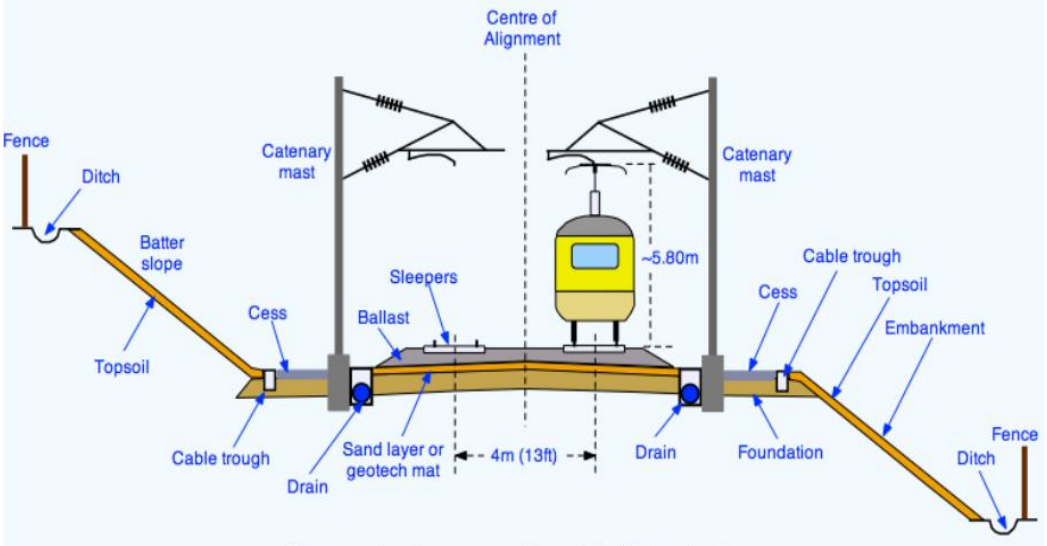
Hattın en alt kısmında formasyon tabakası denilen bir katman yapılır. Bu katman demiryolunun sağlam bir zemine oturması için gerekli olup, sıkıştırılmış toprak, kum ve taş ile oluşturulmuştur. Demiryolu hattı ve üstyapısı formasyon tabakası üzerine inşa edilir. Şekil 3.1'de altyapının elemanı formasyon tabakası gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Demiryolu altyapısında formasyon tabakası [3].

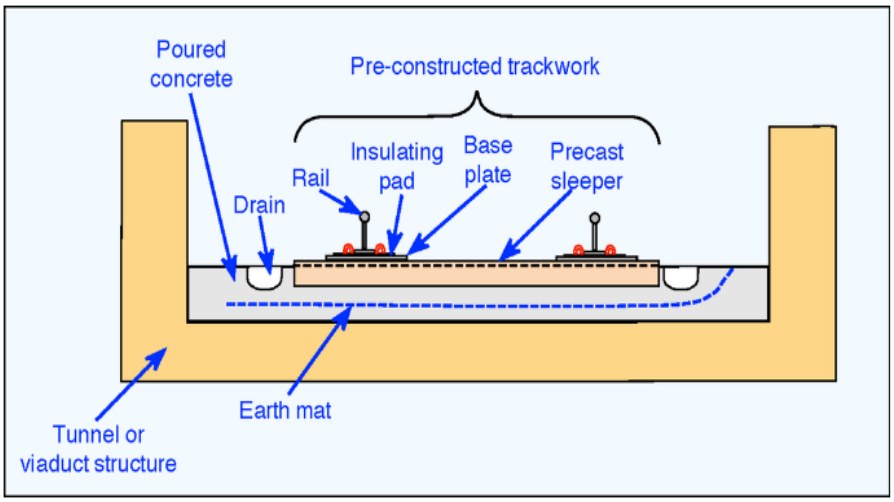
3.2. RAYLI SİSTEMLER ÜSTYAPISI

Üstyapı sistemi; raylı sistem hattı, elektrik tesisleri, sinyalizasyon sistemi, haberleşme tesisleri ve sabit tesisler olarak beş ana elemandan oluşmaktadır. Demiryolu iki hatlı bir elektrikli demiryolunda üstyapısında, hattı oluşturan elemanlar Şekil 3.2'de topluca gösterilmiştir.



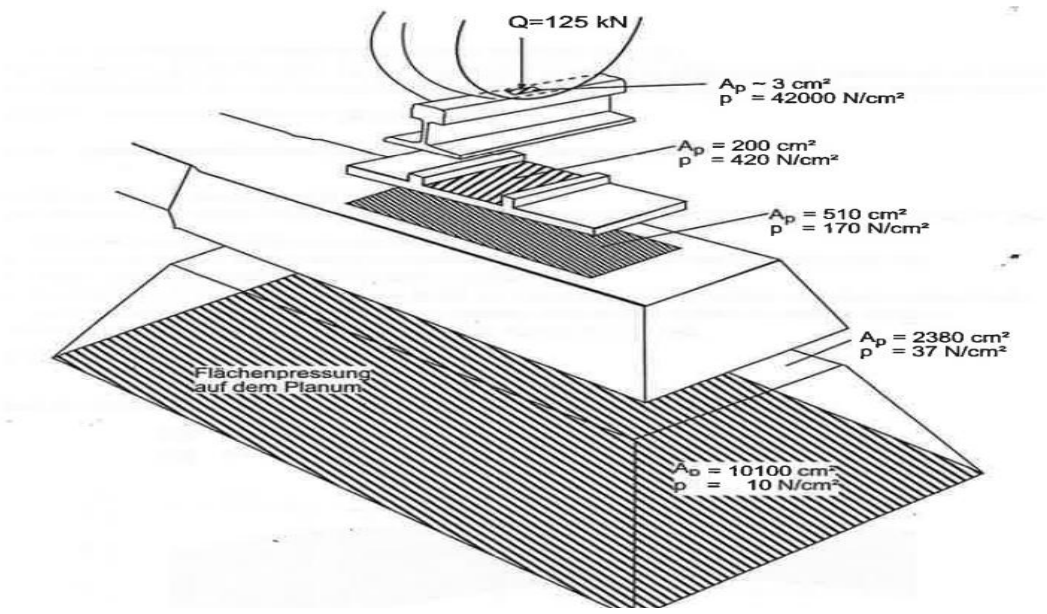
Şekil 3.2. Demiryolu üst yapı elemanları [4].

Raylı sistem hattını oluşturan komponentler Şekil 3.3'de gösterilmiştir. Hattın elemanları alttan üste doğru; subbalast, ballast, travers, bağlantı elemanları, cebire, selet ve ray şeklinde sıralanmaktadır.



Şekil 3.3. Demiryolu hattının elemanları [4].

Raylı sistem hat'tında taşıtların seyri esnasında oluşan; statik ve dinamik kuvvetler Şekil 3.4'de verildiği gibi sıralı olarak yukarıdan-aşağıya azalarak geçmekte, titreşimler üstyapı elemanlarınca kademeli olarak absorbe edilmektedir.



Şekil 3.4. Demiryolu hattında yük dağılımı [3].

Örneğin tekerlekteki 125 kN'lık yük, raydaki 3 cm^2'lik temas yüzeyinde azalarak, 42.000 N/cm^2 yüke dönüşmektedir. Bu yük rayın altındaki 200 cm^2'lik temas yüzeyine sahip Selet'te ise, 420 N/cm^2'ye inmektedir. Daha sonra da 510 cm^2'lik travers oturma yüzeyinde bu yük 170 N/cm^2 değerine düşmektedir. Traversin balasta doğru olan 2.380 cm^2 oturma yüzeyinde de yük 37 N/cm^2 değerine azalmaktadır. En sonunda Subbalasta gelen yük 10100 cm^2 alan için 10 N/cm^2 değerine inmektedir.

3.2.1. Balast

Hat üstyapısı balastlı ve betonarme (slab track) biçimli olabilir. Balastlı sistemde, traverslere tespitlenen raylar, balast yatağı üzerine serilir ve balast katmanı traversin üst yüzeyine kadar doldurulur. Betonarme hat üstyapısında ise, raylar ve traversler taşıyıcı tabaka için gömülmüş (embedded) durumda paneller şeklinde ard arda yerleştirilerek hat oluşturulur.

Balast tabakası Ray-Travers yapısını taşıyan üstyapı elemanı olup, demiryolu hattına serilerek görev yapar. Balast; standartları belirlenmiş, kırılarak üretilmiş, gelişigüzel biçimli, sert taşlardan oluşmaktadır. Serilen ballast tabakasına "balast yatağı" denir.

UIC kriterlerine ve TS EN 932-1 standardına göre, Balast taşlarından aşağıdaki özellikler istenmektedir [2].

Sert olmak: Bu sertlik sayesinde ballast tabakası, ray ve traverslerden üzerine gelen statik ve dinamik yükleri taşıyabilir.

Kırılarak üretilmek: Hem ebat ölçüsünü sağlamak, hem de yuvarlak yüzeylerden kaçınmak için taşların kırılmasıyla üretilmesi gereklidir.

Keskin kenarlı olmak: Bu özellik sayesinde taşlar birbirine tutunarak, yükü taşıma özelliği kazanırlar.

Su emme özelliği düşük olmak: Yağış karşısında bünyesine suyu almamak ve yapısının mukavemetini korumak.

30 - 60 mm ebatları arasında olmak: Bu değer olarak ölçülendirilmiştir.

Balastlar serildiği zaman, traverslerin üzerini kapatmayacak biçimde Şekil 3.5'de gösterildiği gibi seviyede olmalıdır.



Şekil 3.5. Balastlı demiryolu hattı [4].

Şekil 3.6'da balastlı bir hat üstyapısı gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Balastlı demiryolu hattı [4].

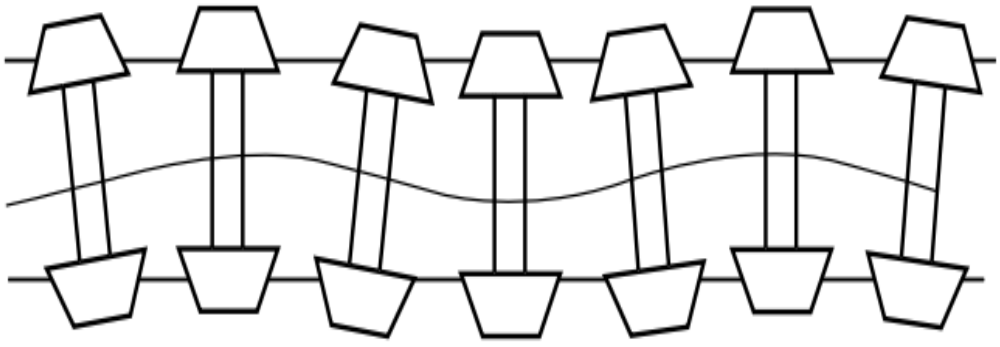
Balastlı üstyapı kolay inşa edilmesi ve düşük maliyeti ile öne çıkmaktadır. Ancak işletme ömrünün kısalığı, sık bakım ihtiyacı ve yüksek bakım gideri de negatif yanlarıdır. Şekil 3.7'de gösterilen betonarme hat üstyapısı ise, yüksek ilk yapım maliyetinin aksine, uzun işletme ömrüne ve düşük bakım giderine sahiptir. Özellikle YHT hatlarında, metrolarda, "gabarinin düşük olması istenen tünel bölgelerinde" tercih edilmektedir. En dezavantajlı yanı ise, yüksek inşa maliyetidir.

TCDD işletmesi konvansiyonel ve YHT hatlarının inşasında balastlı hat üstyapısının kullanımını tercih etmiştir.



Şekil 3.7. Betonarme demiryolu hattı [4].

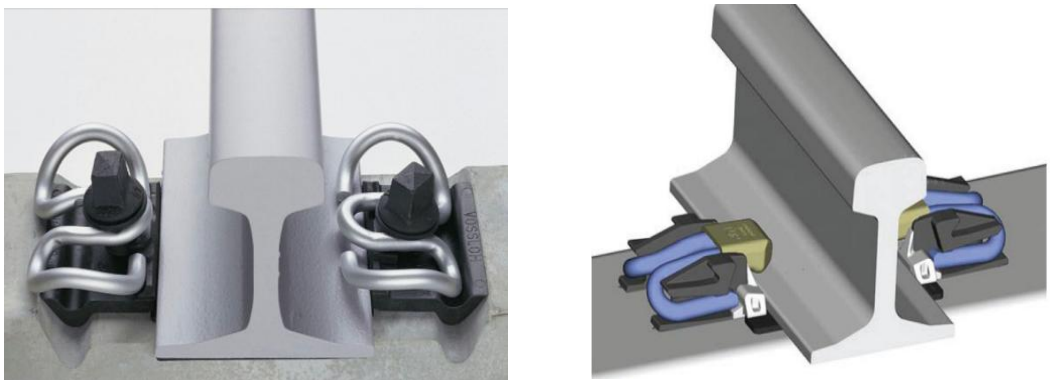
Rayların traverse sağlam bir bağlantı ile tespiti de önem taşımaktadır. Ray bağlantı klipsi denilen bu elemanlar, raya gelen 3 eksenli yüklere karşı Ray - Travers bağlantısını sabit tutmaya yararlar. Raylı taşıt dingilleri tekerlek konikliğinin etkisiyle seyir esnasında Şekil 3.8'de gösterildği gibi "sinüs hareketi" yaparlar. Klingel motion olarak da anılan, sinus hareketi etkisiyle tekerlek bodeni ray'a tırmanmaya çalışır ve bu hereketle de "rayı devirici etki" gösterir.



Şekil 3.8. Raylı taşıt dingilinin sinüs hareketi [3].

Bütün bu etkilerin en aza indirgenmesi için, rayın traverse sağlam bir şekilde tespiti gereklidir. Rayları traverse tespit edilmesinde kullanılan iki farklı ray klips (fastener)

sistemi Şekil 3.9'da gösterilmiştir. Ray klipleri kullanılan rayın ahşap veya öngerilmeli beton olmasına göre değişiklik göstermektedir.



(a) (b)

Şekil 3.9. Ray bağlantı elemanları; a) Vossloh tipi, b) Pandrol tipi [5]

3.2.2. Traversler

Raylarla birlikte bağlanarak bir hat oluşturan traversler aşağıda sıralanan görevleri yapmaktadırlar [5]:

- Demiryolu yük aktarımı modeline uygun şekilde raydan kendisine etkiyen kuvvetleri; daha geniş bir yüzeyde karşılayıp yayarak, balast tabakasına aktarmak,
- Yolun açıklığını (ekartman) koruyarak, yolu yan etkilere karşı ekseninde tutmak,
- Yolun ekseninden kaçmasını önlemek ve hattın ekseninde kalmasını sağlamak,
- Sinyalizasyonlu hatlarda, iki çelik ray arasında elektrik yalıtımı yapmak,
- Raylarda içe doğru 1/20 - 1/40 oranında eğim vermek ve ray dizisinin oluşturduğu yol açıklığını korumak.

Raylı sistemlerde kullanılan traversler, dingil ağırlığı, hız, çeken ve çekilen araçlardaki teknolojik gelişmeler vb. unsurlarda oluşan teknik ilerlemeler ile travers imalinde kullanılan malzemelerin bu ilerlemelere uyum sorunu ve maliyet konusundaki düşünceler paralelinde çeşitlilik göstermiştir.

3.2.2.1. Ahşap Traversler

Ahşabın kendisi esnek olduğundan, raydan gelen kuvvetler esnek bir şekilde balasta iletilir. Demiryolu hattında; hat traversi, makas traversi ve köprü traversi olmak üzere

3 çeşit ahşap travers kullanılır. Normal ahşap traversler (hat traversleri) 2,60 – 2,70 m uzunluğunda, 23 – 26 cm eninde ve 13 - 16 cm yüksekliğindedir. Esnek bir yapıya sahip olduklarından ahşap traverslerin kullanıldığı hatlardaki gürültü seviyesi, diğer traverslerin (beton ve demir) kullanıldığı hatlara göre daha düşüktür. Halen TCDD şebekesinde beton traversler çok yaygın olarak kullanılmakla beraber, özellikle köprü bölgelerinde ahşap travers kullanımı yaygındır [6].

3.2.2.2. Demir Traversler

Yumuşak çelikten yapılırlar. Başları tırnaklı olduğu için yolun yanal hareketine dayanıklıdır. Ray - Travers arasındaki bağlantı iyi sağlanmazsa, düşey ve yatay etkiler altında ray tabanının oturduğu yüzeyde aşınmalar olur. Aşınma sonucu, travers kesitindeki küçülme nedeniyle, bu noktadaki dayanım azalır, çatlama ve kırılmalar ortaya çıkar. Bu bakımdan bu traverslerde bağlantı kusursuz olmalıdır. Günümüzde demir travers kullanımı hemen hemen terk edilmiştir [6].

3.2.2.3. Beton Traversler

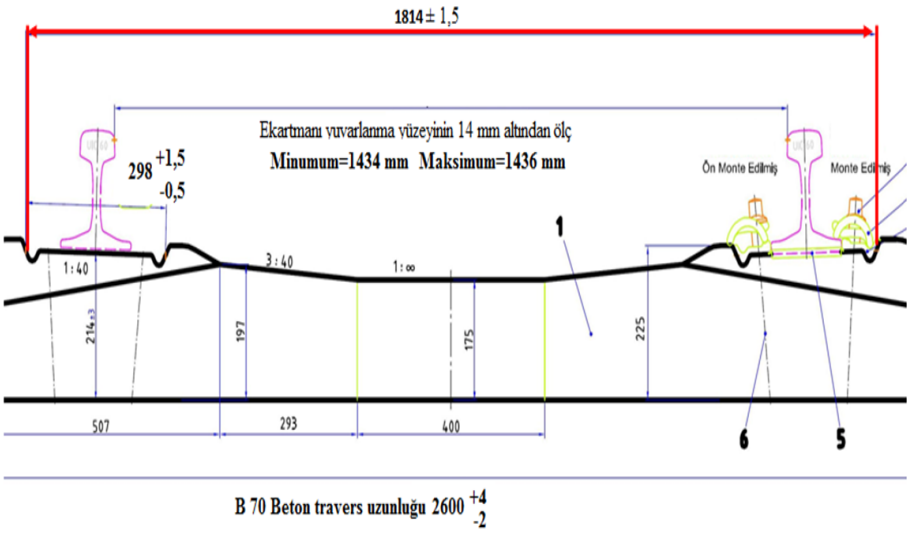
Günümüzde en çok kullanılan travers beton traverstir. Hatta ve makaslarda kullanılır. Beton traverslerin ölçüleri ve ağırlıkları, travers tiplerine göre Çizelge 1'de verilmiştir.

Travers türünü seçimi, aynı zamanda kullanılan ray tipi ile ilgilidir. Örneğin B70 traversi, 60 E1 (UIC60) raylarla birlikte kullanılır. Zamanla çalışma sonrasında traverslerde; yüzey kusurları (kırık, çatlak vb.), soyulmalar, kaba ve tortu yüzeyler ve buraj çalışmasına uygun olmayan balast kullanımı ya da, omuz yerleşimine bağlı olarak ortaya çıkan aşınmalar şeklinde kusurlar oluşmaktadır [6].

Çizelge 3.1'de görüleceği gibi, travers boyları 240 – 260 cm arasında değişirken, makas bölgelerinde bu boylar daha da büyük olmaktadır. Travers alt genişlikleri 22 cm, yükseklikler de, 29 cm olmaktadır. Seletli ağırlıklar da 252 – 300 kg arasında değişmektedir. Şekil 3.10'da B70 travers boyutları ve toleransları verilmiştir.

Çizelge 3.1. Beton travers tiplerine göre traverslerin ölçüleri ve ağırlıkları [6].

Ölçüler	**B70**	**B58**
Uzunluk (cm)	260	240
Alt genişlik-Orta (cm)	22	22
Alt genişlik-travers başı (cm)	30	30
Yükseklik - orta (cm)	17,5	17,5
Yükseklik-travers başı (cm)	20	20
Ağırlık - seletli (kg)	300	252



Şekil 3.10. B70 travers boyutları ve toleransları [6].

3.2.2.4. Kompozit Traversler

2000'li yıllarla birlikte Dünyada yeni travers malzemeleri arayışı yaygınlaşmış ve plastik esaslı traversler üretilerek, bazı hatlarda denenmeye başlamıştır. Bu travers türleri aşağıda sıralanan malzemelerden yapılmaktadır [5b]:

- Tip 1; Fiber takviyesiz veya çok kısa fiber takviyeli traversler,
- Tip 2; Boyuna yönde uzun fiber içeren kompozit traversler,
- Tip 3; Boyuna ve enine yönde fiber içeren kompozit traversler.

Tip 1; Fiber takviyesiz veya çok kısa fiber takviyeli traversler, Bu tür traversler, plastik çantalar, hurda araç tekerlekleri, plastik kahve bardakları, plastik süt şişeleri,

plastik çamaşır deterjan kutuları, vb, plastiklerin geri dönüşümden elde edilmiş plastikler dolgu maddelerinin de katılmasıyla bitümlü malzemelerden üretilmektedir.

Bu tip traverslerin yapısal davranışı polimerik olup, plastikler gibi davranırlar. sertliği ve çatlak oluşumuna karşı direnci arttırıcı kısa cam elyaf içerirken, ağır yük taşımacılığında kullanılan travers uygulamaları için gerekli olan yapısal performansa etki eden takviye etkisine sahip değildirler. Endüstriyel anlamda dünyada TieTek, Axion, IntegriCo, IPlas, Tufflex, Kunststof Lankhorst (KLP) gibi firmalar bu tür travers üretimini gerçekleştirmektedir.

Tip 2; Boyuna yönde uzun fiber içeren kompozit traversler, Bu tip traversler, boyuna yönde, uzun sürekli cam fiber takviyesine sahip, traverslerdir ve enine yönde ise, içerisinde fiber bulunmayan, ya da kısa rastgele yönde dağılmış fiber bulunan bir yapıya sahiptir. Boyuna yönde mukavemet ve sertlik, başlıca uzun cam fiber tarafından sağlanmakta iken, enine yönde ise, polimer tarafından bu durum sağlanmaktadır. Bu tip traversler balastlı hatlarda "eğilme yükü altında gerilmelere maruz kalan" traversler için uygun olup, ana hatlarda, makaslarda ve köprülerde başarılı bir şekilde kullanılmaktadır [7].

Bu tip traverslerin en önemli özellikleri; kolay işlenebilirlik ve kesilebilirliği, üstün eğilme mukavemeti ile yüksek elastikliktir. Fiber katkılı köpüklü üretan sentetik traverslerde (FFU) bu sınıf travers sınıfı kapsamındadır. Bu tip traverslerde ayrıca; düşük ağırlık, su emmeye direnç, sıcaklık etkisi ve korozyona karşı iyi direnç göstermek, 50 yılı aşkın kullanım ömrü gibi özellikler mevcuttur [7].

Tip 3; Boyuna ve enine yönde fiber içeren kompozit traversler, hem boyuna, hem de enine yönde "uzun takviyeli fiber" içermekte olup, traversin eğilmeye ve kesmeye karşı davranışı fiberler tarafından karşılanmaktadır. Bu traversin yapısal performansı arzu edilen performans ihtiacına göre, istenilen yönde fiber takviyesi ile ayarlanmaktadır. Fiberlerin her iki yönde de yönlendirildiği sandviç polimer travers ve hibrit kompozit traversler bu tip travers kapsamındadırlar [7]. Şekil 3.11'de cam elyafla güçlendirilmiş poliüretan kompozit traverslerler gösterilmiştir.



Şekil 3.11. Cam elyafla güçlendirilmiş poliüretan kompozit traversler [7].

Farklı malzemelerden yapılmış traverslerin demiryolu köprülerinde kullanılması durumunda özellikleri Çizelge 3.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Farklı travers malzemelerinin performans özellikleri [7].

Performans kriteri	Ahşap	Beton	Çelik	Kompozit
Kullanım ömrü (yıl)	20	30	30	> 50
Travers değiştirilmesi	Kolay	Kolay	Zor	Kolay
Fiyat	Yüksek	Çok yüksek	Düşük	Düşük
Ağırlık (kg)	60 - 70	285	70 - 80	54

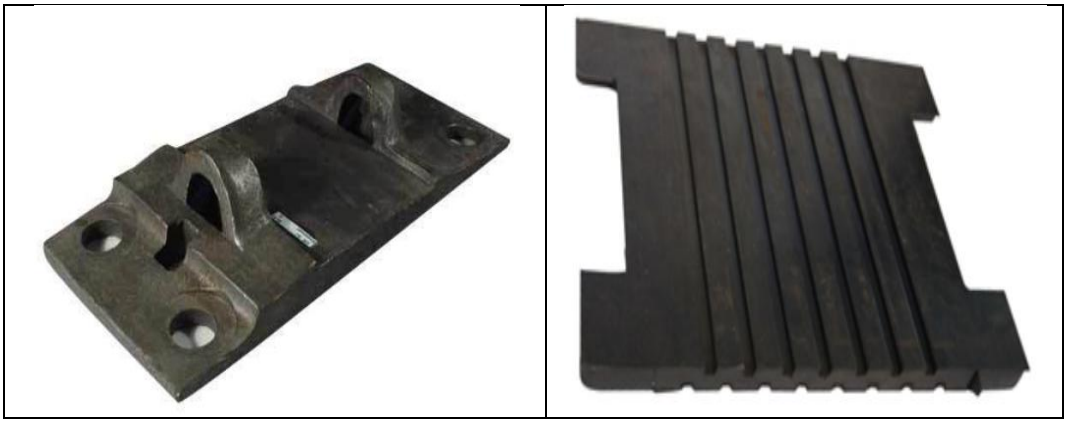
Çizelge 3.2'den görüleceği gibi, kullanım ömrü, değiştirilme, fiyat ve ağırlık gibi parametreler açısından kompozit traversler, açık kullanımının üstünlüklerine sahiptir.

Kompozit traverslere ait boyutsal, fiziksel, mekanik ve elektriksel özellikler ISO 12856-1 ve AREMA standartlarında detaylı bir şekilde verilmektedir [7].

3.2.3. Seletler

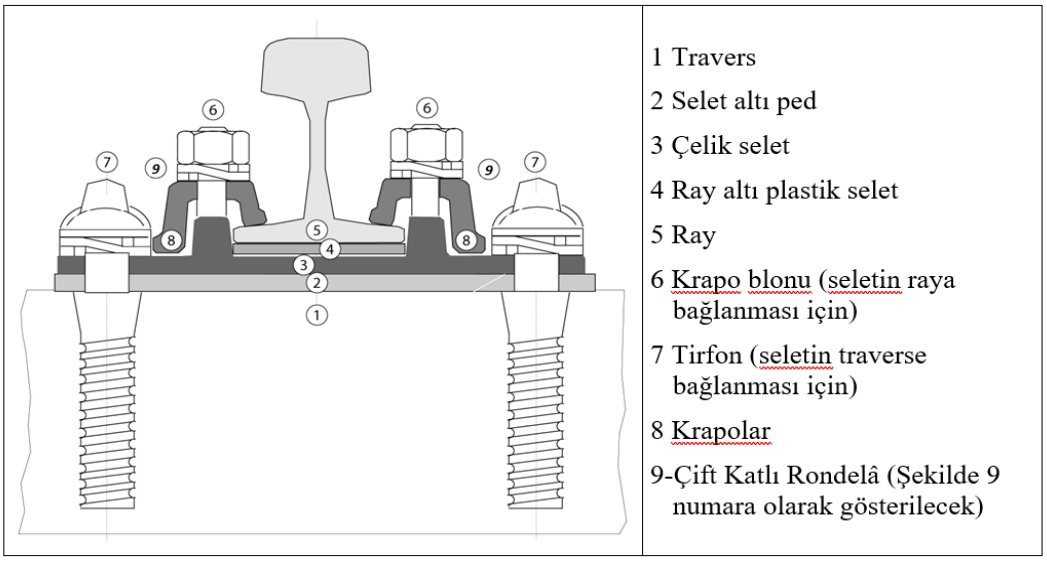
Seletler raylı sistem üstyapı aksamı arasında hem yol esnekliği, hem de rayın traverse sağlıklı oturmasını sağlamak amacıyla kullanılan çelik ve kauçuk malzemelerden yapılmış bir ara elemandır. Çelik seletler adeta "bir koltuk gibi" raya oturma yüzeyi

sağlarken, plastic selet de darbeleri emmektedir. Şekil 3.12'de bir demiryolu hattında selet görevini yapan iki eleman birlikte gösterilmiştir.



Şekil 3.12. Çelik selet (solda) ve plastik selet (sağda) örnekleri

Şekil 13'de ise, raylı sistem üstyapısında elemanlar topluca görülmektedir. Bu yapıda ray, 4 no'lu ray altı plastik selet üzerine oturmaktadır. Onun altında da 3 no'lu çelik selet vardır. Daha sonra onun altına 2 no'lu selet altı ped yerleştirilmiş olup, en altta da 1 no'lu travers bulunmaktadır. Böylece raya gelen kuvvet, traverse gelinceye kadar 3 ayrı darbe emici ve tutucu elemandan geçmektedir.



Şekil 3.13. Raylı sistem üstyapısında ray bağlantısını sağlayan elemanlar [6].

3.2.4. Ray Bağlantı Elemanları

Bu elemanlar rayları traverse bağlama görevini yapmaktadırlar, klasik ve elastik bağlantılar olarak iki çeşittirler. Klasik bağlantılar Şekil 3.14'deki gibi; Krampon, Tirfon ve K tipi bağlama düzeni olarak üç türlü olup, yalnız ahşap traverslere uygulanabilir.



a. Krampon tipi b. Tirfon tipi c. K tipi

Şekil 3.14. Klasik bağlantı türleri [2].

Elastik bağlantılar vidalamalı ve sürgülü tür olarak iki ana gruba ayrılırlar. Vidalamalı türler tirfon ve bulon kullanan Vossloh ve Nabla türleri iken, sürgülü tipler ise, Pandrol adıyla bilinirler. Bu tür bağlantılar Şekil 3.15'de gösterilmiştir.



a. Vossloh b. Nabla

Şekil 3.15. Vidalamalı elastik bağlantı türleri [2].



a. Pandrol A klipsli b. Pandrol fes klipsli

Şekil 3.16. Sürgülü Pandrol tipi elastik bağlantı türleri [2].

3.2.5. Rayların Birleştirilmesi ve Kaynağı

Raylar tasarım sistemine bağlı olarak ya birbirlerine cebire ile birleştirilir, ya da kaynaklanırlar (Şekil 3.17).



Şekil 3.17. Cebire ile birleştirilmiş raylar[8].

Rayların birleştirilme noktalarına conta denir. Contaların hat üzerindeki yerleştirilme şekline göre; karşılıklı conta veya şaşırtma conta uygulamaları vardır. Rayların travers üzerine oturma şekline göre ise; mesnetli, sakin ve konsol conta türleri uygulanır. Conta bölgelerinde ısıl genleşme için imbisat boşlukları konulur [8].

Demiryolu işletmeleri kaliteli seyir sağlamak amacıyla, rayları kaynakla birleştirirler. Bu tür rayları uzun kaynaklı ray denilir ve UKR olarak gösterilir. Bu sayede rayların conta bölgelerinin geçilmesinde oluşan gürültü, ray ve tekerlek aşıntısı asgariye indirilmiş olur. Kaynaklama sonrasında ray yanakları ve yuvarlanma yüzeyleri taşlanarak düzeltilir. Şekil 3.18'de demiryollarında kullanılan rayların alüminotermit kaynağı ile birleştirildiği uzun kaynaklı ray bögesi gösterilmiştir.



Şekil 3.18. Uzun kaynaklı ray bölgesi [8].

BÖLÜM 4

RAYLAR VE RAYDAN OLUŞAN GEÇİŞ SİSTEMLERİ

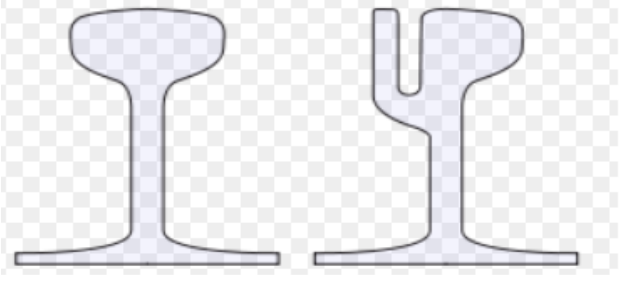
4.1. RAYLAR

Raylar düşük karbonlu çelikten ve perlitik veya beynitik yapılı demiryolu üstyapı elemanı olup, traverslere tespit edilerek, tekerleklere yuvarlanma yüzeyi ve yolu sağlarlar [9].

4.1.1. Rayların Üretimi

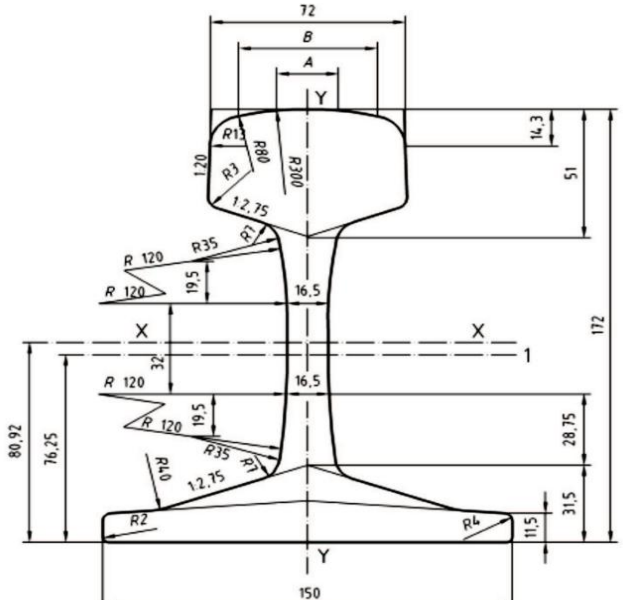
Ray yapılacak çelik kütükler, tav fırınlarında 1250 -1300 ºC sıcaklığa kadar ısıtılarak, 6 - 8 kademe arasında profil haddeleme işlemiyle biçimlendirilir. Bu işlemin tamamlanması sonrası rayın yaklaşık sıcaklığı 500 - 550 ºC civarındadır. Raydaki hidrojen miktarını kontrol için, yavaş soğutma yapılır. Ray çeliklerinin kullanım ömrünü, aşınma direnci, yorulma, korozyon direncini mikro yapı ve mikro yapısında oluşması muhtemel hatalar sebep olmaktadır. Kullanım türüne göre ray üretimi rayın ebatlarına, çeliğin kalitesine ve servis şartlarına göre değişmektedir [10].

Raylar görev alanı açısından patenli (vignole) ve oluklu olarak iki türde yapılırlar (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Patenli ray (solda) ve oluklu ray (sağda)

Rayların haddelenme sonrası oluşan formu, 60E1 tipi ray için ray kısımları ve ray ölçüleri ile Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Raylar; ray mantarı, ray göbeği ve ray tabanı olarak 3 kısımdan meydana gelmektedir. Raylı taşıt tekerleği ray mantarındaki yüzeyde yuvarlanırken, tabanı da rayın traverslere tespitinde kullanılmaktadır.

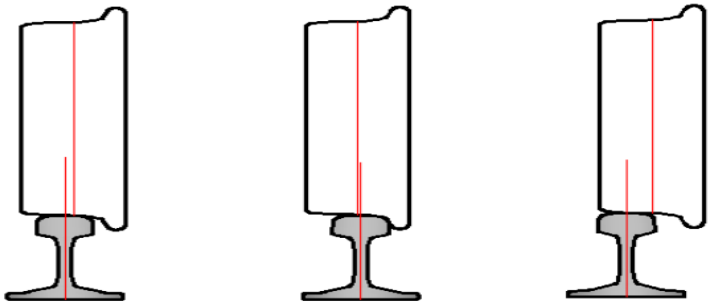


Şekil 4.2. Tek Mantarlı Vignole tipi 60E1 rayın kısımları

Raylı sistem hattında taşıtın emniyetli seyir yapması Tekerlek - Ray arasındaki sağlıklı etkileşime bağlıdır. Bu etkileşim aliymanda (doğrusal yolda) ve kurblarda; konik yuvarlanma yüzeyi ve tekerlek bodenin konumları ile belirlenmektedir. Aliymanda tekerlek yuvarlanma yüzeyinin ortalarında yuvarlanırken, kurblarda dış tekerlek dever nedeniyle yüksek rayda olduğundan büyük çapda, iç tekerlek de alçak rayda olduğundan küçük çapta döner. Böylece tekerlekler farklı ray yuvarlanma yollarını tolere edebilirler (Şekil 4.3).

4.1.2. Rayların Yapısı

Rayların sınıflandırılmasında; sertlik, profil, çekme dayanımı ve 1 metredeki ağırlık gibi kriterlerler vardır. TCDD işletmesinde halen; 60E1(UIC 60), 49E1(DIN S49), 46E2(S46) ve S39 raylar kullanılmaktadır. Mevcut Yüksek Hızlı Tren hatlarında kullanılan ray profili ise 60E1 olup, yeni yapılacak YHT hatlarında 60E2 profil ray kullanımına geçilmiştir [11]. Şekil 4.3'de tekerleğin aliymanda, kurb içinde veya kurb dışında yuvarlanma yüzeyleri gösterilmiştir.



(a) (b) (c)

Şekil 4.3. Tekerleğin yuvarlanma yüzeyleri; a) aliymanda, b) kurb dışı yüksek rayda, c) kurb içi alçak rayda [5]

Ray çeliğinin kimyasal bileşiminde Çizelge 4.1'de gösterildği gibi, demirin yanında karbon, mangan, silisyum, kükürt ve fosfor elementleri de bulunmaktadır.

Çizelge 4.1. Ray kalitesine göre kimyasal kompozisyon değerleri [1]

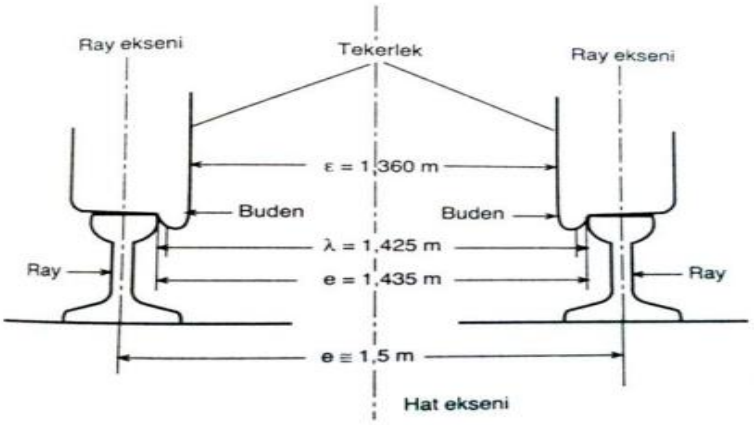
Çelik Kalitesi		Kütle Oranı						Min Rm (MPa)	Min % Uzama
		C	Si	Mn	Max P	Max Cr	Max Al		
R200	Sıvı	0,4-0,6	0,15-0,58	0,7-1,2	0,035	0,15	0,004	680	14
	Katı	0,38-0,62	0,13-0,6	0,65-1,25	0,04	0,15	0,004		
R220	Sıvı	0,5-0,6	0,2-0,6	1-1,25	0,025	0,15	0,004	770	12
	Katı	0,5-0,6	0,2-0,6	1-1,25	0,025	0,15	0,004		
R260	Sıvı	0,62-,8	0,15-0,58	0,7-1,2	0,025	0,15	0,004	880	10
	Katı	0,6-0,85	0,13-0,6	0,65-1,2	0,03	0,15	0,004		
R350HT	Sıvı	0,72-0,8	0,15-0,58	0,7-1,2	0,02	0,15	0,004	1175	9
	Katı	0,7-0,82	0,13-0,6	0,65-1,2	0,025	0,15	0,004		
R350LHT	Sıvı	0,72-0,8	0,15-0,58	0,7-1,2	0,02	0,15	0,004	1175	9
	Katı	0,7-0,82	0,13-0,6	0,65-1,2	0,025	0,15	0,004		

Karbon ve Manganın ray çeliğinin kimyasal içeriğinde belli miktarlarda bulunması, rayın mukavemetini arttırıken, Silisyum ise, yapının daha homojen hale gelmesini sağlar. İçerikten tamamen uzaklaştırıamayan elementlerden Kükürt yüzey kalitesi kötüleştirirken, Fosfor da rayın elastikiyetini azaltmaktadır.

Raylar bir metredeki birim ağırlıklarına göre adlandırılırlar. 60E1 ray adlandırılması, bu rayın bir metresinin ağırlığının 60 kg olduğunu ifade eder. Ray ağırlığı taşıyabileceği static ve dinamik yükler açısından önem taşımaktadır. Vignol tipi raylarda rayın ağırlığı arttıkça, rayın atalet momenti de artar ve yolun rijitliğini ve stabilitesi korunur [12].

Raylar, demiryolu taşıtlarının tekerleri ile direkt temasta bulunarak, taşıtın gidiş istikametini belirler. Raylar, ahşap veya öngerilmeli beton traverslere, ya da beton zeminlere (slab track) ray bağlantı elemanları ile sabitlenir. Ray bağlantı elemanları, ray ile travers veya ray altı betonu arasındaki bağlantıyı sağlayan demiryolu bileşenleridir. Bu bileşenlerin ortak amacı hat açıklığını korumak ve dingil yükünün bağlantı zeminine aktarılmasını sağlamaktır. Ray bağlantı elemanları ve traversler, ray açıklığını korur ve raylardan gelen yükleri yayar (Şekil 4.4).

Traverslere sabitlenen demiryolu bileşenlerin altında 22 - 60 mm elek açıklığından geçen balast taşları mevcuttur. Bu taşlar ise, demiryolunda meydana gelecek çökmelere karşı, buraj makinaları ile hızlı müdahale edilmesine olanak sağlarken, balast yatağı düzeltilir ve dış çevre koşullarından hattın zarar görme olasılığını en aza indirir.



Şekil 4.4. Tekerlek –Ray Etkileşimi

Demiryolu taşıtları ile altyapı bileşenlerinin birbiri ile etkileşiminde önemli rolü olan üst yapının başlıca görevleri; demiryolu taşıtlarından gelen statik ve dinamik yükleri güvenle ve kalıcı şekil değişikliğine uğramadan karşılamak ve kısmen azaltarak

altyapıya iletmek, demiryolu taştlarına en iyi nivelman ve aliymanda seyir imkanı sağlamaktır.

Nivelman, dış koşullara bağlı hat üzerindeki çökmelere bağlı kot farkını minimize etmeyi amaçlarken, aliyman ise, hat eksenin zorunlu kurplar dışında eksenel düzlüğünün sağlanmasını amaçlar [13].

Üst yapının altyapıyla birlikte en büyük görevi ise ekonomik ve uzun ömürlü olmasıdır. Yeterli elastikiyete sahip bu sistem deformasyona uğradığında hızlı şekilde eski haline getirilebiyorsa, bu görevini yerine getirir.

Üst yapı elemanlarının en önemli bileşeni raylar; demiryolu taşıtlarının dingil yükünü tekerleklerden alarak traverslere ileten, aşınmaya karşı dayanıklı ve yüksek mukavemetli çelikten özel profilde imal edilmiş, yuvarlanma yüzeyine sahip üstyapı elemanı olarak tanımlanır. Demiryollarında kullanılan raylar hem yolcu ve yük konforunu artırmak için hem de işletmeci firmaların ekonomik maliyetlerini en aza indirmeiçin bir takım özelliklere sahip olmalıdır. Dingil yükü ve yorulmaya bağlı aşınmaya karşı yüksek dayanım özelliğine sahip olmalıdır. Kırılmalara karşı mukavemet özellikleri iyi olmalıdır. Demiryolu araçlarının tekerleklerine kılavuzluk ettiği için yuvarlanma yüzey kalitesinin iyi olması gerekmektedir [14].

Dünyada ve ülkemizde en yaygın olarak kullanılan ray tipi tek taraflı yuvarlanma yüzeyinden oluşan tek mantarlı ray profilidir [13].

Sürekli birbirleri ile etkileşim halinde bulunan raylar ve demiryolu taşıtlarının tekerlekleri karşılıklı olarak birbirini aşındırma eğilimindedir. Rayın mukavemet değerleri tekerlekten daha yüksek olursa, tekerlek aşınırken, tekerlek mukavemetin raydan yüksek olması durumunda, rayla aşınmaktadır. Hatların bakım-onarımı daha zor olduğundan, TCDD İşletmesi ve TCDD Taşımacılık ray sertliğinin tekerleklerden 30-50 HBN daha yüksek olmasını öngören Teknik şartname uygulamaktadırlar.

Buradaki amaç ray ve tekerleğin sistem olarak aşınmasının asgari seviyeye indirmektir. Rayın mukavemetinin daha yüksek değerlere ulaşması için kimyasal kompozisyonundaki karbon ve mangan miktarının artırılması gerekir. Kimyasal içeriğin bu şekilde değişmesiyle raydaki uzama miktarı azalır ve kırılganlık artar. Rayda aşınma mukavemetinin yüksek olması istendiği gibi kopma uzamasının da % 10'dan daha az olması istenmektedir [15].

ABD ve Kanada'da yapılan araştırmalara göre, tipik bir tekerlek ömrü, taşınan yüke ve hıza da bağlı olarak, iki ila beş yeniden tornalanma ve profilleme ile 300.000 km ile 2.500.000 km arasında değişmektedir. Raylar da, büyük ölçüde eğrilik yarıçaplarına bağlı olarak 100 - 2.500 MGT yüke (milyon gros ton veya ham.ton) kadar dayanabilir. [16].

4.1.3. Rayların Mekanik ve Kimyasal Özellikleri

R260 kalitesindeki rayların üretimi sırasında optik emisyon spektrometreleri ile yapılan kimyasal kontroller sonucu hedef analiz aşağıdaki gibidir [17].

- Karbon (C) % C : 0,60-0,80
- Mangan (Mn) % Mn: 0,80-1,30
- Silisyum (Si) % Si : 0,10-0,50
- Kükürt (S) % S : Max.0,040
- Fosfor (P) % P : Max.0,040

Mekanik test sonuçları ise;

- Çekme mukavemeti:880-1030 N/mm2
- % Uzama: ≥ 10
- Sertlik (HBN): Min.245 HBN olmalıdır [17].

4.1.4. Ray Kusurları

Raylı sistemlerde çalışma sonucunda raylarda; aşınma, ondülasyon, çatlak, kırılma, kabuklanma, vb. kusurlar ortaya çıkmaktadır. Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da bir kısmı gösterilen bu kusurların giderilmesi için raylara taşlama ve frezeleme işlemleri

yapılır. Derin olmayan kusurların giderilmesinde ray taşlama, daha derin kusurların giderilmesi için daha fazla talaş kaldırma gerektiğinde de ray frezeleme yapılmalıdır.



Şekil 4.5. Ağır kabuklanma [18]



Şekil 4.6. Ray yüzeyinde çökme [18].

Taşlama işlemi, rayın yüzeyinden malzeme kaldırılmasını, ray yüzeyi kusurlarının oluşumunun engellenmesini veya yavaşlatılmasını ve enine ve/veya boyuna ray profilinin standart profiline getirilmesi için rayın enlemesine veya ray boyu oluşan aşınmanın eşitlenmesini içerir [19].

Taşlama aşağıdaki durumlarda yapılır:

- Rayın mevcut halinin korunması için (Koruyucu Taşlama): Periyodik taşlama

işlemleri, poz ve yeni yol yapımlarından sonra hatta döşenen yeni raylardaki üretimden gelen yüzey kusurlarının veya araç trafiği nedeniyle gerek ray profili, gerekse ray yüzeyi ve ray yapısında oluşan hasarlar bakımından, raylarda oluşması beklenen kusurların ilerlemesine karşı önlem olarak planlanır [19].

- Raydaki kusurların düzeltilmesi için (Düzeltici Taşlama): Kusur büyüklüğü sınırına veya hedef profil sapma sınırlarına yaklaştığı veya bu sınırları aştığı tespit edilen ray kesimlerinin düzeltilmesi için başvurulan bir taşlama işlemidir [19].

- Ray döşenmesi ve onarımında (Profil Uyumlaştırma Taşlaması): taşlama işlemi, rayların birleşme noktalarında, farklı seviyelerin giderilmesi için, kaynaklı birleştirme operasyonlarında fazla kaynakların alınmasında uygulanır. Ray yüzeylerinin kaynak yoluyla onarıldığı yerlerde, onarılan profilin ana rayın profiliyle aynı olmasını sağlamak için de taşlama yapılır [19].

Raydan taşlamaya göre daha fazla miktarda malzemenin kaldırılması gerektiği durumlarda frezeleme yapılır. Freze yapılma sebepleri [19]:

- Yıpranmış bir ray profilinin standart profile getirilmesi,
- Büyük ray yüzeyi kusurlarının giderilmesi içindir.

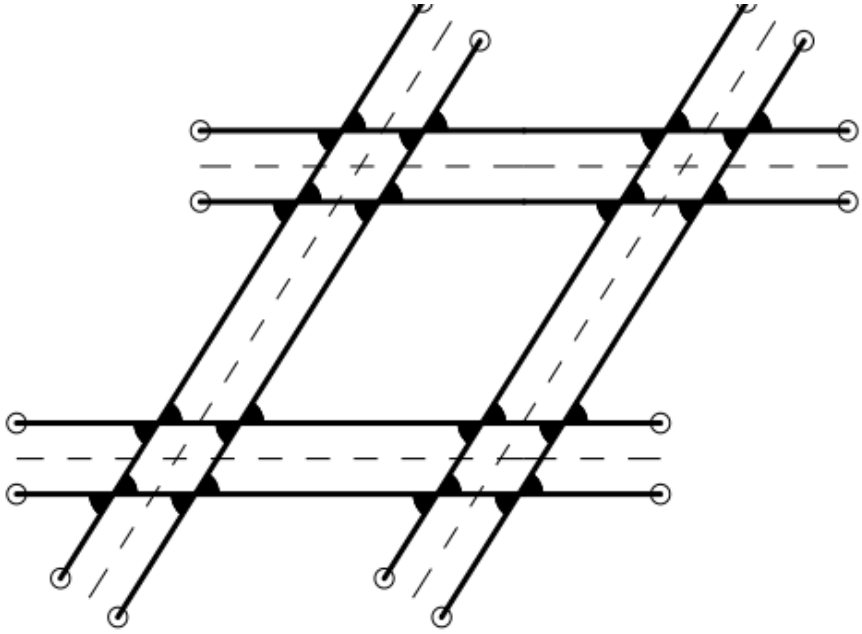
Frezeleme, kusurun düzeltilmesi için zaman ve maliyet açısından çok fazla sayıda taşlama yapılmasını gerektiren durumlarda tercih edilmelidir. Raya frezeleme işlemi son derece etkilidir ve bazı durumlarda, yüksek taşlama maliyeti nedeniyle kullanılmayacak hale gelmiş olan rayların tekrar kullanılması için frezeleme yapılır.

4.2. RAYDAN OLUŞAN GEÇİŞ SİSTEMLERİ

4.2.1. Ray kesişimleri (Kruvazmanlar)

Rayların bir görev yeri de, raylı sistem hatlarının birbirleriyle açılı olarak kesiştiği Kruvazmalardır. Şekil 4.7'de gösterildiği gibi kruvazmanlar, rayların birbirleriyle açılı olarak kesiştiği sabit bağlantılardır. Kesişme noktalarındaki açılar 90° veya farklı değerde olabilir. Raylı taşıtlar bu kesişme noktalarından bölgedeki trafik

kontrol noktasının denetiminde ve yavaş seyirle geçerler. Şekil 4.8'de buden basmalı Ri59n raylı hardoxtan imal edilmiş kruvazman geçişi gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Demiryolu Kruvazmanı [20]



Şekil 4.8. Buden basmalı Ri59N raylı hardoxtan imal edilmiş kruvazman geçişi

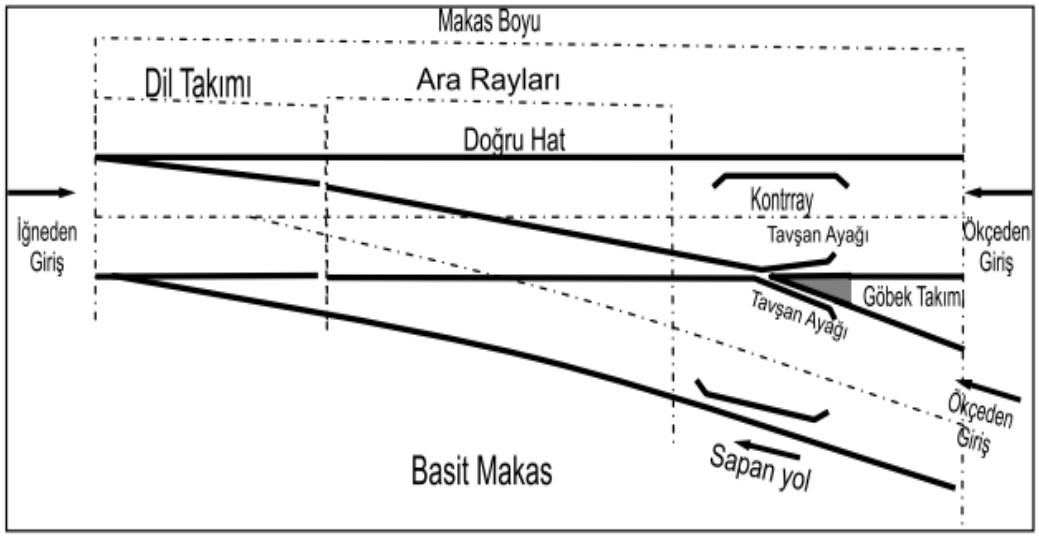
4.2.2. Demiryolu Makasları

Rayların bir ana görevi de raylı sistem hattında yön değiştirmenin yapıldığı makas (switch, turnout) düzenekleridir. Aliymandaki raylara göre daha çok yüke maruz

kalan makas düzenekleri çok sayıda parçadan meydana gelmekte olup, manuel veya motorlu komutla çalışmaktadırlar. Kullanma amaçlarına göre; basit, birleşik ve çapraz takımlı olarak türleri vardır [21].

Basit makas Şekil 4.9'da gösterildiği gibi, bir "dil takımı" ile bir "göbek takımı" ve bunları birleştiren "ara rayları" olarak üç bölümden oluşmaktadır. Dil takımı, frezelenerek uçlarına doğru iyice inceltilmiş raylarla, bunları birbirine bağlayan çubuklardan meydana gelmektedir.

Makas tertibatına bağlı manevra çubuğlarının itilip- çekilmesiyle yağlı bir kızak levhası üzerinde bulunan iğne takımı, bir iğnesi karşılığındaki yaslanma rayına yapışıncaya kadar sağa ya da sola oynar. Böylece diğer iğne ile karşılığı ray arasında bodenlerin geçebileceği bir aralık meydana gelmiş olur. Bir dingildeki tekerleğin birisi bu aralıktan geçerken, diğeri de tekerlek karşılığı raya yanaşmış olan iğneye binerek birleştirme rayını izler.



Şekil 4.9. Makas sisteminin kısımları [21]

Bir raylı taşıt makasa iğneden veya ökçeden girebilir. Iğneden giriş halinde, taşıt ya doğru yoldan, ya da sapan yoldan ilerleyecektir. Taşıtın doğru yoldan ilerlemesi halinde, bir tekerlek ana raydan ilerlerken, diğer tekerlek makas dili yardımıyla makas göbeğine doğru ilerler ve göbeği de geçerek, makastan çıkar. Makas sapan

yola düzenlenmiş ise, taşıt sapan yola girer ve yukarıdaki tekerlek hareketleri tersine olarak gerçekleşir.

Bazı demiryollarında makasa benzeyen bir derayman düzeneği de kullanılmaktadır. Şekil 4.10'da gösterilen bu düzenek, anahatlara bağlanan yan yollarda ve eğim olan tren istasyonlarinda lokomotif veya vagonlarin frenlerinin boşalmasi veya manevra esnasinda bir kazaya sebebiyet vermemesi için özel olarak tasarlanmiş olan derayman pabucu, vagonu raydan traversler üzerine indirmek-düşürmek amaciyla kullanılmakta olup, "olabilecek tren kaçmasına" karşı emniyet tertibatı görevi yapmaktadır.



Şekil 4.10. Derayman tertibatlı makas [4]

Bir başka derayman düzeneği de Şekil 4.11'de verilmiş derayman pabucudur. Park yerinden kaçan bir trenin tekerleği bu engele çarpınca rayı terk eder ve daha büyük bir tehlike önlenmiş olur.



Şekil 4.11. Derayman Pabucu

Makaslar ve kruvazmanlar bir raylı sistem ağının önemli elemanlarından olup, hattı farklı yönlere çevirirken, hem gerekli esnekliği sağlar, hem de karmaşık yapıları ve maruz kaldıkları yük nedeniyle demiryolu ağının en savunmasız kısmı sayılmaktadır. Bu durum işletme süresince, ray çeliklerinin mekanik özellikleri ciddi şekilde bozulur, hasara yol açan darbe yüklerinin yanı sıra, yuvarlanma teması yorgunluğuna, normal ve kesme gerilmeleri doğmasına da maruz kalırlar [22].

Basit makas bir dil takımı ile bir göbek takımı ve bunları birleştiren araraylardan oluşmaktadır. Makasların doğru yol rayı ile sapan yol rayının birbirini kestiği noktaya makas göbeği denir. Bu kesişme noktasından tekerlek budenlerinin geçişini sağlamak için iki ray, kesişme noktasından başlayarak dışa doğru bükülürler ve tavşan ayağı denilen rayları oluştururlar [23]. Çalışmaya konu olan tavşan ayakları ve makas göbekleri Şekil 4.12'de gösterilmiştir. Bu çalışmada R260 kalitede 60E1 raylı 1/9 eğime sahip 190 metre kurp yarıçapına sahip bir makasa ait, presleme öncesi ön ısıtma gerektiren tavşan ayakları kullanılacaktır.



(a) (b)

Şekil 4.12. Demiryolu makası tavşan ayakları (a) Makas göbeğinde tavşan ayaklarınn pozisyonu (b) Tavşan ayaklarının pres bölgelerinin gösterilmesi.

BÖLÜM 5

MATERYAL YÖNTEM

Yurtiçi ve yurtdışı projelerinde konvansiyonel hatlarda demiryolu makaslarında ağırlıklı olarak 60E1 ve 49E1 tipi raylar kullanlmaktadır. Kruvazman ve demiryolu makaslarının üretimi sırasıda bazı rayların kurp yarıçapı ve imalat gereklilikleri için kalıcı şekil değişikliklerine uğraması gerekmektedir. Bu şekil değişikliği açının ve kurbun şiddetine göre sıcak (ön ısıtmalı) ve soğuk olarak yapılmaktadır.

Bu çalışmada ön ısıtmalı pres işleminin rayın kimyasal ve mekanik özellikeri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Deneysel çalışmalarda R260 kalitede 60E1 ray ele alınmıştır. Aynı şarj numarasına sahip monoblok bir raydan 1 metre uzunluğunda 3 adet parça çıkarılmıştır. Bu raylardan bir tanesine ön ısıtma ve pres işlemi uygulanmamıştır. Kalan 2 parça ray ise 500°C ön ısıtma uygulanarak preslenmiştir ve pres bölgelerinden numune alınmıştır. 3 parça raydan alınan numunelere çekme testi, uzama testi, sertlik testi, kimyasal kompozisyon testi uygulanmıştır. Elde edilen test sonuçları sertika değerleri ve birbiri ile kıyaslanarak yorumlanmıştır.

Yapılan çalışmada numuneler Çizelge 5.1' deki gibi adlandırılmıştır.

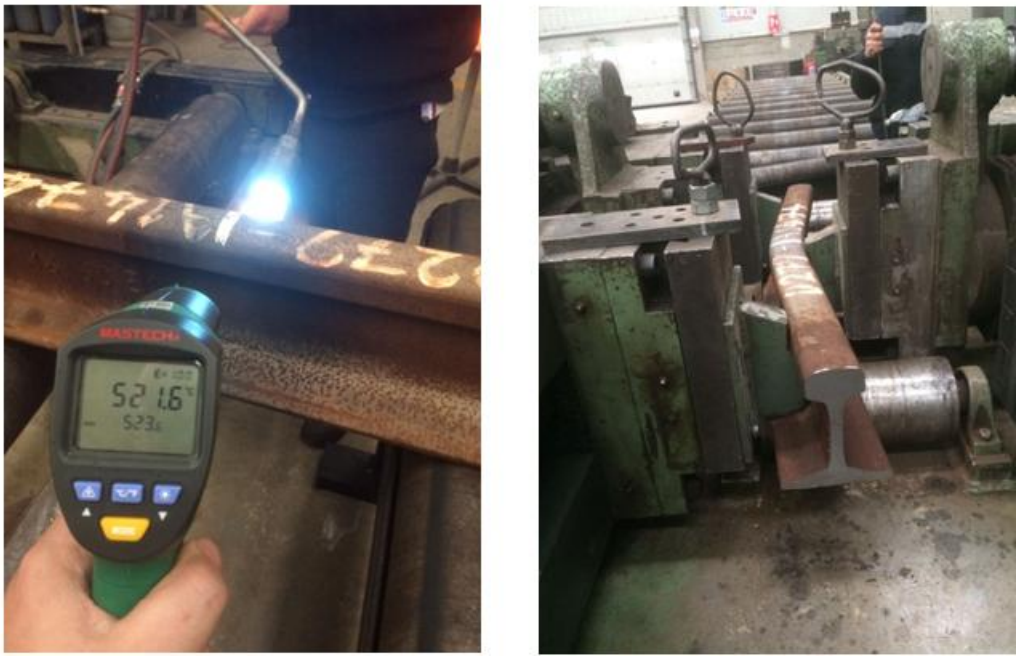
Çizelge 5.1. Numunelerin adlandırılması

Numune Adı	Parametreler
Numune 1	Ön ısıtma ve pres işlemi uygulanmamış ray numunesi
Numune 2	500°C ön ısıtma ve pres işlemi uygulanmış ray numunesi
Numune 3	500°C ön ısıtma ve pres işlemi uygulanmış ray numunesi

Numune 2 ve numune 3 birebir aynı parametrelere maruz kalmış raylardır. İkisinin aynı olmasının sebebiuygulanan testler sonucunda elde edilen test sonuçlarının birbiri içerisindeki doğruluğu kontrol etmektir.

5.1. RAYLARA UYGULANAN ÖN ISITMA VE PRESLEME İŞLEMLERI

Aynı şarj numarasına sahip monoblok bir raydan 1 metre uzunluğunda 3 adet alınmıştır. Bu raylardan bir tanesine ön ısıtma ve pres işlemi uygulanmamıştır. Kalan 2 adet parça ray ise merkez noktasından 500 °C ön ısıtma uygulanarak preslenmiştir. Presleme işlemlerinde BAKKER 2000 Ray presleme tezgahı kullanılmıştır. Bu tezgah kenarlarda iki adet sabit çene, ortada ise 200mm itme kapasiteli hareketli çeneden oluşmaktadır. Raylar prese alınmadan hemen önce şaloma yardımı ile ısıtılmıştır. Isıtılan raylar pres tezgahına yerleştirilerek, sabit çene rayın tam ortasında kalacak şekilde preslenmiştir. Rayların ısıtılma ve presleme işlemleri Şekil 5.1'de gösterilmiştir.



(a) (b)

Şekil 5.1. Uygulanan ön ısıtma ve pres işlemi (a) Ön ısıtma İşlemi (b) Pres İşlemi

Ön ısıtması gerçekleştirilen raylar merkezde 30 mm deplamana maruz kalmıştır ve kalıcı şekil değişikliğine uğramıştır. Rayda oluşan deplasman kalibrasyonlu kumpasla ve çelik cetvel yardımıyla ölçülmüştür (Şekil 5.2).



(a) (b)

Şekil 5.2. Pres sonrası ölçü kontrolü (a) Preslenen raylar (b) Ölçü kontrolü

Ön ısıtma ve pres işlemine maruz bırakılmayan ray numune 1 olarak adlandırılmıştır. 500 °C ön ısıtma işlemine ve pres işlemine maruz bırakılan diğer iki ray ise sırası ile numune 2 ve numune 3 olarak adlandırılmıştır (Şekil 5.3).



Şekil 5.3. Numunelerin adlandırılması

Numune 1 olarak adlandırılan ray parçasının orta merkezinden, numune 2 ve 3 olarak adlandırılan ray parçalarının ise pres merkezlerinden Bekamak marka şerit testere kullanılarak 25 mm genişliğinde kesitler alınmıştır (Şekil 5.4).



Şekil 5.4. Numune Kesitleri

Şerit testere kullanılarak elde edilen numune kesitleri, kimyasal kompozisyon testi ve sertlik testi ve mekanik testlerin uygulanabilmesi için ray mantarı ve ray boynu olmak üzere parçalara ayrılmıştır (Şekil 5.5).



(a) (b) (c)

Şekil 5.5. Numune Kesitlerinin Parçalara ayrılmış hali a) Rayın kısımlara ayrılması b) Rayın boyun kısmı c)Rayın mantar kısmı

Kimyasal kompozisyon testi ve sertlik testi ray mantarı üzerine istenen yüzey kalitesi sağlandıktan sonra direkt olarak uygulabilirken, çekme mukavemeti ve uzama testi ise ray mantarından talaşlı imalat yöntemiyle alınan, Şekil 5.6'da gösterilen papyon numuneler üzerinde yapılmıştır .



Şekil 5.6. Rayın mantarından alınan çekme numuneleri

5.2. RAYLARA UYGULANAN TESTLER

5.2.1 Kimyasal Kompozisyon Testi

Ray mantarına uygulanacak bu testler için ilk olarak Struers LaboPol-5 cihazıyla test parçalarına zımparalama ve partlatma tezgahında işlemleri yapılmıştır. Bu işlemle şerit testere ile kesilen raya ait pürüzlü yüzeylerin teste uygun hale getirilmesi amaçlanmıştır. Kullanılan zımparalama ve parlatma makinasında 50-500 dev/dk hıza sahip bir dönen tabla bulunmaktadır. Bu tablaya değiştirilebilir zımpara kağıtlarının takılmasıyla numune yüzeyi kimyasal kompozisyon testine ve sertlik testine uygun hale getirilmiştir (Şekil 5.7).



Şekil 5.7. Struers LaboPol-5 zımparalama ve parlatma cihazı

Zımparalama ve parlatma cihazında yüzey kalitesi iyileştirilen test numuneleri uygulanan parametrelerin rayın kimyasal bileşenlerinde herhangi bir değişikliğe neden olup olmadığını araştırılması için 30 elementin hassas ölçümünü yapabilen Foundry Master Smart optik emisyon spektrometresinde analiz edilmiştir. Bu cihaz numune bileşiminde bulunan elementlerin argon gazı ile yakılması ile edilen emisyonu optik sistemi sayesinde dalga boylarına ayırır. Her elementin dalga boyu farklıdır. Optik sistem içerisinde bulunan dedektör, her dalga boyu için ışığın yoğunluğunu ölçer. Ölçülen yoğunluk, analiz yapılan malzemedeki elementin konsantrasyonu ile doğru orantılıdır. Şekil 5.8'de optik emisyon spektrometresinin görünüşü verilmiştir.



(a) (b)

Şekil 5.8. Optik Emisyon Spektrometresi a) Spektrometre dış görünümü ve deneye hazırlık b) Spektrometreye numunenin bağlanması ve deney aşaması

500 °C ön ısıtma ve presleme işlemine maruz kalmayan 1 numaralı numune ile bu parametrelere maruz kalan 2 ve 3 numaralı numuneler sırasıyla optik emisyon spektrometresinde analiz edilmiştir.

5.2.2 Sertlik Testi

Kimyasal kompoziyon testinin hazırlık aşamasında Struers LaboPol-5 zımparalama ve partlatma tezgahında ray mantarının 2 yüzeyi pürüzsüz hale getirilmiştir. Bu yüzeylerin bir tarafı kimyasal kompozisyon testinde diğer yüzeyi sertlik testinde kullanılmıştır. Ray numuneleri Emcotest Durajet sertlik ölçüm cihazında incelenmiştir. 1-250 kg arasında değişen yük aralığına sahip cihazın hareketli yük uygulama bileşeninin numune üzerinde bıraktığı yük izinin çapı otomatik olarak ölçülerek numunelerin sertlik değerleri elde edilmiştir. Şekil 5.9' da optik emisyon spektrometresinin görünüşü verilmiştir.



(a) (b)

Şekil 5.9. Emcotest Durajet sertlik ölçüm cihazı a) Sertlik ölçüm cihazı dış görünüş b)Numunelerin sertliğinin ölçülmesi

5.2.3. Çekme Testi ve % Uzama Testi

500 °C ön ısıtma ve pres işlemine maruz kalmayanan raydan alınan numune 1 ve bu parametrelere maruz kalan numune 2 ve numune 3'e ait papyon numuneler, rayın pres merkezinden alınmıştır. Numunelerin çekme testi ve % uzama testi sonuçları, 600 kN test kuvvetine sahip Zwick Roell Z600E test cihazında incelenmiştir. Şekil 5.10' da çekme test cihazının görünüşü verilmiştir.



Şekil 5.10. Zwick Roell Z600E Test Cihazı

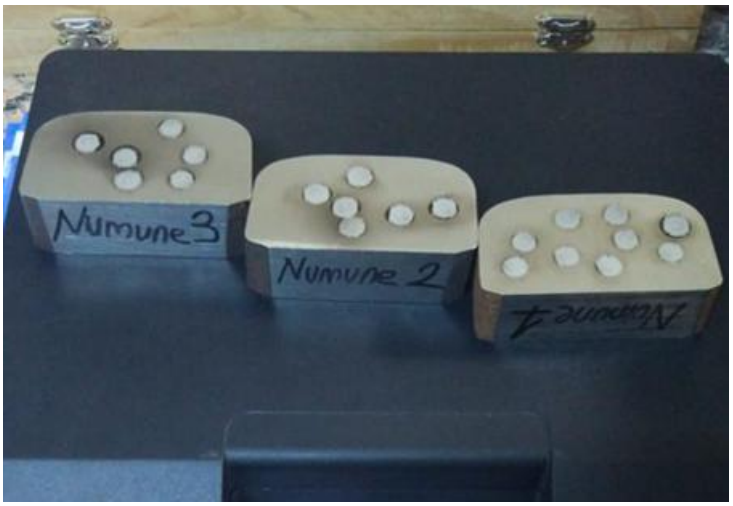
BÖLÜM 6

DENEYSEL BULGULAR VE SONUÇLAR

Deneysel çalışmalar kapsamında; kimyasal kompozisyon testi, sertlik testi, çekme mukavemeti ve % uzama testi yapılmıştır.

6.1. KİMYASAL KOMPOZİSYON TESTİ

Analiz sırasında numunelere 6-9 adet yakma işlemi uygulanmıştır. Elde edilen test sonuçları yakma bölgelerine göre numunelerin kendi içerisinde ve birbiri arasında incelenmiştir. Test sonrası numunelerin son halleri Şekil 6.1'de verilmiştir.



Şekil 6.1. Spektrometre analizi sonrası numuneler

Numunelerin alındığı raya ait sertifika değerleri ve uygulanan parametrelere göre elde edilen analiz değerleri Çizelge 6.1'de verilmiştir.

Sertifika değerleri ile ön ısıtma ve presleme işlemi uygulanmayan numune 1'den alınan test sonuçları benzerlik göstermektedir. Ön ısıtma ve presleme işlemi

uygulanan numune 2 ve numune 3'ten alınan test sonuçlarına göre % C ve % Mn miktarlarında % 2 ye varan azalma tespit edilmiştir.

Çizelge 6.1. Numunelerin kimyasal kompozisyon değerleri

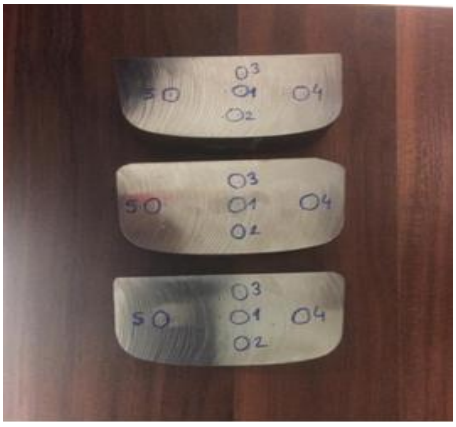
	%C	%Mn	%Si	%P	%S	%Cr	%Ni	%Cu	%Al
Sertifika	0,730	1,08	0,31	0,017	0,009	0,040	0,015	0,030	0,030
Numune1	0,736	1,06	0,34	0,012	0,006	0,034	0,036	0,022	0,029
Numune2	0,717	1,04	0,34	0,015	0,005	0,034	0,037	0,023	0,029
Numune3	0,712	1,03	0,35	0,016	0,006	0,035	0,036	0,024	0,029

6.2. SERTLİK TESTİ

Ray mantarının farklı 5 bölgesinden alınan brinell sertlik değerleri Çizelge 6.2' de verilmiştir. Numuneler üzerindeki yük izleri Şekil 6.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.2. Numunelerin Brinell(HBN) sertlik değerleri

	Ölçüm 1	Ölçüm 2	Ölçüm 3	Ölçüm 4	Ölçüm 5	Ortalama
Numune 1	285 HBN	298 HBN	292 HBN	298 HBN	278 HBN	290HBN
Numune 2	298 HBN	292 HBN	292 HBN	298 HBN	292 HBN	294HBN
Numune 3	285 HBN	278 HBN	292 HBN	285 HBN	285 HBN	285HBN



Şekil 6.2. Numuneler üzerindeki yük izleri

Numunelerden ölçülen sertlik değerlerinin 260-300 HBN arasında, malzeme sınırdeğerleri içinde olduğu tespit edilmiştir. Aynı numuneden alınan 5 farklı ölçüm sonrasında çıkarılan ortalama sertlik değerleri arasındaki değişim ±5 HBN olarak bulunmuştur.

6.3. ÇEKME MUKAVEMETİ VE % UZAMA TESTİ

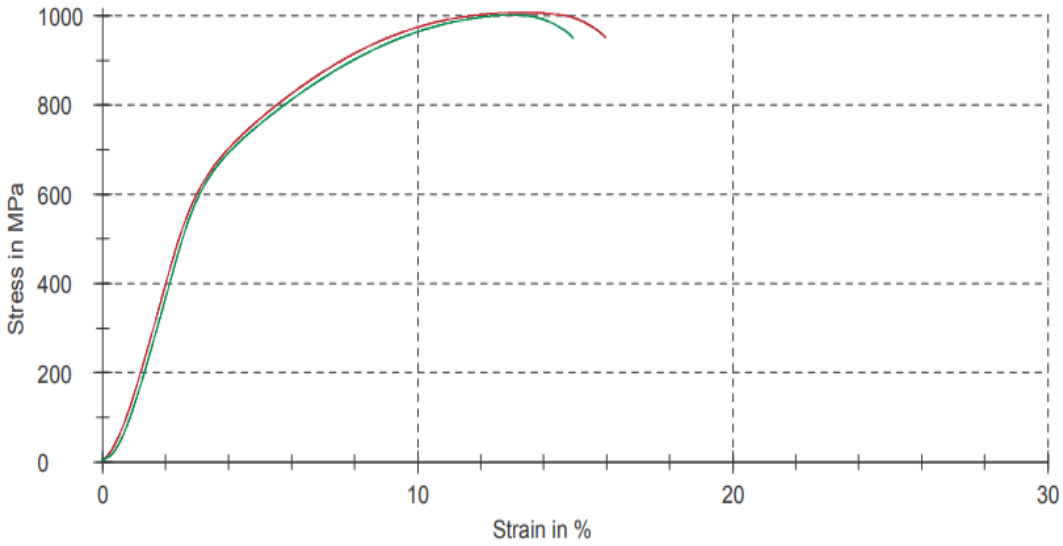
60E1 R260 kalitedeki bir rayın çekme mukavemeti minimum 880 MPa, % uzama değeri ise minimum % 10 olmalıdır. Ön ısıma ve pres işlemine maruz kalmayan numaralı numunenin çekme mukaveti 990 MPa iken, ön ısıtma ve pres işlem uygulanan 2 ve 3 numaralı numunelerin çekme mukavemeti yaklaşık % 2 artarak 1007 MPa ve 1002 MPa olarak ölçülmüştür. Numunelere ait % uzama değerleri ise minimum 10 sınırın üzerinde ölçülmüş olup, % 2'ye varan kayıplar tespit edilmiştir.

Numunelerin alındığı raya ait sertifika değerleri ve uygulanan parametrelere göre elde edilen analiz değerleri Çizelge 6.3'de verilmiştir.

Çizelge 6.3. Numunelerin Çekme ve % uzama değerleri

	Çekme Kuvveti (MPa)	Uzama (%)
Ray Sertifika Değeri	994	12,8
Numune 1	990	11,8
Numune 2	1007	11,3
Numune 3	1002	10,2

2 ve 3 numaralı numunelere ait çekme testi grafikleri Şekil 6.3'de verilmiştir.



Şekil 6.3. Numune 2 ve numune 3 çekme deneyi grafikleri

BÖLÜM 7

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

7.1. SONUÇLAR

Demiryollarının en önemli bileşenlerinden olan demiryolu makaslarının üretimi sırasında raylara uygulanan 500 °C ön ısıtma ve 1 metrede 30 mm itme kuvvetinin rayların mekanik ve kimyasal özellikleri üzerine etkisi bu tezde incelenmiştir. Çalışmada R260 kalitedeki 60E1 ray kullanılmıştır. 500°C ön ısıtma ve 1 metrede 30 mm itme kuvvetine maruz kalan ray numunelerin 2 ve 3 numaralı numune olarak adlandırıldığı, hiç bir işleme maruz kalmayan ray numunesinin ise 1 numaralı numune olarak adlandırıldığı bu çalışmada kullanılan raya ait 3.1 sertifikası da dikkate alınmıştır. Farklı parametrelere maruz kalan demiryolu rayları EN 13674-1 standartında belirtilen sınır değerlerine göre incelenmiştir. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda;

- Optik emisyon spektrometresi test sonuçlarına göre, ön ısıtmalı pres işlemi uygulanan raylardan alınan test numunelerinin kimyasal kompozisyondaki karbon ve mangan değerinin % 2 oranında azaldığı tespit edilmiştir.
- Ön ısıtma ve pres işlemi uygulanan raylardan alınan test numunelerinden elde edilen test sonuçlarına göre çekme mukavemeti değerleri % 2 artarak 1007 MPa ve 1002 MPa olarak ölçülmüştür.
- % uzama değerlerinde ön ısıtma ve presleme işlemi sonrasında % 2'ye varan kayıplar tespit edilmiştir.
- Sertlik deneyleri sonuçlarında 278 - 298 HBN aralığı dışında herhangi bir ölçüm değeri ile karşılaşılmamıştır.

7.2. ÖNERİLER

- Demiryolu raylar ile demiryolu taşıtlarının tekerlekleri arasındaki sertlik farkının aşınma üzerindeki etkileri incelebilir.
- Yapılan çalışma ile elde edile yüzeyler SEM mikroskobu ile incelenerek mikroyapıdaki değişimler incelenebilir.

KAYNAKLAR

1. Yavaşcan, C.V., "Hızlı Tren Hatlarında Kullanılan Ray Sistemlerinde Kullanılan Kaynaklı Bölgenin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, ***Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Sakarya (2015).

2. Günoral, Ş., "Demiryolu Hatlarinin Döşenmesi (Poz)", ***Karabük Üniversitesi Yayını,*** Karabük (2019).

3. Esveld, C., "Modern Railway Track", Digital Edition, ***MRT Productions,*** Zaltbommel- The Netherlands (2014).

4. İnternet: The Railway Technical Website, Infrastructure, ***http://www.railway-technical.com/infrastructure/*** (2022).

5. Tzanakakis,K., "The Railway Track and Its Long Term Behaviour - A Handbook for a Railway Track of High Quality", ***Springer-Verlag***, Berlin-Heidelberg (2013).

6. Anonim1, ***TCDD Hat Bakım El Kitabı***, Üst Yapı, Bölüm-2, Travers, 1. Baskı, Ankara (2013).

7. Ghorbani, A. ve Erden, S., "***2. Uluslar arası Raylı Sistemler Mühendisliği Sempozyumu*** (ISERSE'13), Karabük (2013).

8. Anonim2, ***TCDD Hat Bakım El Kitabı***, Üst Yapı, Bölüm-4, Contalar, 1. Baskı, Ankara (2013).

9. Tunçay, T., Yıldız, M., "R260 Ray Çeliğinin Haddeleme Operasyonunun Mikroyapı ve Mekanik Özelliklere Etkisi", ISERSE'18, ***IV. Uluslararası Raylı Sistemler Mühendisliği Sempozyumu***, Karabük (2018).

10. Tulumtaş, H., "Ray Üretim Teknolojisindeki Gelişmeler ve Türkiye'de Üretim İmkanları", ***5. Ulaştırma Kongresi***, Sakarya Üniversitesi, Sakarya (2001).

11. Agin, O., "Hızlı tren hatlarında yeni ray profili", ***Demiryolu Mühendisliği***, 27-33 (2017).

12. Lichtberger, B., Track Compendium Formation Permanent Way Maintenance Economics. Hamburg, ***Eurail Pres Tetzlaff Hestra***, Germany, 624-625 (2005).

13. Onay, M., "Demiryollarında Alminotermit Kaynak İle Yakma Alın Kaynak Yöntemlerinin Teknik Ve Ekonomik Yönden Karşılaştırılması", Yüksek Lisans Tezi, ***Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, İstanbul (2014).

14. Yılmaz, E., "Ankara-Konya Hızlı Tren Projesi Altyapı İşlerinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, ***Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Konya (2011).

15. Özsaraç, U., "Raylı Taşıtlarda Teker Bandajı-Ray Sisteminde Dolgu Kaynağı Ve Sabo Parçalarının Aşınma Ve Yorulma Davranışlarının İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, ***Sakarya Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü***, Sakarya (2005).

16. Wilson, A., "TMC 227 - Surface defects in rails", Engineering Manual Track, ***NSW Transport – Rali Corp.***, Australia (2013).

17. Berber, Y. , Öztuyak, Ü. , Kalaycıoğlu, O. , Örs, F. , "Kardemir'de Ray Üretimi", ***Makine Mühendisleri Odası***, Karabük(2018)

18. Anonim3, ***TCDD Hat Bakım El Kitabı***, Üst Yapı, Bölüm-9, Ray Taşlama ve Frezeleme, 1. Baskı, Ankara (2013).

19. Anonymous1, "Kolejowe Zakłady Nawierzchniowe (Demiryolu Üstyapı Tesisleri)", ***Manufacturing catalogue: Tramway tracks***, Kraków, Poland (2013).

20. MEB, Makaslar, Raylı Sistemler teknolojisi, ***MEB Yayınları***, Ankara, 2014

21. Dhar, S., "Microstructure and Fatigue Properties of Railway Steels for Switches and Crossings", PhD Thesis, ***Technical University of Denmark,*** Denmark (2019)

22. Anonymous2, "Lbfoster Rail Products, L.B. Foster Rail Business", ***Turnouts Brochure***, ABD (2014).

23. H. Bąkowski and J. Piwnik (2016), "Quantitative and qualitative comparison of tribological properties of railway rails with and without heat treatment", ***Archives of Metallurgy and Materials***, 469-474 (2016).

24. Aksu, H. Kübra, "Investigations of crack origin in the parts of railway turnouts 2020.", Diploma Thesis, ***VSB - Technical University of Ostrava, Faculty of Materials Science and Technology, Department of Materials Engineering***, Ostrava, The Czech Republic (2020).

25. Shtayger, M. G., “Investigation of macroand micro structures ofcompoundsofhigh strength rails implemented bycontact buttwelding using burning off.”, ***IOP Conference Series Materials Science And Engineering***, Novosibirsk, Russian Federation (2018).

26. Hajizad, O., Kumar, A., Li, Z., Petrov, R. H., Sietsma, J., Dollevoet, R. “Influence of Microstructure on Mechanical Properties of Bainitic Steels in Railway Applications”, ***Metals***, 778-779 (2019).

27. S. I. Kuchuk-Yatsenko, Yu. V. Shvets, E. A. Dumchev, V. I. Shvets, Ya. I. Mikitin, S. D. Taranenko and N. N. Nikitina, “Flash-Butt Welding of Railway Frogs with Rail Ends Using an Intermediate Insert”, The Paton Welding Journal, ***International Association Welding***, Kiev, Ukraine (2005).

ÖZGEÇMİŞ

Umut Emre BİNGÖL, Karabük'te doğdu. İlk ve orta öğretimini Karabük ilinde tamamladı. 2009 yılında Karabük Zübeyde Hanım Anadolu Lisesi'nden mezun olduktan sonra Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği'nde lisans öğrenimine başladı ve 2013 yılında lisans eğitimini tamamladı. 2015 yılından bu yana MZA Demiryolu Makas Fabrikasında görev almaktadır.