

# 国産レールの高強度化技術の革新過程 Innovative Improvement of the Strength of Rail Steel in Yawata Works

西尾 一政<sup>1</sup>・山口 富子<sup>1</sup>・榎本 弘毅<sup>2</sup>・岡崎 睦<sup>3</sup>

NISHIO Kazumasa<sup>1</sup>・YAMAGUCHI Tomiko<sup>1</sup>・MASUMOTO Hiroki<sup>2</sup>・OKAZAKI Atsushi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>九州工業大学 工博・<sup>2</sup>元九州工業大学、新日本製鐵(株)・<sup>3</sup>株フジコー、元新日本製鐵(株)

<sup>1</sup>Kyushu Institute of Technology, Dr. Eng.・<sup>2</sup>Formerly Kyushu Institute of Technology and Nippon Steel Corp.

<sup>3</sup>Fujico Co. Ltd., Formerly Nippon Steel Corp.

八幡製鐵所、レール、高強度、熱処理、耐摩耗性

Yawata Iron and Steel Works, Rail, High strength, Heat treatment, Wear resistance

## 背景

新日本製鐵(株)八幡製鐵所は1901年の起業以来、1世紀以上にわたってレールを製造し国内外に供給している。この間、量的な増大は勿論であるが、車両荷重の増大と列車速度の向上という耐えざる要求に応じて、八幡製鐵所では化学成分、高強度化の手法、特に耐摩耗性に対する金属組織の効果、その組織を付与するための熱処理設備と熱処理技術の開発等を検討しレールの高強度化を図ってきた。ここではこれらの技術の発展過程を分析する。

### 1 焼入焼戻しによる高強度レール

最初期から製造されていたのは中炭素鋼の圧延まま普通レールであった。1929年のJES制定で、C量は0.45~0.60%、引張強さ(TS)は637MPa以上とされ、金属組織はフェライト+パーライトであった。太平洋戦争後、1949年のJES改正、1953年の「JIS E 1101 普通レール」の制定によりC量は0.60~0.75%に増加、TSは735MPa以上へと一気に100MPa高強度化された。金属組織も高炭素鋼のパーライト単相へと変化した。しかしほぼ同時にさらなる高強度化も要求され、圧延まま合金添加鋼レールと現行レールの熱処理の2つの方法が提案された。設備能力、合金コスト、熱処理方法等が比較検討された結果、現行圧延まま普通レールの頭部表層部をオフラインで誘導加熱により再加熱した後、連続して焼入焼戻しを行う熱処理硬頭レールが採用された<sup>1)</sup>。1958年、試作レールによる現地敷設試験の成功を受けて国鉄で採用され、1963年「JIS E 1120 熱処理レール」(HHレール)として制定された。表面硬さはHS47~53(TS換算で1059~1240MPa)とされ、組織は焼戻マルテンサイトとなった。このレールは国内においては良好な成果が得られたが、1976年海外の重荷重鉱山鉄道における敷設試験において欧米の高強度レールと比較検討された結果、耐摩耗性で劣るとこ

とが示されたため、急遽耐摩耗性向上のための金属組織的因子が検討された。その結果、欧米のレールはすべて微細パーライト組織であり、同一引張強さでも、八幡製鐵所製レールの焼戻しマルテンサイト組織の方が耐摩耗性で劣ることが判明した<sup>2)</sup>

### 2 スラッククエンチによる高強度レール

耐摩耗性向上を目的として炭素鋼レールの組織を微細パーライト化するための合金成分量、熱処理方法が検討された結果、焼入焼戻し熱処理レールと同じくオフラインで頭部表層部を誘導加熱により再加熱した後、空気によりスラッククエンチする方法が採用された<sup>3)</sup>。1976年から製造を開始し、現地敷設試験の結果を受けて1988年「JIS E 1124 スラッククエンチ式熱処理レール」(NHHレール)として制定された。HHレールに対し、C量はさらに0.07%多くして0.70~0.82%、表面硬さはHS49~56(TS換算で1118~1334MPa)に高められた。したがってこの時点で2種類の高強度レール(硬頭レール)が存在することになった。NHHレールは国内外で優れた耐摩耗性を発揮し、レール寿命の延伸に貢献している。

一方、低合金高炭素鋼レールにスラッククエンチを行ってさらに溶接性を改善したスーパーレールも開発され<sup>2)</sup>、1981年アメリカ運輸省(当時)のFAST実験線(コロラド州)の試験で当時世界最良のレールとしての評価を得た。しかしコスト高のため用途が限定され多く普及するには至らなかった。

### 3 インライン熱処理による高強度レール

HHとNHHという2種類の高強度レールが規格化、実用化されるに至ったが、国内外のユーザーの要求に応えるため、各種高強度レールの用途に応じた使い分け、深い硬化層の確保、溶接性の向上、

が新たな開発項目として設定された。特に の解決には、これまでの誘導加熱では加熱深さが制限されるため、圧延後の顕熱を利用したインライン熱処理を採用することとなった。各種冷却方法を検討の結果、1987年圧延直後の空気噴射によりインラインでスラッククエンチして微細パーライト組織を得る新熱処理レール(社内的にDHHレール)が開発された。国内の私鉄、アメリカのFAST、ロシアの実験線で試験され、耐摩耗性のみでなく疲労亀裂発生を抑止にも優れていることが実証された<sup>4)</sup>。これを契機に1994年「JIS E 1120 熱処理レール」(直接熱処理レール)が制定され、熱処理レールが1本化された。C量は0.72~0.82%でNHHより高めに設定されている。HH340とHH370の2種類があるが、前者は強さにおいてHHを継承し一般曲線用(いわば国内向け)、後者はNHHを継承し急曲線用(いわば海外の重荷重鉄道用)として使い分けができるようになっている。製造量は200万トン(長さで3万km)を超え、国内外で好評を得ている。

#### 4 インライン熱処理による過共析鋼レール

以上に述べた熱処理レールのC量の上限は0.82%で炭素鋼の共析点を超えていなかった。これに対しパーライト組織層間隔の微細化による硬さの向上に替わる新しいシーズが検討され、耐摩耗性はパーライト層中のセメントタイト体積率の増加で向上し、過共析化は耐摩耗性のみでなく多くのレール損傷の防止にも有効であることが判明した。この結果Crを添加した過共析の0.9%C鋼に連続仕上圧延(TMCP)を行った後、インラインでスラッククエンチすることにより初析セメントタイトの無い微細パーライト組織を有する新レール(HE370、HE400)が開発された。表面硬さは0.89%CでHV398(TSで1420MPa)に達しており、北米の重荷重鉄道で優れた耐摩耗性を示し、保守費用の低減も期待されている<sup>5)</sup>。

図1には、普通レールと上述した熱処理レールの規格引張強さ(表面硬さを換算)、図2には同じく規格C量の変遷を示した。

#### あとがき

戦後、耐摩耗性の向上を目的として八幡製鐵所で開発された高強度熱処理レールの進歩について要約した。レール鋼の成分設計、熱処理技術の開発は正に八幡製鐵所の独自技術によるものであるが、この背景には、ここでは述べなかつた製鋼技術と造塊技

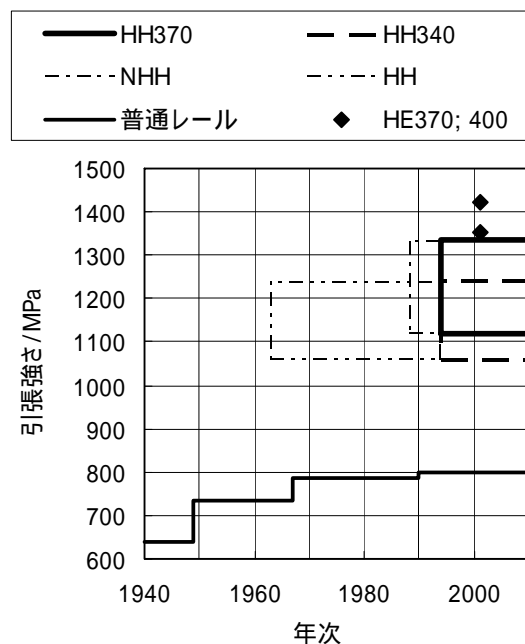


図1 熱処理レールの規格引張強さの変遷

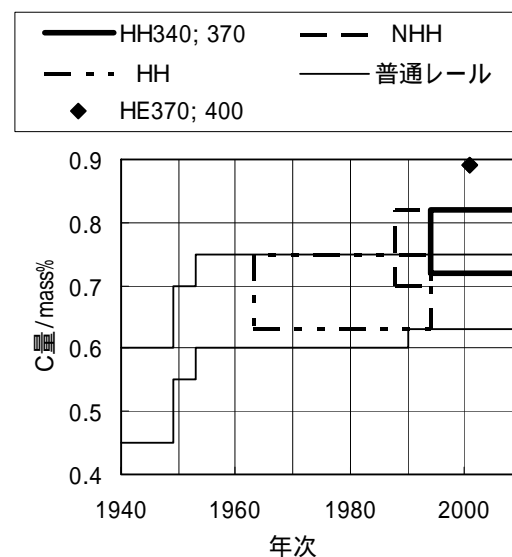


図2 熱処理レールの規格C量の変遷

術の進歩も寄与していることを付言したい。

#### 参考文献

- 1) 合田 進他：製鉄研究 244(1963)pp.47-59
- 2) 杉野和男他：製鉄研究 303(1980)pp.23-38
- 3) 榎本弘毅他：日本金属学会報 19(1980)pp.539-540
- 4) 影山英明他：製鉄研究 343(1992)pp.77-85
- 5) 上田正治他：新日鉄技報 375(2001)pp.150-155