

テルミット頭部補修溶接法の熱処理レールへの適用検討

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○伊藤 太初
 元 (公財) 鉄道総合技術研究所 玉井公一郎
 (公財) 鉄道総合技術研究所 辰己 光正
 (公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 山本 隆一

1. はじめに

テルミット頭部補修溶接法¹⁾ (以下、THR 法と呼ぶ) は、局所的に発生したレールきずを簡易に除去できる手法として鉄道事業者等において導入が検討されている。しかしながら、当該補修方法は直線区間に生じるシェリングきずを主な補修対象として開発されたため、曲線区間に使用される熱処理レールへの適用性が検証されておらず、施工箇所が普通レールのみ²⁾に制限されている。そこで、THR 法の熱処理レールへの適用を目的とし、強制空冷条件の変更による頭頂面硬度分布および溶接金属組織への影響を調査した。また、調査結果を基に、熱処理レールの施工条件を提案し、提案した条件で作製した試験体を対象に性能評価試験を実施した。

2. 試験条件

図 1 に試験体の作製状況を示す。供試体として新品の 60kgHH340 レールおよび普通レールの施工で実績のある H260 溶剤を準備し、THR 試験体を作製した。切取り形状および予熱



図 1 強制空冷による試験体作製状況

条件は普通レールと同一とし、押抜き完了後に、図 1(b)に示すガス圧接部の後熱処理作業等で使用されている冷却装置 (九州鉄道機器製造(株)製 RH-2-DHH) を使用し、100 mmAq、150 mmAq、200 mmAq および 400mmAq の 4 条件による強制空冷を実施した。

3. 空冷条件による頭頂部硬度分布および溶接金属組織

各風圧条件で作製した試験体において頭頂部のビッカース硬さを測定した。図 2 に頭頂面下 5mm 位置で測定した各風圧による溶接金属のビッカース硬さ (荷重 10kN : 10 点平均) を示す。溶接金属の硬さは風圧の増加と共に上昇する傾向が認められ、100mmAq 以上の風圧において HH340 レールの硬さ範囲 (網掛け範囲) に達する。しかしながら、風圧 400mmAq の条件では硬度に比較的大きなばらつきが生じており、場合によっては HH340 レールの硬度範囲を外れる可能性がある。

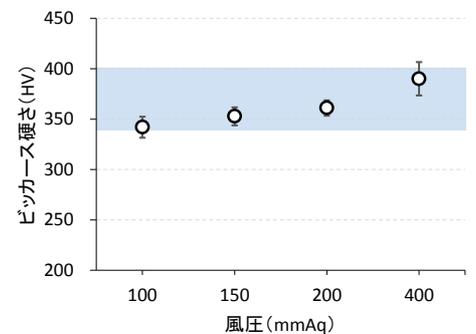


図 2 空冷条件による頭頂部硬度

図 3 に風圧 150mmAq および 400mmAq における溶接金属のミクロ組織を示す。風圧 150mmAq では、微細な硬化組織が観察されるものの、大部分においてフェライト-パーライト組織を呈しており、風圧 100mmAq および 200mmAq においても同様の組織が観察された。一方、風圧 400mmAq では広範囲に硬化組織 (ビッカース硬さ 552HV) が認められて

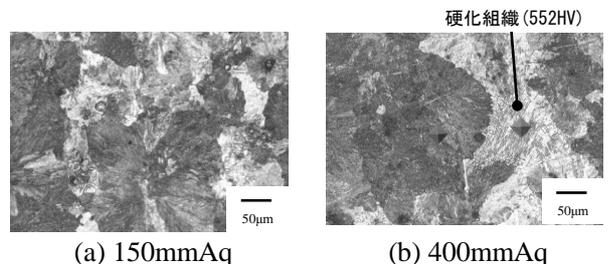


図 3 空冷条件による溶接金属のミクロ組織

おり、これに起因してビッカース硬度にバラツキが生じたものと推定される。また、このように広範囲に硬化組織が認められる空冷条件は実用に適さないと考える。

キーワード テルミット溶接, テルミット頭部補修溶接, 強制空冷, 熱処理レール

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 TEL 042-573-7272

4. 熱処理レールへの溶接条件の提案

本検討で提案する熱処理レールに対する THR 施工条件を表 1 に示す。風圧 150mmAq となる条件で押抜き後から 5 分間強制空冷を実施する。ガス圧接部の後熱処理作業で使用されている冷却装置（九州鉄道機器製造(株)製 RH-2-DHH）を用いる場合は、 γ 相相当の風圧である。なお、予熱条件は普通レールと同様、酸素手元圧 0.32MPa、プロパン手元圧 0.07MPa、予熱時間 180 秒とする。

表 1 提案する熱処理レールへの施工条件

予熱条件			溶剤	空冷条件	
酸素 (MPa)	プロパン (MPa)	時間 (s)		風圧 (mmAq)	時間
0.32	0.07	180	H260	150	5分00秒

5. 性能評価試験

提案する溶接条件で作製した試験体に対して、各種性能評価試験を実施した。

5.1 曲げ破断試験(頭部下向き)

1m スパン中央集中荷重による 3 点曲げで曲げ破断試験を実施した。試験体数は 60kg レール 3 体、50kgN レール 3 体である。破断姿勢は頭頂面に引張応力が作用する頭部下向き (HD) とした。図 4 に熱処理レール試験体の曲げ破断試験結果を示す。いずれの試験体も破断荷重、たわみ共にテルミット溶接部の HD 基準値 (50kgN レール : 950 kN-10mm, 60kg レール : 1,250kN-10mm) を上回っており、破断面に欠陥等は認められなかった。

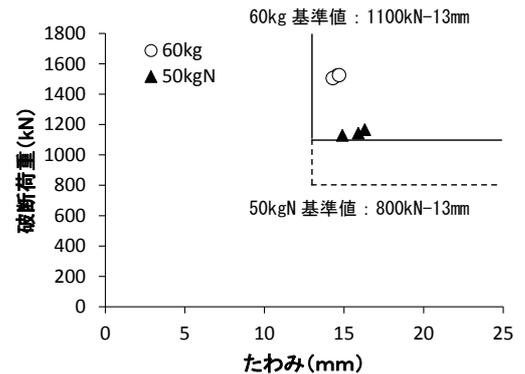


図 4 曲げ破断試験結果

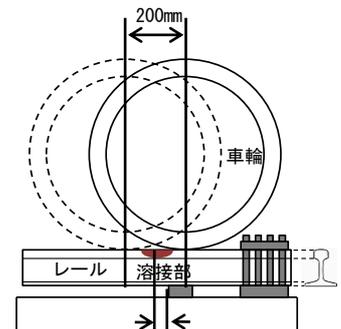
5.2 転動疲労試験

図 5 に転動疲労試験状況、表 2 に転動疲労試験条件および結果を示す。本試験では、曲げ支点から 50mm の位置が溶接金属中心となるように試験体を設置し、溶接金属中心から左右に 100mm、総移動範囲 200mm に亘って車輪を転動させた。垂直荷重は 150kN とし、車輪が自由端側にあるときの頭頂面における最大引張応力は 70N/mm² となる。また、過去の解析結果によると頭頂面下 10mm 位置における最大せん断応力は 139N/mm² であり、エンクロウズアーク溶接部に対して実施された試験例

では、頭頂部に水平裂が発生する厳しい条件である。THR 法による熱処理レール試験体は、100 万回の往復転動回数において未破断であり、試験終了後の超音波探傷試験においてもきずエコーは検出されなかった。なお、試験後の頭頂面外観は良好であり、レール母材と溶接部の硬度差による摩耗量の差は認められなかった。



(a) 転動疲労試験装置



(b) 概略図

図 5 転動疲労試験状況

表 2 転動疲労試験条件および結果

垂直荷重 (kN)	試験条件		試験結果	
	発生応力(N/mm ²)		往復転動数	破断の有無
	最大引張応力	最大せん断応力		
150	70	139	100万回	未破断

6. まとめ

- (1) 普通レールに対する THR 施工で適用される H260 溶剤を用いた場合においても、強制空冷時の風圧を調整することで、熱処理レール (HH340) と同等の硬度分布が得られることが判明した。
- (2) 風圧 150mmAq の空冷条件で作製した試験体に対して、各種性能評価試験を実施した結果、当該条件で作製した試験体は実用上十分な強度を持つことが判明した。

参考文献

- 1) 寺下善弘, 伊藤太初: テルミット溶接を用いてレール頭部きずを補修する, RRR, Vol.71, No.12, 2014