

レールのエンクローズアーク溶接技術

1. はじめに

レールは、鉄道や天井、門型クレーンといった輸送機器に欠かせない構成部材であり、各プラントにおいても貨物鉄道や各種クレーンで使用されている。その中で当社はレール交換および補修のためのレールの溶接をたびたび実施している。今回、製鉄所製鋼工場のクレーンレール取替工事において、エンクローズアーク溶接の施工法確立のための検討を行った。以下にその内容を紹介する。

2. レールの種類とエンクローズアーク溶接

2.1 レールの種類

レールは0.7wt%程度の炭素を含有しており、高炭素鋼に分類される。国内鉄道向けレールは主に長さ1m当たりの重量が50kgまたは60kgのレールが使用され、それぞれ50kgNレール、60kgレールと称される。これらのレールはさらに直線区間に使用される普通レール（JIS E 1101：2001）と急曲線区間に使用される硬度を高めた熱処理レール（JIS E 1120：2007）に大別される。

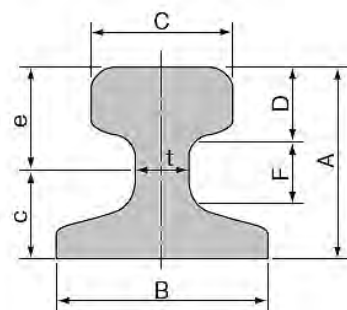
一方、クレーン用レールは特殊レールであり、新日鐵住金株式会社殿が独自規格で1m当たりの重量73kgおよび100kgのレールを製造している。これらはCR73kg、CR100kgと称され、今回の溶接施工法の検討ではCR100kgを使用した。50kgNレール、60kgレールおよびCR100kgの化学的成分および機械的性質を表1に、CR100kgの寸法および重量を図1に示す。

2.2 エンクローズアーク溶接

エンクローズアーク溶接法とは、開先周囲を銅当て金で囲み込むことによって溶融金属の流出を防止し、低水素系溶接棒を使用してスラグを除去することなく連続的に溶接する施工方法である。レール溶接においては首部（図2）に適用され、以下の特徴がある。

- (1) 開先はI開先で、複雑な開先加工が不要である。
- (2) 溶接途中でのスラグ除去をすることなく連続溶接できる。
- (3) 開先断面積が小さいため、溶接時間を大幅に短縮できる。
- (4) 連続溶接、かつ周囲を銅当て金で囲んでいるため、急冷による悪影響が少ない。

エンクローズアーク溶接の原理を図3に示す。



種類	寸法(mm)						重量 (kg/m)	重心位置(cm)	
	A	B	C	D	F	t		c	e
CR100kg	150.0	155.0	120.0	53.0	65.5	39.0	100.2	7.57	7.43

図1 CR100 kgの寸法および重量¹⁾

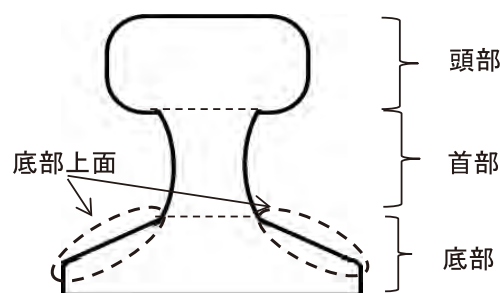


図2 レールの部位名称

表1 レールの化学成分および機械的性質¹⁾

種類	規格	化学成分(wt%)					機械的性質	
		C	Si	Mn	P	S	引張強さ (N/mm ²)	伸び (%)
50kgNレール 60kgレール	JIS E 1101(2001)	0.63 ~0.75	0.15 ~0.30	0.70 ~1.10	0.030 以下	0.025 以下	800以上	10以上
CR100kg	新日鐵住金規格	0.60 ~0.75	0.10 ~0.30	0.70 ~1.10	0.035 以下	0.040 以下	784.5以上	8以上

3. エンクローズアーク溶接施工法の確立

3.1 溶接施工条件

検討時の溶接施工条件を以下に示す。

レールの種類	: CR100kg
溶接方法	: エンクローズアーク溶接
溶接棒	: LB-80EM (榊神戸製鋼所製) LB-116 (同上)
予熱温度	: 500℃以上
後熱	: 600～700℃まで加熱後徐冷
非破壊検査	: 超音波探傷検査 JIS Z 3060 : 2002「鋼溶接部の超音波探傷試験方法」に準拠 (判定基準:きずの分類1類以上で合格)

3.2 施工要領

レール等の高炭素鋼は、急熱急冷させる溶接施工を行うと溶接熱影響部に著しく硬く脆い組織が生じる。よって、溶接熱による収縮による割れが発生する場合がある。このため、できる限り急冷させないことが重要となる。施工要領を以下に示す。

(1) 開先合わせ

レールの開先はI開先、開先間隔は15～20mmとする。レール接合部の底面に銅板を当て、ライナーで逆ひずみを調整した後、レールを拘束する(図4)。

(2) 予熱

予熱はコイルを開先部近傍に設置し行う(図5)。コイルによる加熱後、表面温度計で開先部の温度を確認する。なお、溶接作業中においてもコイルによる加熱は継続する。

(3) 溶接

①底部の溶接

底部は、溶接棒 LB-116 で1パスずつスラグを除去しながら溶接を行う。

②首部の溶接

底部上面のビードをグラインダーで研削後、銅当て金を取り付ける(図6)。取り付け後再度予熱を行い、エンク

ローズアーク溶接を行う。溶接棒は LB-80EM を使用し、連続溶接で行う(図7)。

③頭部の溶接

頭部は底部と同様に、溶接棒 LB-116 で1パスずつスラグを除去しながら溶接を行う。底部、首部、頭部の区分は図2に示す。



図4 レールの拘束



図5 コイルの設置



図6 銅当て金の取り付け

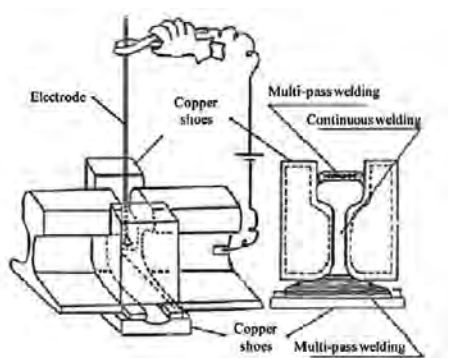


図3 エンクローズアーク溶接の原理²⁾



図7 首部の溶接

④化粧盛り

銅当て金を取り外し、表面のスラグを除去する。止端部等に凹みがある場合は肉盛溶接を行う。

(4) 後熱

溶接終了後、溶接部の外観検査を行い、アンダーカット、スラグ巻き込み等の溶接欠陥が無いことを確認する。欠陥が無ければ、600～700℃まで加熱した後徐冷する。

(5) 仕上げ

後熱終了後、底面以外はグラインダーおよびバフで仕上げる。頭頂部および頭側部は特に平滑に仕上げる(図8)。



図8 溶接部仕上げ状況

3.3 非破壊検査

溶接部の仕上げ完了後、溶接部位の非破壊検査を行う。検査方法は超音波探傷による垂直探傷および斜角探傷とし、「鋼溶接部の超音波探傷試験方法(JIS Z 3060:2002)」に準拠する。感度設定に用いる対試験片はCR100kgにφ1.0mmの横穴を開けたテストジグを使用し、合格基準はきずの分類1類以上とする。

4. おわりに

レール溶接部の内部に微細ではあってもき裂が存在すると、車輪からの負荷により破断に至るため、定期的な溶接補修もしくはレールの交換が必要となる。仮に内部にき裂がない溶接施工ができれば、レール交換や補修の周期が伸び、運転の効率化およびメンテナンス費用の削減に繋がる。

今回のクレーンレール取替工事では、現地での施工に先立ち、2名の溶接士が今回確立した溶接施工法に基づいたレール溶接トレーニングを行った。現地工事は2014年4月に施工し、計画通りに完了した。今後も最適な溶接施工を提供し、お客様の設備の保全に寄与していきたい。

岩崎 良二(技術本部 技術部)

参考文献

- 1) 新日鐵住金株式会社:新日鐵住金 建設用資材ハンドブック 2014年8月改訂版 p.360
- 2) 才田健二, 狩峰健一, 上田正治, 岩野克也, 山本剛士, 廣口貴敏:レールの溶接技術の動向と今後の展開, 新日鐵住金技報 第395号, p.90, (2013)