

Một số vấn đề về sửa chữa đường sắt không khe nối

Some issues related to the maintenance of continuous welded rail (CWR)

> THS PHẠM DUY HÒA

Trường Đại học Giao thông vận tải

Email: hoapd@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Kỹ thuật duy tu sửa chữa đường sắt không khe nối (ĐSKKN) ngoài những yêu cầu giống như đường sắt thông thường còn có những phương pháp duy tu sửa chữa khác với đường thông thường. Kỹ thuật duy tu sửa chữa cần xây dựng tiêu chuẩn quản lý và sửa chữa, hoàn thiện các thiết bị đo, tính toán, khám phá trạng thái kỹ thuật, dự đoán thương tổn các bộ phận đường, xây dựng kế hoạch sửa chữa đường trước mắt và lâu dài.

Để đảm bảo ĐSKKN có đủ cường độ và ổn định còn phải hết sức chú trọng phòng ray nở về mùa hạ, ray gãy về mùa đông. Vì vậy, cần nâng cao chất lượng kỹ thuật duy tu sửa chữa.

Từ khóa: Bảo dưỡng đường cong; kỹ thuật sửa chữa đường sắt không khe nối; các nguyên tắc yêu cầu cơ bản và điều kiện nhiệt độ trong duy tu sửa chữa; cơ sở khoa học để duy tu; phát tán và điều chỉnh ứng suất nhiệt.

ABSTRACT

Railway maintenance technology for continuously welded rail (CWR) lines, in addition to having requirements similar to conventional railways, also involves different maintenance methods compared to standard tracks. Maintenance technology requires the establishment of management and maintenance standards, improvement of measurement equipment, calculations, assessment of technical conditions, prediction of damage to track components, and the development of both short-term and long-term maintenance plans.

To ensure that CWR tracks have sufficient strength and stability, it is also essential to pay close attention to preventing rail buckling in summer and rail breakage in winter. Therefore, it is necessary to improve the technical quality of maintenance work.

Keywords: Curved track maintenance; maintenance techniques for continuously welded rail (CWR); fundamental principles and requirements; temperature conditions in maintenance work; scientific basis for maintenance; dispersion and adjustment of thermal stress.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Duy tu sửa chữa ĐSKKN có nhiệm vụ cơ bản là duy trì đồng thời chất lượng hình học tuyến và trạng thái ứng suất nhiệt ổn định trong ray dài, nhằm đảm bảo tàu chạy an toàn, êm thuận, liên tục và nâng cao tuổi thọ kết cấu tầng trên. Khác với đường có khe nối, ĐSKKN làm việc trong điều kiện ứng suất nhiệt tích lũy lớn, nên nguy cơ trở ray vào mùa nóng và gãy ray vào mùa lạnh luôn tồn tại nếu không kiểm soát tốt nhiệt độ khóa ray và lực cản đường. Vì vậy, công tác duy tu không chỉ mang tính hình học mà còn phải dựa trên cơ sở cơ học - nhiệt học của ray hàn liền.

Bài báo tập trung làm rõ các nguyên tắc và điều kiện nhiệt độ trong duy tu sửa chữa, cơ sở khoa học của quá trình duy tu, cũng như phương pháp phát tán và điều chỉnh ứng suất nhiệt, qua đó góp phần nâng cao hiệu quả quản lý và khai thác an toàn ĐSKKN trong điều kiện Việt Nam.

2. CÁC NGUYÊN TẮC YÊU CẦU CƠ BẢN VÀ ĐIỀU KIỆN NHIỆT ĐỘ TRONG DUY TU SỬA CHỮA

2.1. Các nguyên tắc cơ bản

Bản chất duy tu ĐSKKN là đồng thời duy trì hình học tuyến và ổn định ứng suất nhiệt trong ray, bảo đảm đủ lực cản chống trở ray mùa nóng và gãy ray mùa lạnh. Việc tổ chức duy tu cần tuân thủ các nguyên tắc sau:

(1) Ray dài phải được khóa trong phạm vi nhiệt độ khóa ray thiết kế (T_k). Sau khi khóa, các tác nghiệp duy tu không được làm thay đổi trạng thái này.

(2) Khi nhiệt độ khóa ray thực tế sai lệch hoặc vượt giới hạn thiết kế, phải tiến hành phát tán hoặc điều chỉnh ứng suất nhiệt để đưa về phạm vi cho phép.

(3) Mọi công tác duy tu phải phụ thuộc nhiệt độ ray thực tế, chỉ thực hiện trong điều kiện nhiệt độ phù hợp để không làm suy giảm ổn định đường.

(4) Duy tu tổng hợp cần thực hiện đồng bộ (chèn, sàng đá, thay tà vẹt, chỉnh hình học, xử lý ứng suất), ưu tiên vào thời kỳ nhiệt độ ổn định (mùa thu/xuân).

(5) Cần tăng cường duy tu các khu vực nhạy cảm như khu co giãn và khu điều chỉnh để đảm bảo ổn định lâu dài của ĐSKKN.

2.2. Các yêu cầu cơ bản về trạng thái ĐSKKN

Trạng thái của ĐSKKN đặc trưng với các yêu cầu sau:

(1) Ổn định nhiệt - ứng suất: Ray dài phải được khóa đúng nhiệt độ khóa ray thiết kế; khi sai lệch phải phát tán/điều chỉnh kịp thời. Không thi công khi nhiệt độ vượt giới hạn làm giảm lực cản đường.

(2) Hình học và đệm đường: Bình đồ, trắc dọc đạt chuẩn; mối hàn phẳng ($\leq 0,5$ mm/1 m), ray cong được nắn chỉnh. Đệm đá đủ, sạch, chèn chặt, đúng mặt cắt thiết kế.

(3) Liên kết và kết cấu: Liên kết ray - tà vẹt phải chặt (mô-men đúng quy định), dùng bu-lông cường độ cao tại khu điều chỉnh; tà vẹt bê tông sử dụng liên kết đàn hồi phù hợp.

(4) Quan trắc và kiểm soát: Bố trí cọc quan trắc chuyển vị hợp lý theo chiều dài tuyến; theo dõi trôi ray, ứng suất để phục vụ điều chỉnh.

(5) Nền đường và thoát nước: Xử lý kịp thời lún, phọt bùn, túi đá; đảm bảo thoát nước tốt để duy trì ổn định.

(6) Tổ chức duy tu và hồ sơ: Tổ chức duy tu theo điều kiện nhiệt độ và trạng thái đường; tăng cường tuần tra, kiểm tra trọng điểm; lập và cập nhật đầy đủ hồ sơ kỹ thuật.

(7) Khu vực nhạy cảm: Tăng cường duy tu khu co giãn và khu điều chỉnh - các vị trí quyết định ổn định ĐSKKN.

2.3. Đo nhiệt độ khóa ray thực tế trên ĐSKKN

Trong quá trình khai thác, dưới tác động của tải trọng đoàn tàu, tương tác bánh xe-ray và các tác nghiệp duy tu, trạng thái ứng suất trong ray dài bị phân bố lại, dẫn đến nhiệt độ khóa ray thực tế ($T_{k,t}$) khác với nhiệt độ khóa ray thiết kế ban đầu.

Nếu không xác định đúng $T_{k,t}$ mà vẫn tổ chức duy tu theo nhiệt độ khóa ray thiết kế, có thể vô tình đưa ray vào trạng thái ứng suất nguy hiểm, gây trôi ray khi nhiệt độ cao hoặc gãy ray khi nhiệt độ thấp, dù điều kiện nhiệt độ bên ngoài tưởng như vẫn nằm trong giới hạn cho phép. Vì vậy, việc xác định chính xác nhiệt độ khóa ray thực tế là yêu cầu bắt buộc trong duy tu ĐSKKN.

Trong thực tế, chưa có phương pháp đo trực tiếp hoàn toàn chính xác $T_{k,t}$; phương pháp được sử dụng phổ biến là đo chuyển vị dọc của ray tại các cọc quan trắc kết hợp phân tích theo lý thuyết giãn nở nhiệt. Khi chuyển vị dọc phân bố đều giữa các điểm đo, có thể coi ứng suất nhiệt trong ray phân bố đồng đều; ngược lại, nếu xuất hiện chênh lệch chuyển vị, chứng tỏ ứng suất nhiệt đã phân bố lại không đều, dẫn đến $T_{k,t}$ khác nhau theo từng đoạn ray và cần được điều chỉnh.

Trị số thay đổi giữa nhiệt độ khóa ray thực tế so với nhiệt độ khóa ray lúc đặt ray có thể tính theo công thức:

$$\Delta t = \frac{\Delta l}{\alpha \cdot l} \quad (1)$$

Trong đó:

Dt: Chênh lệch nhiệt độ khóa ray thực tế so với nhiệt độ khóa ray khi đặt đường ($^{\circ}\text{C}$).

DL: Hiệu số giãn nở giữa hai cọc quan trắc(mm).

a: Hệ số giãn nở thép ray; $\alpha = 0,0118\text{mm}/(\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C})$.

l: Cự ly giữa hai cọc quan trắc (m).

3. DUY TU ĐSKKN

3.1. Phân loại và nội dung công tác duy tu

Công tác duy tu ĐSKKN được tổ chức theo ba cấp độ chính, gồm duy tu tổng hợp, duy tu bảo dưỡng thường xuyên và sửa chữa bổ sung tạm thời, phù hợp với trạng thái kỹ thuật và quy luật biến đổi của kết cấu đường. Việc phân cấp này phản ánh cách tiếp cận hiện đại trong quản lý ĐSKKN, trong đó cần kiểm soát đồng thời hình học tuyến, lực cản đệm đường và trạng thái ứng suất nhiệt của ray nhằm đảm bảo ổn định lâu dài và an toàn chạy tàu.

Duy tu tổng hợp là hình thức sửa chữa có tính chu kỳ và kế hoạch, nhằm khôi phục toàn diện trạng thái kỹ thuật của đường. Nội dung bao gồm chỉnh sửa hình học tuyến (bình đồ, trắc dọc, cao độ), chèn và sàng đá để phục hồi độ chặt và lực cản của đệm đường, thay thế hoặc sửa chữa tà vẹt và các liên kết hư hỏng, mài và chỉnh sửa mối hàn, đồng thời xử lý các bệnh hại như trôi đường, phọt bùn, thiếu đá. Đối với ĐSKKN, duy tu tổng hợp còn gắn với việc kiểm soát và khi cần thiết phải điều chỉnh hoặc phát tán ứng suất nhiệt, nhằm đảm bảo trạng thái làm việc ổn định của ray dài.

Duy tu bảo dưỡng thường xuyên được thực hiện liên tục trong quá trình khai thác, có trọng điểm theo tình trạng thực tế của tuyến đường. Nội dung chủ yếu là chỉnh sửa cục bộ các sai lệch hình học trong phạm vi cho phép, duy trì trạng thái ổn định của đệm đá và hệ liên kết, thay thế các cấu kiện hư hỏng, xử lý các khuyết tật mối hàn và ray, đồng thời theo dõi và điều chỉnh các hiện tượng trôi ray, phân bố lại ứng suất nhiệt khi cần thiết. Mục tiêu của cấp độ này là ngăn ngừa sự phát triển của hư hỏng và duy trì chất lượng khai thác ổn định giữa các chu kỳ duy tu tổng hợp.

Sửa chữa bổ sung tạm thời là các biện pháp xử lý nhanh, mang tính khắc phục trước mắt đối với những vị trí có sai lệch vượt quá giới hạn quản lý hoặc tiềm ẩn nguy cơ mất an toàn chạy tàu. Nội dung chủ yếu là hiệu chỉnh tạm thời hình học tuyến, gia cố liên kết, bổ sung đá hoặc xử lý cục bộ nền đường nhằm khống chế sự phát



a) - Trên đường thẳng

Hình 1. Hiện tượng ray bị nở trên đường thẳng, cong



b) - Trên đường cong

triển của biến dạng và đảm bảo điều kiện khai thác an toàn. Các vị trí này sau đó cần được đưa vào kế hoạch duy tu tổng hợp hoặc sửa chữa triệt để để đảm bảo ổn định lâu dài.

3.2. Cơ sở khoa học của công tác duy tu ĐSKKN

Kết cấu ĐSKKN làm việc dưới tác động đồng thời của tải trọng động đoàn tàu và ứng suất nhiệt trong ray dài, do đó có quy luật biến đổi theo thời gian rõ rệt. Sau khi thi công hoặc duy tu tổng hợp, đệm đá ở trạng thái rời, có độ rỗng lớn và khả năng chịu lực chưa ổn định; dưới tác dụng của tải trọng, các hạt đá dần sắp xếp lại, độ chặt tăng lên và biến dạng dư tích lũy nhanh, đây là giai đoạn không ổn định. Khi đệm đá đạt trạng thái chèn chặt, biến dạng giảm dần và kết cấu đường làm việc ổn định, là giai đoạn khai thác hiệu quả nhất của ĐSKKN. Sau một thời gian khai thác dài, đệm đá bị bấn, kết cấu suy giảm, xuất hiện lún, trôi, mất ổn định cục bộ và khả năng kháng lực giảm, kết cấu chuyển sang giai đoạn suy thoái. Việc nhận diện đúng các giai đoạn này là cơ sở để lựa chọn chế độ duy tu phù hợp.

Các hư hỏng của ĐSKKN hình thành chủ yếu do tương tác giữa tải trọng động, điều kiện nền đường và sự phân bố lại ứng suất nhiệt trong ray. Những dạng hư hỏng điển hình gồm lún không đều, trôi ray, biến dạng hình học, bấn và suy giảm chất lượng đệm đá, khuyết tật mối hàn và ray. Đặc biệt, khi lực cản của kết cấu đường giảm hoặc ứng suất nhiệt phân bố không đều, có thể dẫn đến mất ổn định như trôi ray vào mùa nóng hoặc gãy ray vào mùa lạnh. Quá trình này mang tính tích lũy và phát triển theo thời gian, do đó nếu không được kiểm soát kịp thời sẽ làm suy giảm nhanh chất lượng khai thác và an toàn chạy tàu.

Kiểm tra và đánh giá trạng thái kỹ thuật của ĐSKKN phải được thực hiện trên cả hai phương diện tĩnh và động. Ngoài các chỉ tiêu hình học truyền thống, cần sử dụng các phương pháp đo kiểm hiện đại để đánh giá độ không bằng phẳng, chất lượng chạy tàu và trạng thái làm việc của kết cấu đường. Đồng thời, việc quan trắc chuyển vị ray và đánh giá phân bố ứng suất nhiệt là nội dung quan trọng nhằm xác định nhiệt độ khóa ray thực tế và nguy cơ mất ổn định. Các số liệu kiểm tra là cơ sở để lập kế hoạch duy tu, lựa chọn biện pháp kỹ thuật phù hợp và nâng cao hiệu quả quản lý khai thác ĐSKKN.

3.3. Quản lý và điều chỉnh ứng suất nhiệt trong ĐSKKN

Khái niệm và vai trò của nhiệt độ khóa ray: Nhiệt độ khóa ray (T_k) là nhiệt độ tại đó ray dài ở trạng thái không có ứng suất nhiệt, được xác lập khi thi công hoặc sau khi điều chỉnh ứng suất. Trong ĐSKKN, T_k đóng vai trò quyết định đến mức ứng suất nén khi nhiệt độ tăng và ứng suất kéo khi nhiệt độ giảm. Việc duy trì T_k trong phạm vi thiết kế là điều kiện tiên quyết để đảm bảo ổn định chống trôi ray và phòng gãy ray, đồng thời duy trì chất lượng hình học tuyến và an toàn chạy tàu.

Các trường hợp cần phát tán/điều chỉnh ứng suất: Việc phát tán hoặc điều chỉnh ứng suất nhiệt được thực hiện khi nhiệt độ khóa ray thực tế sai lệch so với thiết kế, khi ứng suất phân bố không đều do trôi ray, lún nền hoặc thi công không phù hợp, khi xuất hiện biến dạng hình học bất thường, hoặc khi thay ray, sửa chữa làm thay đổi trạng thái kết cấu đường. Ngoài ra, các trường hợp không xác định được nhiệt độ khóa ray hoặc chênh lệch lớn giữa các đoạn ray cũng cần tiến hành điều chỉnh để đảm bảo làm việc an toàn.

Yêu cầu kỹ thuật khi phát tán ứng suất: Quá trình phát tán ứng suất phải đảm bảo phân bố ứng suất đều dọc ray, đưa ray về trạng thái giãn tự do trước khi khóa lại. Nhiệt độ ray trong quá trình thực hiện phải nằm trong phạm vi cho phép, không vượt quá giới hạn thiết kế. Sau khi hoàn thành, nhiệt độ khóa ray thực tế phải nằm

trong khoảng quy định và được kiểm chứng thông qua quan trắc chuyển vị, nếu chưa đạt yêu cầu cần tiếp tục điều chỉnh đến khi đảm bảo đồng đều.

Phương pháp phát tán ứng suất: Phát tán ứng suất là quá trình làm giảm lực dọc trong ray bằng cách nới lỏng liên kết và tạo điều kiện cho ray co giãn tự do, sau đó khóa lại ở trạng thái phù hợp. Việc thực hiện thường kết hợp các biện pháp cơ học như sử dụng con lăn, thiết bị kéo giãn và kiểm soát điều kiện nhiệt độ trong quá trình thi công.

Phương pháp khống chế nhiệt độ: Phương pháp này thực hiện bằng cách lựa chọn khoảng nhiệt độ ray phù hợp gắn với nhiệt độ khóa ray thiết kế, nới lỏng liên kết để ray tự do co giãn và phát tán ứng suất, sau đó khóa lại tại nhiệt độ thực tế. Đây là phương pháp được áp dụng phổ biến do phản ánh đúng trạng thái làm việc thực tế của ray, tuy nhiên phụ thuộc nhiều vào điều kiện khí tượng và yêu cầu kiểm soát nhiệt độ nghiêm ngặt trong quá trình thi công.

Phương pháp khống chế chiều dài: Phương pháp này dựa trên tính toán lượng giãn dài hoặc co ngắn cần thiết của ray tương ứng với nhiệt độ khóa ray mục tiêu, từ đó điều chỉnh chiều dài ray khi phát tán. Ưu điểm là chủ động về kỹ thuật, nhưng độ chính xác phụ thuộc vào việc xác định đúng nhiệt độ khóa ray ban đầu và điều kiện thực tế, do đó thường áp dụng trong các trường hợp cần hiệu chỉnh có kiểm soát.

Phương pháp điều chỉnh ứng suất nhiệt: Điều chỉnh ứng suất nhiệt được thực hiện khi ứng suất phân bố không đều nhưng không cần thay đổi chiều dài ray. Biện pháp phổ biến là nới lỏng cục bộ hoặc toàn bộ liên kết trong khu vực cần xử lý, kết hợp tác động cơ học hoặc tải trọng đoàn tàu để phân bố lại ứng suất, sau đó xiết chặt lại theo tiêu chuẩn. Quá trình này phải được kiểm soát chặt chẽ để đảm bảo ứng suất được phân bố đều, tránh tạo ra các vùng tập trung ứng suất gây mất ổn định kết cấu đường.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã làm rõ rằng duy tu ĐSKKN không chỉ là duy trì hình học tuyến mà trọng tâm là kiểm soát trạng thái ứng suất nhiệt của ray dài và lực cản của kết cấu đường. Việc xác định đúng nhiệt độ khóa ray thực tế, tổ chức duy tu theo điều kiện nhiệt độ và áp dụng hợp lý các biện pháp phát tán, điều chỉnh ứng suất là yếu tố quyết định để phòng ngừa trôi ray và gãy ray.

Kết quả nghiên cứu cho thấy cần tiếp cận công tác duy tu theo hướng khoa học, đồng bộ giữa hình học - kết cấu - nhiệt học, kết hợp quan trắc và kiểm soát trạng thái đường trong suốt quá trình khai thác. Điều này có ý nghĩa quan trọng trong việc nâng cao an toàn, chất lượng khai thác và tuổi thọ kết cấu ĐSKKN trong điều kiện Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Thanh Tùng, Bùi Thị Trí, Lê Văn Cử. Giáo trình kết cấu tầng trên đường sắt, NXB. Giao thông vận tải, 1996.
- [2] Lê Văn Cử. Kỹ thuật sửa chữa đường sắt đô thị. NXB. Giao thông vận tải, 2020.
- [3] Trương Trọng Vương. Bài giảng kỹ thuật sửa chữa đường sắt đô thị, 2018.
- [4] N.F.Doyle BHP Melbourne Research Laboratories. Railway track design a review of current practice (bản tiếng Anh).
- [5] PGS.TS Nguyễn Thanh Tùng. Kỹ thuật sửa chữa đường sắt. NXB. Giao thông vận tải, 2006.