

Nghiên cứu ảnh hưởng một số tham số của đường cong đến hao mòn gờ bánh xe đầu máy

■ TS. TÀO VĂN CHIẾN

Trường Đại học Giao thông vận tải

TÓM TẮT: Bài báo trình bày mô hình đánh giá hao mòn gờ bánh xe của đầu máy căn cứ vào chỉ số hao mòn Heumann. Mô hình là sự kết hợp giữa mô hình động lực học đầu máy được xây dựng bằng phần mềm mô phỏng động lực học Simpack và chương trình tính toán dựa trên phần mềm Matlab. Ứng dụng mô hình này để đánh giá ảnh hưởng của bán kính đường cong, độ gia khoan, chiều dài đường cong hòa hoãn đến hao mòn gờ bánh xe. Đây là căn cứ để nghiên cứu lựa chọn các tham số của đường cong hợp lý nhằm làm giảm hao mòn bánh xe đầu máy.

TỪ KHÓA: Hao mòn bánh xe, động lực học, đường cong, đầu máy.

ABSTRACT: This paper deals with an evaluation model of locomotive wheel flange wear is proposed based on the Heumann wear index. The model is a combination of the locomotive dynamics model established by the simulation software Simpack and the calculation program based on the Matlab software. The model is used to evaluate the influence of curve radius, gauge widen and delayed curve length on wheel flange wear. This is the basis for research and selection of appropriate curve parameters to reduce wheel wear of locomotive.

KEYWORDS: Wheel wear, dynamic model, curver, locomotive

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hao mòn mặt lăn, gờ bánh xe là hình thức phổ biến và tồn tại tự nhiên trong quá trình vận động bánh xe tiếp xúc với đường ray trực tiếp ảnh hưởng đến an toàn vận hành đoàn tàu, hiệu quả kinh tế khai thác đầu máy, toa xe.

Hao mòn bánh xe là một trong những lĩnh vực nghiên cứu quan trọng, cũng là vấn đề phức tạp. Từ thế kỷ 19 trở lại đây, nhiều tác giả trên thế giới đã dùng nhiều phương pháp khác nhau để tiến hành nghiên cứu vấn đề này, chủ yếu tập trung ở 3 phương diện: lý thuyết tiếp xúc giữa bánh xe và ray; thí nghiệm về hao mòn và mô phỏng về hao mòn. Braghin căn cứ vào kết quả thí nghiệm thành lập mô hình tính toán hao mòn mặt lăn bánh xe [1]. Jendel căn cứ vào lý luận Hertz, phần mềm GENSYS và mô hình hao mòn Archard thành lập mô hình mô phỏng hao mòn, ứng

dụng phần mềm này để nghiên cứu hao mòn bánh xe toa xe, kết quả mô phỏng phù hợp kết quả thực tế [2]. Pearce sử dụng mô hình giản đơn phân tích hao mòn bánh xe trên đoạn đường cong chữ S [3]. Pombo đã nghiên cứu độ cứng hệ đàn hồi 1 và độ côn mặt lăn ảnh hưởng đến hao mòn mặt lăn [4].

Liên quan đến vấn đề này, [5] đã nghiên cứu hao mòn mặt lăn bánh xe đầu máy, thông qua xử lý số liệu thống kê về hao mòn bánh xe để xác định tuổi thọ làm việc của bộ trục bánh; hư hỏng hao mòn mặt lăn bánh xe toa xe vận hành trên đường sắt Việt Nam, ảnh hưởng của sự gia tăng nhiệt độ bánh xe khi hãm đến hao mòn bánh xe được trình bày trong [6].

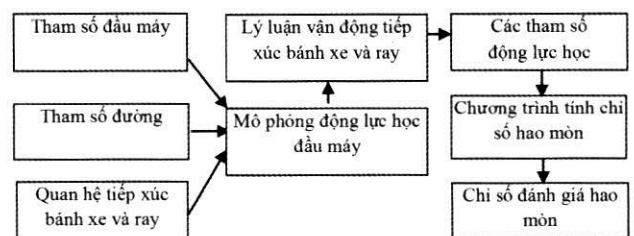
Bộ phận chạy của đầu máy đóng vai trò quyết định đến sự ổn định của đầu máy trên đường ray, dẫn hướng cho đoàn tàu và giúp cho đoàn tàu có thể chuyển động được. Khi bánh xe bị hao mòn lớn sẽ ảnh hưởng đến an toàn chạy tàu. Vì vậy, việc nghiên cứu hao mòn của nó có ý nghĩa quan trọng. Hao mòn bánh xe và ray là lĩnh vực rất phức tạp, nó chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố như trạng thái đường sắt, trạng thái kỹ thuật của đầu máy, toa xe, điều kiện vận hành... Do đó, việc đưa ra biện pháp nhằm giảm hao mòn cũng cần khảo sát từ các phương diện khác nhau.

Trong bài báo này, tác giả trình bày về mô hình xác định chỉ số đánh giá hao mòn và ứng dụng mô hình này để đánh giá ảnh hưởng của bán kính đường cong, độ gia khoan, độ dài đường cong hòa hoãn đến hao mòn gờ bánh xe. Đối tượng nghiên cứu là đầu máy D20E vận hành trên đường sắt Việt Nam.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Mô hình xác định chỉ số đánh giá hao mòn

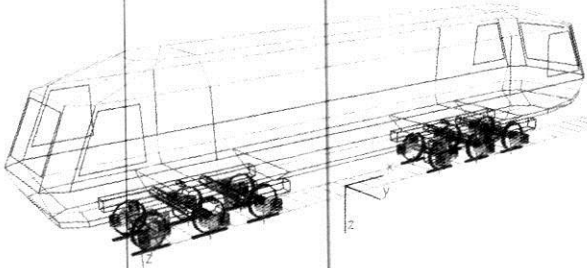
Mô hình bao gồm 2 bộ phận hợp thành: mô hình động lực học của đầu máy và chương trình tính toán chỉ số hao mòn căn cứ trên cơ sở lý thuyết các phương pháp đánh giá hao mòn. Từ kết quả mô phỏng động lực học tính được lực ngang giữa bánh xe với ray, góc xung kích... Căn cứ vào các giá trị này để tính chỉ số đánh giá hao mòn của bánh xe. Quá trình tính toán như Hình 2.1.



Hình 2.1: Quá trình tính toán chỉ số đánh giá hao mòn

2.2. Mô hình động lực học của đầu máy D20E

Để mô phỏng tính toán động lực học của đầu máy D20E, báo cáo này sử dụng phần mềm Simpack thành lập mô hình động lực học, mô hình bao gồm 9 vật thể: thân xe, 2 giá chuyển hướng và 6 bộ trục bánh xe. Trong mô hình còn khảo sát hệ đàn hồi 1 và 2, giảm chấn dọc, giảm chấn ngang... Nhập các thông số kỹ thuật của đầu máy D20E và thông số kỹ thuật của đường sắt sẽ được mô hình động lực học của đầu máy D20E như Hình 2.2. Điều kiện tiếp xúc là biên dạng mặt lăn bánh xe đầu máy D20E và bề mặt ray loại P43 [7].



Hình 2.2: Mô hình 3D nghiên cứu động lực học đầu máy

2.3. Các phương pháp đánh giá hao mòn bánh xe

Chỉ tiêu hao mòn giữa bánh xe và ray có thể đánh giá trạng thái hao mòn giữa bánh xe và ray. Chỉ tiêu đánh giá hao mòn hợp lý không chỉ phản ánh tính năng thông qua đường cong của đầu máy tốt hay xấu, mà có thể nhờ chỉ tiêu này để phân tích nhân tố ảnh hưởng đến hao mòn nhiều hay ít, là cơ sở để thuận tiện trong quá trình thiết kế, trong quá trình vận dụng để giảm nhẹ hao mòn. Các nghiên cứu sau đều cho thấy mức độ hao mòn của ray và bánh xe chủ yếu chịu ảnh hưởng của các nhân tố như góc xung kích, lực ngang giữa bánh xe và ray, suất trượt đàn hồi...

2.3.1. Chỉ số hao mòn Heumann

Chỉ số hao mòn Heumann còn có thể gọi là chỉ số hao mòn truyền thống, hiện tại được ứng dụng rộng rãi trong tính toán chỉ số hao mòn. Chỉ số hao mòn Heumann chỉ ra quan hệ giữa hao mòn giữa má ray và gờ bánh xe với lực sinh ra trên gờ bánh và góc xung kích [8].

$$W = \mu H \alpha \quad (1)$$

Trong đó:

μ - Hệ số ma sát giữa gờ bánh và đường ray;
 H - Lực dẫn hướng trên gờ bánh, hoặc dùng tổng lực ngang giữa bánh xe và ray, N;
 α - Góc xung kích của bộ trục bánh, rad.

Công thức tính chỉ số hao mòn Heumann cho thấy độ hao mòn và cộng ma sát tại gờ bánh tỉ lệ thuận.

2.3.2. Chỉ số hao mòn Elkins

Chỉ số hao mòn Elkins do bộ môn đường sắt nước Anh đưa ra từ những năm 80 của thế kỷ trước, ý nghĩa vật lý của nó chính là công ma sát sinh ra khi trục bánh vận hành trên đơn vị chiều dài của đường sắt, giá trị của nó được tính bằng tổng của tích giữa lực trượt đàn hồi và suất trượt đàn hồi theo các phương [9].

$$W = T_1 \varepsilon_1 + T_2 \varepsilon_2 \quad (2)$$

Trong đó:

T - Lực trượt đàn hồi theo phương dọc và phương ngang của bề mặt tiếp xúc;
 ε - Suất trượt đàn hồi theo phương dọc và phương ngang trên bề mặt tiếp xúc.

2.3.3. Chỉ số hao mòn của Marcotte, Caldweel và List

Chỉ số hao mòn Marcotte, Caldweel và List cho rằng, tốc độ hao mòn của má ray phụ thuộc vào công tiêu hao tại vùng tiếp xúc giữa gờ và bánh xe, công tiêu hao tăng thì tốc độ hao mòn tăng lên. Chỉ số hao mòn được tính như sau [10]:

$$W = \mu H \sqrt{\left(\frac{d}{r_0}\right)^2 + (\alpha \tan \tau)^2} \quad (4)$$

Trong đó:

μ - Hệ số ma sát giữa gờ bánh và đường ray;
 H - Lực dẫn hướng trên gờ bánh hoặc dùng tổng lực ngang giữa bánh xe và ray, N;
 d - Cự ly theo phương thẳng đứng giữa điểm tiếp xúc trên mặt lăn và điểm tiếp xúc tại gờ bánh khi bánh xe và ray tiếp xúc tại 2 điểm;
 r - Bán kính vòng lăn danh nghĩa;
 t - Góc tiếp xúc của gờ bánh tại điểm tiếp xúc khi gờ bánh tiếp xúc với ray.

Mô hình này tiến hành tính toán đối với ray và bánh xe khi chúng tiếp xúc tại 2 điểm, có thể cho rằng nó phản ánh toàn bộ cơ lý của quá trình hao mòn, nhưng trong quá trình tính toán thực tế, việc tính toán cụ thể vị trí điểm tiếp xúc rất khó khăn, sai lệch kết quả tương đối lớn, nên tính ứng dụng của nó tương đối thấp.

Khi thông qua đường cong, chủ yếu là hao mòn gờ bánh, từ phân tích ở trên cho thấy bản chất của chỉ số Heumann là diễn tả quan hệ giữa hao mòn má ray và gờ bánh xe. Nó có quan hệ với lực ngang và góc xung kích, do đó chọn chỉ số Heumann để xây dựng mô hình tính toán.

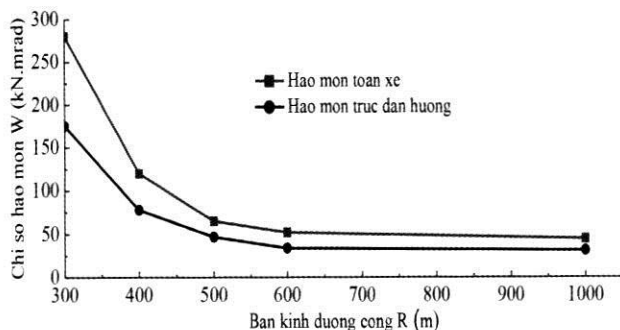
3. ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG MỘT SỐ THAM SỐ CỦA ĐƯỜNG CONG ĐẾN HAO MÒN GỜ BĂNH XE

3.1. Ảnh hưởng của bán kính đường cong đến hao mòn gờ bánh xe

Độ lớn của bán kính đường cong sẽ ảnh hưởng lớn đến tính năng thông qua đường cong của đầu máy tốt hay không, cũng ảnh hưởng lớn đến hao mòn bánh xe. Khi thông qua đường cong bánh xe bên ngoài của trục dẫn hướng sẽ dẫn tiếp xúc với má trong của ray, giữa bánh xe và ray sẽ sinh ra góc xung kích và lực tiếp xúc theo phương ngang. Khi bán kính đường cong càng bé thì lực ngang, góc xung kích càng lớn, hao mòn càng nghiêm trọng. Trong quá trình mô phỏng, bán kính đường cong và các tham số của nó như Bảng 3.1. Kết quả của chỉ số hao mòn khi giá trị bán kính đường cong thay đổi như Hình 3.1.

Bảng 3.1. Các bán kính đường cong dùng mô phỏng

Bán kính đường cong R (m)	Đường cong hòa hoãn L _n (m)	Độ siêu cao h (mm)	Tốc độ vận hành (km/h)
300	50	90	70
400	50	90	70
500	50	90	70
600	100	90	70
1000	100	90	70



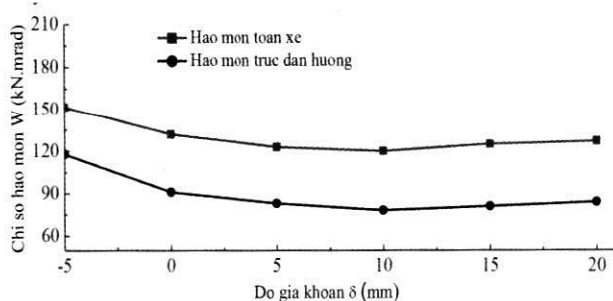
Hình 3.1: Chỉ số hao mòn toàn xe khi bán kính đường cong thay đổi

Từ Hình 3.1 cho thấy, quy luật biến đổi chỉ số hao mòn của trục dẫn hướng và của toàn xe gần như nhau. Bán kính đường cong càng bé, chỉ số hao mòn càng lớn, bán kính đường cong từ 300 m tăng lên 600 m, chỉ số hao mòn giảm 81,16%. Thông qua phân tích cho thấy, bán kính đường cong ảnh hưởng đến hao mòn rất lớn, khi bán kính đường cong tăng, lực ngang và góc xung kích giảm nhỏ, tính năng thông qua đường cong được nâng cao, hao mòn bánh xe và ray giảm.

3.2. Ảnh hưởng của độ gia khoan đến hao mòn gờ bánh xe

Đối với đường cong có bán kính bé, để đầu máy có khả năng thông qua đường cong được dễ dàng hơn, thường dùng biện pháp mở rộng cự ly giữa hai ray trên đường cong thêm một khoảng gọi là độ gia khoan, nhằm làm tăng độ dịch ngang của bộ trục bánh. Tuy nhiên, độ lớn của độ gia khoan sẽ ảnh hưởng đến hao mòn bánh xe và tính năng động lực của đầu máy.

Các thông số dùng để mô phỏng như sau: bán kính đường cong lấy bằng 400 m, tốc độ đầu máy 70 km/h, độ gia khoan thay đổi từ -5 mm đến 20 mm. Kết quả về chỉ số hao mòn khi độ gia khoan thay đổi như sau:



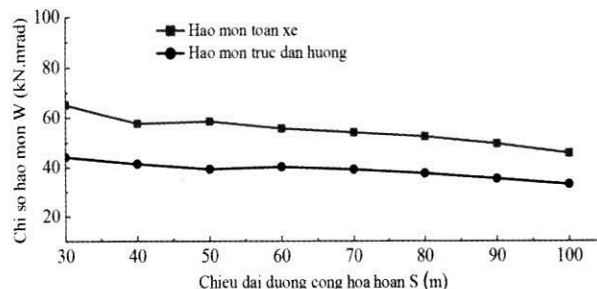
Hình 3.2: Chỉ số hao mòn khi độ gia khoan thay đổi

Từ Hình 3.2 cho thấy, quy luật biến đổi chỉ số hao mòn của toàn xe và của trục dẫn hướng gần như nhau. Khi độ gia khoan càng tăng thì chỉ số hao mòn càng giảm, chỉ số hao mòn bé nhất khi độ gia khoan bằng 10 mm, tuy nhiên khi độ gia khoan tiếp tục tăng lớn hơn 10 mm thì chỉ số hao mòn có xu hướng tăng lên, vì độ gia khoan quá lớn dẫn đến góc xung kích tăng lên và khoảng phân bố hao mòn trên mặt lăn và gờ bánh xe tăng lên. Như vậy, độ gia khoan hợp lý sẽ làm giảm hao mòn gờ bánh xe.

Trong quá trình vận dụng, do dung sai lắp đặt, do lực giữ chặt ray không đủ làm cho độ gia khoan tăng lên, dẫn đến hao mòn sẽ tăng. Do đó, cần chú trọng công tác duy tu bảo dưỡng đường nhằm đảm bảo độ gia khoan cần thiết.

3.3. Ảnh hưởng của độ dài đường cong hòa hoãn đến hao mòn gờ bánh xe

Đường cong hòa hoãn là đoạn đường cong quá độ giữa đường thẳng và đường cong. Trong quá trình mô phỏng, chọn tốc độ thông qua đường cong của đầu máy là 70 km/h, bán kính đường cong 600 m, độ dài đường cong hòa hoãn biến đổi trong phạm vi từ 30 - 100 m, kết quả tính toán chỉ số hao mòn như sau:



Hình 3.3: Chỉ số hao mòn của toàn xe và của trục dẫn hướng

Từ Hình 3.3 cho thấy, chiều dài đường cong hòa hoãn tăng thì chỉ số hao mòn toàn xe và chỉ số hao mòn của trục dẫn hướng có xu hướng giảm, tuy nhiên biên độ thay đổi không lớn. Vì khi độ dài đường cong hòa hoãn tăng lên, cường độ biến đổi siêu cao của đường giảm, quá trình chịu lực theo phương thẳng đứng của bánh xe và ray hai bên gần như nhau. Độ dài đường cong hòa hoãn tăng cao ảnh hưởng đến hao mòn và tính năng động lực thông qua đường cong không rõ ràng.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày mô hình đánh giá hao mòn gờ bánh xe của đầu máy căn cứ vào chỉ số đánh giá hao mòn bánh xe. Ứng dụng mô hình này để đánh giá ảnh hưởng của bán kính đường cong, độ gia khoan, chiều dài đường cong hòa hoãn đến hao mòn gờ bánh xe. Kết quả cho thấy, khi bán kính đường cong tăng, lực ngang và góc xung kích giảm nhỏ, tính năng thông qua đường cong được nâng cao, hao mòn bánh xe và ray giảm. Độ gia khoan và chiều dài đường cong hòa hoãn thiết kế hợp lý cũng có tác dụng làm giảm hao mòn bánh xe.

Mô hình này có thể ứng dụng để đánh giá hao mòn gờ bánh xe của các đầu máy khác nhau, đồng thời ứng dụng để nghiên cứu các nhân tố khác như: điều kiện vận hành, tham số kỹ thuật của hệ thống treo... ảnh hưởng đến hao mòn bánh xe.

Lời cảm ơn: Tác giả cảm ơn Trường Đại học GTVT đã tài trợ cho nghiên cứu này trong khuôn khổ đề tài mã số T2020-CK-012.

Tài liệu tham khảo

- [1]. BRAGHIN F, Lewis R, Dwyer R S (2006), *A Mathematical Model to Predict Railway Wheel Profile Evolution Due to Wear*, Wea, 261(11), 1253-1264.
- [2]. JENDEL T (2002), *Prediction of Wheel Profile Wear-Comparisons with Field Measurements*, Wear, 253(12), 89-99.
- [3]. Pearce T G, Sherratt N D (1991), *Prediction of wheel profile wear*, Wear, 114(1-2), 343-351.
- [4]. Pombo J, Ambrosio J, Pereira M (2010), *A study*

on wear evaluation of railway wheels based on multibody dynamics and wear computation, Multibody System Dynamics, 24 (3), pp. 347-366.

[5]. Đỗ Đức Tuấn, Nguyễn Trọng Nghĩa (2009), *Xác định đặc trưng hao mòn mặt lăn và lợ bánh xe đầu máy D20E vận dụng tại Xí nghiệp Đầu máy Đà Nẵng*, Tạp chí Khoa học GTVT, 28, tr.131-139.

[6]. Vũ Duy Lộc (2001), *Khảo sát, phân tích hư hỏng mặt lăn toa xe khách vận hành trên đường sắt Việt Nam*, Tạp chí khoa học GTVT, (34), tr.88-96.

[7]. Tào Văn Chiến (2018), *Nghiên cứu tính năng động lực học của đầu máy dựa trên phần mềm Simpack*, Tạp chí nghiên cứu khoa học Đại học Sao đỏ, (3), tr. 83-88.

[8]. 段固敏 (1999), *轮轨磨耗指数的分析*, 西北民族学院学报, 22 (5), 24-31.

[9]. 张良威, 李芾 (2009), *轮轨磨耗指标及评定方法分析*, 铁道车辆, 26 (7), 48-55.

[10]. 李亨利, 傅茂海 (2005), *曲线几何参数对货车转向架曲线通过性能的影响*, 中国铁道学报, 35(2): 112:119.

Ngày nhận bài: 21/11/2020

Ngày chấp nhận đăng: 18/12/2020

Người phản biện: TS. Mai Văn Thẩm

ThS. Phạm Anh Tuấn