NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC THÔNG SỐ KẾT CẤU ĐẾN ĐỘ BỀN, KHẢ NĂNG TẢI VÀ TUỔI THỌ CỦA BỘ TRUYỀN ĐỘNG ĐAI

STUDY THE EFFECT OF DRIVE PARAMETERS ON THE STRENGTH, POWER TRANSMISSION AND LIFETIME OF BELT DRIVES

Cao Ngọc Vi, Vũ Văn Tập
Viện Cơ khí, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả xây dựng mô hình tính và khảo sát ảnh hưởng của các thông số kích thước-kết cấu đến độ bền, tuổi thọ và khả năng tải của bộ truyền động đai. Kết quả của bài báo có thể dùng làm tài liệu phục vụ công tác giảng dạy, nghiên cứu, thiết kế tối ưu cũng như khai thác hiệu quả các hệ dẫn động cơ khí có sử dụng bộ truyền động đai.

Từ khóa: *Truyền động đai; Kết cấu; Tuổi thọ; Khả năng tải; Thiết kế tối ưu.*

ABSTRACT

This article present the establishment of a model, which is used to evaluate the effect of geometric parameters on the strength, power transmission capacity and service-time of belt drives. The otained results could be used as a reference in the training, analysis, optimal design and operation of the belt drives as well as the mechanical transmission systems.

Keywords: *Belt drive; Service-time; Transmission capacity; Geometric parameters; Optimal design.*

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Các bộ truyền động đai được sử dụng rộng rãi trong đời sống và trong kỹ thuật. Trong truyền động đai, công suất và chuyển động quay từ khâu dẫn được truyền sang khâu bị dẫn nhờ ma sát trên bề bặt tiếp xúc giữa đai và bánh đai. Cấu tạo, cơ chế hoạt động, kết cấu các phần tử, lý thuyết và trình tự thiết kế của các bộ truyền động đai được trình bày chi tiết trong những giáo trình cơ học kỹ thuật và lý thuyết máy [1-3].

Các nghiên cứu hiện nay về bộ truyền động đai chủ yếu tập trung vào vấn đề xác định hệ số ma sát trên bề mặt tiếp xúc giữa đai và bánh đai [4, 5], đánh giá các tổn thất [6-9], nâng cao khả năng tải và tuổi thọ của bộ truyền [10-12].

Các thông số hình học có ảnh hưởng trực tiếp đến kích thước, kết cấu, khối lượng, độ bền khả năng tải và tuổi thọ của bộ truyền. Bài báo này trình bày việc khảo sát về sự phụ thuộc của độ bền, tuổi thọ cũng như khả năng tải vào các thông số kết cấu của bộ truyền động đai, làm cơ sở cho việc thiết kế tối ưu và khai thác hiệu quả các bộ truyền động đai.

2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH TOÁN HỌC

2.1. Giả thiết

Mô hình tính được thiết lập dựa trên những giả thiết sau:

- Vật liệu đai làm việc trong giới hạn đàn hồi;
- Hệ số ma sát có giá trị là hệ số ma sát tĩnh cực đại f_{tmax} và không đổi trên toàn bộ vùng cung ôm;
- Bỏ qua biến dạng của bánh đai.

2.2. Xác định thông số đánh giá

Công suất lớn nhất có thể truyền bởi bộ truyền động đai được xác định theo công thức (1) [12]:

$$P_{\max} = \left(\left[\sigma\right]v - \sigma_{u1}v - \rho v^3\right)\frac{Ak}{1000} \quad (1)$$

Trong đó: [σ] là ứng suất cho phép của vật liệu đai (MPa), ρ là khối lượng riêng của vật liệu đai (kg/m3) và k là hệ số xác định theo công thức (2) [12]:

$$k = 1 - e^{-f^*\alpha_1} \quad (2)$$

Vận tốc chuyển động của đai được xác định theo công thức (3) [1, 2]:

$$v = \frac{\pi d \cdot n}{60 \cdot 10^3}, \quad (3)$$

Trong đó: d là đường kính bánh đai (mm), n là số vòng quay trên trục bánh đai (vg/ph).

Các công thức từ (1) đến (3) được dùng để khảo sát sự ảnh hưởng của các thông số kết cấu đến độ bền, khả năng tải và tuổi thọ của bộ truyền động đai.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

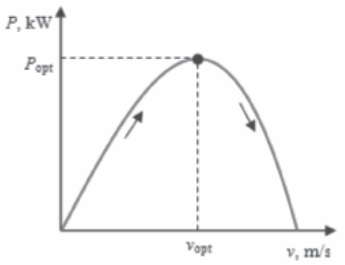
Hình 1 (Ảnh hưởng của vận tốc tới khả năng tải) trình bày ảnh hưởng của vận tốc khai thác đến khả năng tải của bộ truyền động đai, xác định theo công thức (1). Như vậy, ứng với các thông số xác định về kích thước và thuộc tính của vật liệu, luôn tồn tại một giá trị tối ưu vopt của vận tốc khai thác, xác định theo công thức (4) [12]:

$$v_{opt} = \sqrt{\frac{\left[\sigma\right] - \sigma_{u1}}{3\rho}} \quad (4)$$

Khi đó, công suất cực đại có thể truyền bởi bộ truyền động đai được xác định theo công thức (5) [12]:

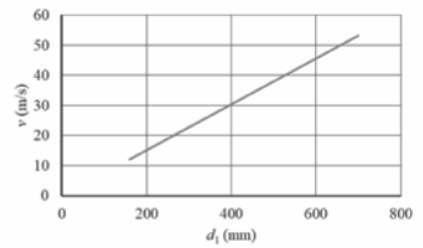
$$P_{\max,opt} = \frac{A}{1000}\left(1 - \frac{1}{e^{f^*\alpha_1}}\right)\sqrt{\frac{4\left(\left[\sigma\right] - \sigma_{u1}\right)^3}{27\rho}} \quad (5)$$

Trong khoảng (0, v_{opt}), tăng vận tốc khai thác sẽ dẫn đến tăng khả năng tải của bộ truyền. Nguyên nhân chủ yếu là do ảnh hưởng của lực ly tâm còn yếu, tổn thất do ma sát và tổn thất vận tốc chưa cao. Cùng với sự gia tăng của vận tốc, các tổn thất này cũng tăng dần dẫn đến tổn hao công suất nhiều hơn. Kết quả là, mức độ gia tăng về khả năng tải giảm dần khi v tiến gần đến giá trị tối ưu v_{opt}. Khi $v > v_{opt}$, tăng vận tốc khai thác sẽ làm giảm khả năng tải của bộ truyền. ☞



Hình 1. Ảnh hưởng của vận tốc tới khả năng tải

Trong trường hợp tỷ số truyền của bộ truyền cùng với tốc độ vòng của động cơ dẫn động đã được định trước, có thể thay đổi đường kính bánh đai để thay đổi vận tốc khai thác của bộ truyền (Hình 2). Khi đó, kích thước bộ truyền cũng tăng theo.



Hình 2. Ảnh hưởng của kích thước bánh đai đến vận tốc khai thác

4. KẾT LUẬN

Bài báo khảo sát mối liên hệ giữa các thông số kết cấu đến độ bền, tuổi thọ và và khả năng của bộ truyền động đai. Kết quả phân tích cho thấy, có tồn tại một giá trị tối ưu vận tốc chuyển động của đai, tại đó khả năng tải của bộ truyền được khai thác tối đa. Kết quả của bài báo có thể sử dụng để tham khảo khi thiết kế, khai thác và giảng dạy về các hệ truyền động cơ khí có sử dụng bộ truyền động đai.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số: DT21-22.26.❖

Ngày nhận bài: **18/4/2022**
Ngày phản biện: **28/4/2022**

Tài liệu tham khảo:

[1]. Lộc, N.H., *Giáo trình Cơ sở Thiết kế máy, Lần thứ nhất ed.* 2018, TP. Hồ Chí Minh: NXB. Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh.

[2]. Jiang, W., *Analysis and Design of Machine Elements.* 1st Edition ed. 2019: John Wiley & Sons.

[3]. Иванов, М.Н. and В.А. *Финогенов, Детали машин: Учебник для академического бакалавриата.* 16-е изд. ed. 2018, Москва: Издательство Юрайт. 409.

[4]. Wu, Y., M.J. Leamy, and M. Varenberg, *Belt-Drive Mechanics: Friction in the Absence of Sliding.* Journal of Applied Mechanics, 2019. 86(10).

[5]. Lubarda, V.A., *The Mechanics of Belt Friction Revisited.* International Journal of Mechanical Engineering Education, 2014. 42(2): p. 97-112.

[6]. Balta, B., F.O. Sonmez, and A. Cengiz, *Speed losses in V-ribbed belt drives.* Mechanism and Machine Theory, 2015. 86: p. 1-14.

[7]. Bertini, L., L. Carmignani, and F. Frendo, *Analytical model for the power losses in rubber V-belt continuously variable transmission* (CVT). Mechanism and Machine Theory, 2014. 78: p. 289-306.

[8]. Silva, C.A.F., et al., *Modeling of power losses in poly-V belt transmissions: hysteresis phenomena (standard analysis).* Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, 2017. 11(6): p. JAMDSM0085-JAMDSM0085.

[9]. Silva, C.A.F., et al., *Modeling of power losses in poly-V belt transmissions: Hysteresis phenomena (enhanced analysis).* Mechanism and Machine Theory, 2018. 121: p. 373-397.

[10]. Gao, P., L. Xie, and J. Pan, *Reliability and Availability Models of Belt Drive Systems Considering Failure Dependence.* Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2019. 32(1).

[11]. Masaki, M.S., L. Zhang, and X. Xia, *A design approach for multiple drive belt conveyors minimizing life cycle costs.* Journal of Cleaner Production, 2018. 201: p. 526-541.

[12]. Vi, C.N., *Nghiên cứu ảnh hưởng của vận tốc khai thác đến khả năng tải của bộ truyền động đai,* Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, 2021. 68.