

Nghiên cứu đánh giá độ mòn răng, độ tin cậy và thời gian hỏng do mòn của bộ truyền bánh răng thép 20XGM thám nitơ plasma

RESEARCH AND EVALUATE GEAR WEAR, TRUST AND FAILURE TIME DUE TO THE PLASMA-NITRIDING 20XGM STEEL GEAR SET WEAR

Phạm Văn Đông

Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu, đánh giá độ mòn răng của bánh răng theo thời gian, độ tin cậy và thời gian hỏng do mòn của bộ truyền bánh răng chế tạo bởi thép 20XGM thám nitơ plasma. Bộ truyền bánh răng khi truyền chuyển động, tại vùng ăn khớp các bề mặt đối tiếp xúc nhau xảy ra hiện tượng trượt tương đối dẫn đến sự cắt và bẻ gãy những chỗ nhấp nhô tạo thành những nhấp nhô mới, làm nhẵn dần bề mặt sườn răng dẫn đến mòn răng bánh răng. Để luôn đảm bảo độ chính xác và yêu cầu kỹ thuật của bộ truyền bánh răng trong suốt thời gian làm việc không bị hỏng do mòn răng đòi hỏi các nhà chế tạo phải có phương pháp kiểm tra, đánh giá độ mòn răng theo thời gian, xác định độ tin cậy và thời gian hỏng do mòn răng của bộ truyền bánh răng. Từ những kết quả nghiên cứu cho phép các nhà chế tạo lựa chọn phương pháp tính toán, xác định thời gian hỏng do mòn răng, thời gian thay thế bánh răng để luôn đảm bảo độ chính xác và yêu cầu kỹ thuật của bộ truyền bánh răng trong quá trình làm việc.

Từ khóa: Bánh răng thám nitơ plasma, mòn răng của bánh răng, độ tin cậy, thời gian hỏng do mòn răng.

ABSTRACT

The paper shows the results of research and evaluation in gear wear of gear set in real time, trust and failure time due to the wear of gear set manufactured by plasma-nitriding 20XGM steel. When gear set actuates, there is a relative fall in cotangent surface which causes cuts and cracks at the undulatory position, establishes new undulation and smoothes the surface of the gear flank. To ensure accuracy and technical requirement during working, engineers have to find out testing and evaluating method for wear resistance in real time, trust and failure time of the gear set. From the research, engineers will choose calculation and evalution method for failure time due to the wear of the gear set. Therefore, users are informed about when replacing gear set to ensure accuracy and technical requirement. As a result, gear set has no trouble during working, mainly due to gear wear.

Keywords: Plasma-nitriding gear set, gear wear, trust, failure time due to gear wear.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trên thế giới, đối với các nước phát triển về khoa học công nghệ, các nhà chế tạo khi nghiên cứu chế tạo các chi tiết, cụm chi tiết hay bộ phận thường phải tính toán độ tin cậy và thời gian hỏng để đưa ra khuyến cáo thay thế các chi tiết máy, cụm chi tiết hay bộ phận. Tuy nhiên, tại Việt Nam, các nhà chế tạo chủ yếu chú trọng đến việc nghiên cứu chế tạo mà chưa quan tâm đúng mức đến việc xác định độ tin cậy và thời gian hỏng để thay thế các chi tiết, cụm chi tiết hay bộ phận.

Trong ngành Cơ khí rất nhiều thiết bị, máy móc sử dụng đến bộ truyền bánh răng. Các máy móc, thiết bị phục vụ công trình xây dựng như xe vận chuyển bê tông, máy ủi, máy xúc... Sử dụng rất nhiều bộ truyền bánh răng, chúng thường làm việc trong điều kiện tải trọng không ổn định và quá tải ngắn hạn nên thường xảy ra các hư hỏng như gãy, mẻ răng, mòn răng... Ở Việt Nam, phần lớn các máy móc, thiết bị sử dụng bộ truyền bánh răng chưa được quan tâm nhiều

đến thời gian thay thế, sử dụng đến khi răng của bánh răng bị hỏng không thể vận hành được nên nhiều chi tiết khác cũng hỏng theo. Phương pháp xác định độ mòn răng của bánh răng theo thời gian, độ tin cậy và thời gian hỏng do mòn của bộ truyền bánh răng là phương pháp có ý nghĩa, đáp ứng được yêu cầu thực tế khi công cuộc công nghiệp hóa, hiện đại hóa đang phát triển mạnh tại Việt Nam.

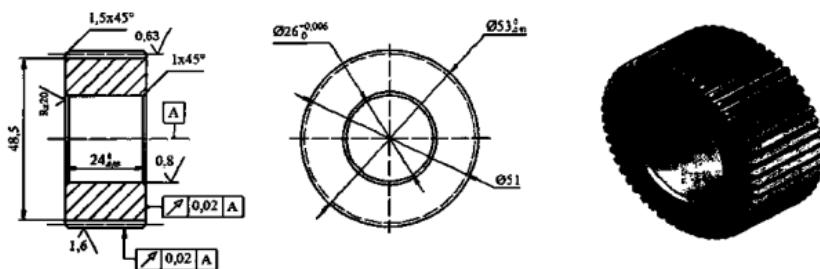
2. THỰC NGHIỆM

2.1. Vật liệu và thiết bị thực nghiệm

Vật liệu thường chọn làm bánh răng trong điều kiện làm việc chịu tải trọng lớn, không ổn định là vật liệu thép hợp kim có độ bền cao, có từ 2-3 thành phần kim loại, tỷ lệ phần trăm cacbon thấp [4,5,6]. Ở đây, tác giả nghiên cứu mẫu bánh răng để thí nghiệm bằng vật liệu 20XGM (TOCT 14959-79), thông số mẫu thí nghiệm thể hiện trong bảng 1. Bản vẽ mẫu bánh răng thực nghiệm thể hiện ở hình 1.

Bảng 1. Thông số chính chế tạo mẫu bánh răng

m	Z	d	d _i	d _f	b	β	α
1	51	51	53	48,5	24	00	20°



Hình 1. Bản vẽ mẫu bánh răng dùng thử nghiệm

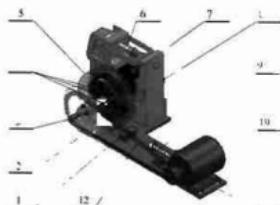
Mác thép được xác định bằng phương pháp quang phổ, thành phần hóa học các nguyên tố chính được thể hiện trong bảng 2.

Bảng 2. Thành phần hóa học các nguyên tố chính (%)

Vật liệu	C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni	Mo
20XGM	0,2368	0,7162	0,0296	0,0314	0,1982	0,9612	0,1862	0,2282

- Hình ảnh hệ thống thực nghiệm đánh giá độ mòn răng của mẫu bánh răng thể hiện trên hình 2.

- Hình ảnh Panme đo chiều dài pháp tuyến chung thể hiện ở hình 3.



Hình 2. Hệ thống thực nghiệm



Hình 3. Panme Mitutoyo No.323 - 250

2.2. Phương pháp thực nghiệm [3,6]

Nghiên cứu được thực hiện trên các mẫu bánh răng chưa qua sử dụng, chế tạo bởi vật liệu thép 20XGM (TQCT 14959-79). Sử dụng lý thuyết quy hoạch thực nghiệm để xác định số thí nghiệm và số lượng mẫu dùng để thực nghiệm. Sau khi vật liệu được xác định thành phần hóa học, tiến hành gia công mẫu bánh răng, cà răng, thám cacbon, tòi thể tích, mài nghiên đạt giá trị $R_a \leq 0,63\mu\text{m}$, thám nitơ plasma, kiểm tra mẫu bánh răng và lắp lên hệ thống thử nghiệm cho chạy chịu tải [4,5]. Để đảm bảo trong quá trình chịu tải răng của mẫu bánh răng không bị hỏng do gãy, mẻ răng... Tác giả tính toán, kiểm nghiệm

ứng suất của bánh răng, xác định vận tốc tiếp tuyến [V] và ứng suất tiếp xúc cho phép $[\sigma_H]$ để lựa chọn thông số thực nghiệm [2,6].

Sau thời gian chịu tải 100h, 200h, 1000h tiến hành đo, kiểm tra, xác định và đánh giá độ mòn, vẽ đồ thị thể hiện độ mòn; Xác định vùng mòn ổn định, tập số liệu trong vùng mòn ổn định, xây dựng phần mềm, tuyển tính hóa lượng mòn của các mẫu, xác định hàm mật độ phân phối xác suất, các hệ số, vẽ đồ thị đường thẳng mòn cho các mẫu, xác định tuổi thọ; Xây dựng hàm tin cậy, đồ thị thực nghiệm độ tin cậy theo thời gian [3,12].

2.3. Xác định số lượng mẫu thực nghiệm [3]

Ứng dụng phương pháp quy hoạch thực nghiệm nhiều thông số, không thay đổi ứng suất tiếp xúc và vận tốc tiếp tuyến, số lượng mẫu thực nghiệm được tính theo công thức (1):

$$n \geq \frac{u_{\beta}^2}{4 \cdot \varepsilon^2} \quad (1)$$

Trong đó:

n: Số mẫu thực nghiệm;

: Chỉ tiêu tin cậy ứng với xác suất tin cậy cho trước β ;

ε : Số đủ bé được chọn trước sao cho với xác suất độ tin cậy β thỏa mãn $|\bar{X} - \mu| < \varepsilon$; Ở đây, \bar{X} là giá trị trung bình và được tính:

$$\bar{X} = \frac{(x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n)}{n}$$

μ : Kỳ vọng của đại lượng ngẫu nhiên X.

Để khảo sát quá trình, tác giả chọn xác suất độ tin cậy $\beta = 0,90$ tương ứng $U_{\beta} = 1,64$ (bảng 3).

Bảng 3. Giá trị u_{β} phụ thuộc vào xác suất độ tin cậy β [8,9]

β	0,80	0,85	0,90	0,95	0,98	0,99	0,999
u_{β}	1,28	1,44	1,64	1,96	2,32	2,58	3,29

Chọn $\epsilon = 0,17$ ta có:

$$n \geq \frac{1,64^2}{4 \cdot 0,17^2} = 23,27 \rightarrow \text{Chọn } n = 24$$

2.4. Xác định thông số thực nghiệm [3]

Để đánh giá độ mòn răng của các mẫu bánh răng, xác định độ tin cậy trên cơ sở mòn và thời gian hỏng do mòn của các mẫu bánh răng, tác giả tiến hành thực nghiệm với vận tốc tiếp tuyến $V = 1,25$ m/s và ứng suất tiếp xúc $\sigma_H = 200$ MPa trong điều kiện ma sát được bôi trơn bằng dầu công nghiệp 45, thời gian thử nghiệm 1000h, khoảng cách giữa hai lần đo kiểm là 100h.

2.5. Kết quả thực nghiệm

2.5.1. Kết quả xác định lượng mòn theo thời gian

Bảng 4. Lượng mòn theo thời gian của các mẫu (mm)

Mẫu số	Thời gian đo sau khi chịu tải (h)									
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	
133	0,044	0,049	0,052	0,054	0,057	0,059	0,061	0,063	0,066	0,068
134	0,043	0,047	0,05	0,053	0,055	0,057	0,059	0,061	0,063	0,065
135	0,042	0,046	0,050	0,053	0,056	0,058	0,060	0,062	0,064	0,066
136	0,043	0,046	0,049	0,052	0,055	0,057	0,059	0,061	0,063	0,066
137	0,043	0,047	0,050	0,053	0,056	0,059	0,061	0,063	0,065	0,067
138	0,041	0,046	0,049	0,052	0,056	0,058	0,060	0,063	0,065	0,066
139	0,042	0,047	0,051	0,054	0,055	0,057	0,059	0,060	0,062	0,064
140	0,045	0,050	0,052	0,055	0,057	0,058	0,060	0,062	0,064	0,065
141	0,044	0,049	0,051	0,053	0,055	0,056	0,058	0,059	0,061	0,063
142	0,043	0,048	0,051	0,054	0,056	0,058	0,059	0,061	0,063	0,064

Sau khi xác định chiều dài pháp tuyến chung tại mỗi thời điểm đo của bánh răng khi chịu tải (L_{dm}), tác giả tiến hành so sánh với chiều dài pháp tuyến chung sau khi thấm nitơ plasma (L_{st}) để xác định lượng mòn (U) theo thời gian. Lượng mòn xác định như công thức (2):

$$U = L_{st} - L_{dm} \quad (2)$$

Trong đó:

U : Lượng mòn (mm);

L_{st} : Chiều dài pháp tuyến chung sau khi thấm nitơ plasma (mm);

L_{dm} : Chiều dài pháp tuyến chung đo được ở mỗi thời điểm chịu tải (mm).

Kết quả xác định lượng mòn theo thời gian của các mẫu thể hiện trong bảng 4.

Bảng 2. Thành phần hóa học các nguyên tố chính (%)

Vật liệu	C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni	Mo
20XGM	0,2368	0,7162	0,0296	0,0314	0,1982	0,9612	0,1862	0,2282

- Hình ảnh hệ thống thực nghiệm đánh giá độ mòn răng của mẫu bánh răng thể hiện trên hình 2.

- Hình ảnh Panme đo chiều dài pháp tuyến chung thể hiện ở hình 3.



Hình 2. Hệ thống thực nghiệm



Hình 3. Panme Mitutoyo No.323 - 250

2.2. Phương pháp thực nghiệm [3,6]

Nghiên cứu được thực hiện trên các mẫu bánh răng chưa qua sử dụng, chế tạo bởi vật liệu thép 20XGM (TQCT 14959-79). Sử dụng lý thuyết quy hoạch thực nghiệm để xác định số thí nghiệm và số lượng mẫu dùng để thực nghiệm. Sau khi vật liệu được xác định thành phần hóa học, tiến hành gia công mẫu bánh răng, cà răng, thấm cacbon, tòi thể tích, mài nghiên đạt giá trị $R_a \leq 0,63\mu\text{m}$, thấm nitơ plasma, kiểm tra mẫu bánh răng và lắp lên hệ thống thử nghiệm cho chạy chịu tải [4,5]. Để đảm bảo trong quá trình chịu tải răng của mẫu bánh răng không bị hỏng do gãy, mẻ răng... Tác giả tính toán, kiểm nghiệm

ứng suất của bánh răng, xác định vận tốc tiếp tuyến [V] và ứng suất tiếp xúc cho phép $[\sigma_{\text{h}}]$ để lựa chọn thông số thực nghiệm [2,6].

Sau thời gian chịu tải 100h, 200h, 1000h tiến hành đo, kiểm tra, xác định và đánh giá độ mòn, vẽ đồ thị thể hiện độ mòn; Xác định vùng mòn ổn định, tập số liệu trong vùng mòn ổn định, xây dựng phản mềm, tuyến tính hóa lượng mòn của các mẫu, xác định hàm mật độ phân phổi xác suất, các hệ số, vẽ đồ thị đường thẳng mòn cho các mẫu, xác định tuổi thọ; Xây dựng hàm tin cậy, đồ thị thực nghiệm độ tin cậy theo thời gian [3,12].

2.3. Xác định số lượng mẫu thực nghiệm [3]

Ứng dụng phương pháp quy hoạch thực nghiệm nhiều thông số, không thay đổi ứng suất tiếp xúc và vận tốc tiếp tuyến, số lượng mẫu thực nghiệm được tính theo công thức (1):

$$n \geq \frac{u_{\beta}^2}{4 \cdot \varepsilon^2} \quad (1)$$

Trong đó:

n: Số mẫu thực nghiệm;

: Chỉ tiêu tin cậy ứng với xác suất tin cậy cho trước β ;

ε : Số đủ bé được chọn trước sao cho với xác suất độ tin cậy β thỏa mãn $|\bar{X} - \mu| < \varepsilon$; Ở đây, \bar{X} là giá trị trung bình và được tính:

$$\bar{X} = \frac{(x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n)}{n}$$

μ : Kỳ vọng của đại lượng ngẫu nhiên X.

Để khảo sát quá trình, tác giả chọn xác suất độ tin cậy $\beta = 0,90$ tương ứng $U_{\beta} = 1,64$ (bảng 3).

Bảng 3. Giá trị u_{β} phụ thuộc vào xác suất độ tin cậy β [8,9]

β	0,80	0,85	0,90	0,95	0,98	0,99	0,999
u_{β}	1,28	1,44	1,64	1,96	2,32	2,58	3,29

Chọn $\epsilon = 0,17$ ta có:

$$n \geq \frac{1,64^2}{4 \cdot 0,17^2} = 23,27 \rightarrow \text{Chọn } n = 24$$

2.4. Xác định thông số thực nghiệm [3]

Để đánh giá độ mòn răng của các mẫu bánh răng, xác định độ tin cậy trên cơ sở mòn và thời gian hỏng do mòn của các mẫu bánh răng, tác giả tiến hành thực nghiệm với vận tốc tiếp tuyến $V = 1,25$ m/s và ứng suất tiếp xúc $\sigma_{H} = 200$ MPa trong điều kiện ma sát được bôi trơn bằng dầu công nghiệp 45, thời gian thử nghiệm 1000h, khoảng cách giữa hai lần đo kiểm là 100h.

2.5. Kết quả thực nghiệm

2.5.1. Kết quả xác định lượng mòn theo thời gian

Bảng 4. Lượng mòn theo thời gian của các mẫu (mm)

Mẫu số	Thời gian đo sau khi chịu tải (h)									
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	
133	0,044	0,049	0,052	0,054	0,057	0,059	0,061	0,063	0,066	0,068
134	0,043	0,047	0,05	0,053	0,055	0,057	0,059	0,061	0,063	0,065
135	0,042	0,046	0,050	0,053	0,056	0,058	0,060	0,062	0,064	0,066
136	0,043	0,046	0,049	0,052	0,055	0,057	0,059	0,061	0,063	0,066
137	0,043	0,047	0,050	0,053	0,056	0,059	0,061	0,063	0,065	0,067
138	0,041	0,046	0,049	0,052	0,056	0,058	0,060	0,063	0,065	0,066
139	0,042	0,047	0,051	0,054	0,055	0,057	0,059	0,060	0,062	0,064
140	0,045	0,050	0,052	0,055	0,057	0,058	0,060	0,062	0,064	0,065
141	0,044	0,049	0,051	0,053	0,055	0,056	0,058	0,059	0,061	0,063
142	0,043	0,048	0,051	0,054	0,056	0,058	0,059	0,061	0,063	0,064

143	0,042	0,046	0,049	0,051	0,054	0,055	0,057	0,059	0,061	0,063
144	0,043	0,049	0,052	0,054	0,056	0,057	0,059	0,061	0,063	0,065
145	0,040	0,047	0,051	0,054	0,055	0,056	0,058	0,061	0,063	0,064
146	0,042	0,047	0,050	0,053	0,055	0,057	0,059	0,060	0,063	0,065
147	0,046	0,049	0,051	0,053	0,055	0,056	0,058	0,060	0,062	0,064
148	0,042	0,047	0,050	0,053	0,054	0,056	0,058	0,059	0,061	0,064
149	0,043	0,050	0,053	0,055	0,058	0,059	0,061	0,063	0,065	0,067
150	0,043	0,048	0,051	0,053	0,056	0,058	0,060	0,062	0,064	0,066
151	0,042	0,047	0,050	0,053	0,055	0,058	0,061	0,063	0,065	0,066
152	0,041	0,048	0,051	0,054	0,056	0,057	0,059	0,061	0,063	0,065
153	0,043	0,049	0,052	0,054	0,055	0,057	0,058	0,060	0,061	0,063
154	0,042	0,048	0,051	0,053	0,056	0,058	0,059	0,061	0,063	0,066
155	0,044	0,049	0,052	0,054	0,055	0,057	0,059	0,060	0,062	0,064
156	0,042	0,048	0,051	0,053	0,055	0,057	0,058	0,060	0,062	0,064
Σ	1,025	1,147	1,219	1,280	1,333	1,375	1,420	1,465	1,514	1,560
U_{tb}	0,0427	0,0478	0,0508	0,0533	0,0555	0,0573	0,0592	0,061	0,0631	0,065

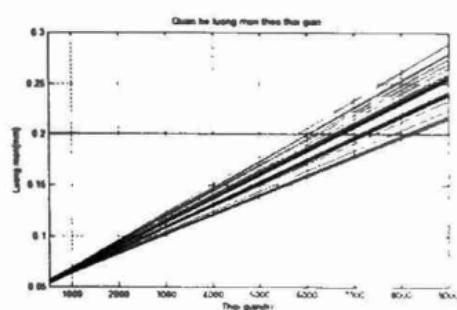
2.5.2. Kết quả xác định hàm tin cậy và thời gian hỏng do mòn

Xác định được lượng mòn của các mẫu thực nghiệm, nhập số liệu vào phần mềm ứng dụng Matlab, thực hiện theo sơ đồ xác định hàm hồi quy thực nghiệm sẽ cho kết quả các hệ số a_1 , b_1 và thời gian hỏng do mòn của các mẫu bánh răng [3]. Kết quả được thể hiện trong bảng 5.

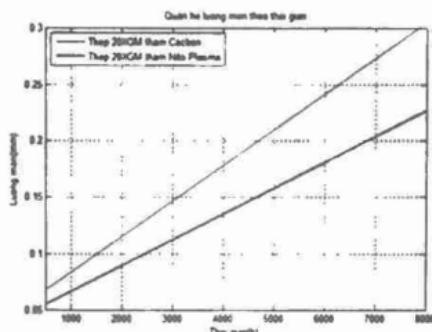
Bảng 5. Hệ số a_1 , b_1 của hàm $y_i = a_1 t + b_1$ và thời gian hỏng do mòn của các mẫu

Mẫu số	a_1	b_1	t (h)	Mẫu số	a_1	b_1	t (h)
133	0,000025	0,04353	6251	146	0,000024	0,04213	6696
134	0,000023	0,04247	6751	147	0,000019	0,04493	8148
135	0,000026	0,04153	6152	148	0,000022	0,04247	7261
136	0,000025	0,04147	6396	149	0,000024	0,04440	6583
137	0,000026	0,04193	6009	150	0,000024	0,04287	6531
138	0,000028	0,04047	5798	151	0,000026	0,04153	6025
139	0,000022	0,04293	7100	152	0,000023	0,04260	6711
140	0,000021	0,04533	7419	153	0,000019	0,04460	8063
141	0,000019	0,04453	8248	154	0,000024	0,04267	6639
142	0,000022	0,04367	7145	155	0,000020	0,04467	7814
143	0,000022	0,04160	7200	156	0,000022	0,04307	7233
144	0,000022	0,04400	7210	TB	0,000023	0,04296	6850
145	0,000024	0,04187	6673				

Từ kết quả xác định lượng mòn của các mẫu, sử dụng phần mềm Matlab xây dựng đồ thị thực nghiệm thể hiện lượng mòn theo thời gian của các mẫu bánh răng thấm nitơ plasma biểu diễn ở hình 4; Với kết quả xác định lượng mòn trung bình thuộc hai nhóm mẫu thấm cacbon và thấm nitơ plasma, tác giả xây dựng đồ thị thực nghiệm quan hệ lượng mòn trung bình theo thời gian của hai nhóm mẫu biểu diễn ở hình 5.



Hình 4. Đồ thị thực nghiệm quan hệ lượng mòn theo thời gian các mẫu thấm nitơ plasma



Hình 5. Đồ thị thực nghiệm quan hệ lượng mòn trung bình theo thời gian của hai nhóm mẫu [3]

Nhận xét:

Trên đồ thị thực nghiệm quan hệ lượng mòn trung bình theo thời gian (hình 5) của hai nhóm mẫu bánh răng cho thấy:

Trong giai đoạn mòn ổn định các mẫu thuộc nhóm bánh răng thấm nitơ plasma có lượng mòn ít hơn lượng mòn các mẫu thuộc nhóm bánh răng thấm cacbon; tuổi thọ của các mẫu thuộc nhóm mẫu thấm nitơ plasma cao hơn tuổi thọ của các mẫu thuộc nhóm mẫu thấm cacbon khi cùng lượng mòn giới hạn.

Với kết quả tìm được bởi quy luật phân bố chuẩn h้อง do mòn theo thời gian, ta có kết quả tổng hợp quy luật phân bố chuẩn thể hiện trong bảng 6.

Bảng 6. Kết quả tổng hợp quy luật phân bố chuẩn h้อง do mòn theo thời gian

Nhóm mẫu	Kỳ vọng μ (h)	Sai lệch chuẩn σ (h)	Phương sai σ^2 (h)	Hệ số biến động $v = \sigma/\mu$
Thép 20XGM thấm nitơ plasma	6916,29	671,471	450873,3	0,0971

Sau 1000h thực nghiệm với thông số đã chọn, tác giả xác định hàm tin cậy theo thời gian của nhóm mẫu thép 20XGM thấm nitơ plasma thể hiện bởi công thức (3) và thời gian làm việc ổn định của nhóm mẫu là 6850h với lượng mòn giới hạn $U_{gh} = 0,2$ mm.

$$R(t) = 0,5008 \cdot [1 - \Phi(0,00068 \cdot t - 5,5908)] \quad (3)$$

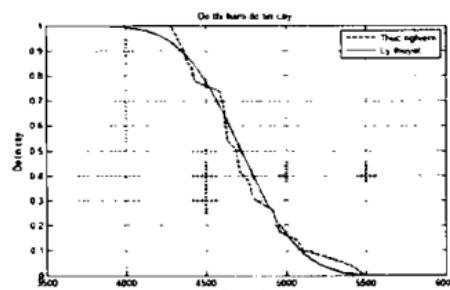
Trong đó:

Φ là hàm LAPLACE:

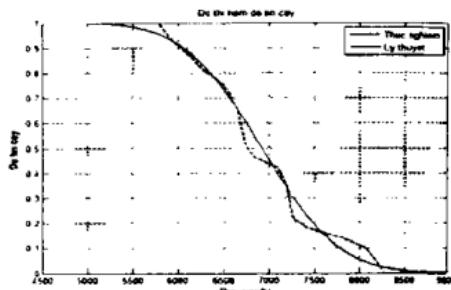
t là thời gian (h).

$$\Phi(x) = \frac{2 \left(\int_0^x e^{-\tau^2} d\tau \right)}{\sqrt{\pi}}$$

Khi xác định được hàm tin cậy, ứng dụng phần mềm Matlab xây dựng đồ thị thực nghiệm hàm mật độ phân bố tuổi thọ và độ tin cậy nhóm mẫu bánh răng thám cacbon (hình 6) và nhóm mẫu thám nitơ plasma thể hiện ở hình 7.



Hình 6. Đồ thị thực nghiệm hàm mật độ phân bố tuổi thọ và độ tin cậy nhóm mẫu bánh răng thám cacbon [3]



Hình 7. Đồ thị thực nghiệm hàm mật độ phân bố tuổi thọ và độ tin cậy nhóm mẫu thám nitơ plasma

Nhận xét:

Trên đồ thị thực nghiệm hàm mật độ phân bố tuổi thọ và độ tin cậy của hai nhóm mẫu (hình 6, 7) cho thấy:

Khi cùng thông số thực nghiệm, cùng độ tin cậy thì các mẫu thuộc nhóm mẫu thám nitơ plasma luôn có tuổi thọ cao hơn các mẫu thuộc nhóm mẫu bánh răng cacbon; Hay khi cùng thời gian và chế độ làm việc thì độ tin cậy của nhóm mẫu thám nitơ plasma luôn cao hơn độ tin cậy của nhóm mẫu bánh răng cacbon.

3. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã xác định được lượng mòn răng theo thời gian của các mẫu, nhóm mẫu bánh răng dùng để thực nghiệm với vận tốc tiếp tuyến $V = 1,25$ m/s và ứng suất tiếp xúc $\sigma_H = 200$ MPa.

Với bộ thông số lựa chọn dùng để thực nghiệm, đã xác định được hàm tin cậy của nhóm mẫu bánh răng chế tạo bởi vật liệu 20XGM thám nitơ plasma thể hiện bởi công thức:

$$R(t) = 0,5008 \cdot [1 - \Phi(0,00068 \cdot t - 5,5908)]$$

Bằng kết quả nghiên cứu thực nghiệm, đã xác định được tuổi thọ trung bình của nhóm mẫu bánh răng chế tạo bởi vật liệu 20XGM thấm nitơ plasma là 6850h, cao hơn tuổi thọ trung bình của nhóm mẫu vật liệu 20XGM thấm cacbon là 2144h với lượng mòn giới hạn $U_{gh} = 0,2$ mm.

Kết quả thực nghiệm cho thấy: Khi cùng thời gian và chế độ làm việc, các mẫu bánh răng thuộc nhóm mẫu thấm nitơ plasma có độ tin cậy cao hơn độ tin cậy của các mẫu bánh răng thuộc nhóm mẫu thấm cacbon.

Như vậy, sử dụng phương pháp thấm nitơ plasma để xử lý bề mặt bánh răng chế tạo bởi vật liệu 20XGM là phương pháp có ưu điểm nổi trội, tăng tính chống mòn, nâng cao được tuổi thọ và độ tin cậy cho bộ truyền bánh răng. Kết quả nghiên cứu cho phép các nhà công nghệ lựa chọn phương pháp tính toán, đánh giá và chế tạo bộ truyền bánh răng.♦

Ngày nhận bài: 17/3/2016

Ngày phản biện: 14/4/2016

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Nguyễn Chung Càng; *Sổ tay nhiệt luyện*, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội, 2002.
- [2]. Trịnh Chất, Lê Văn Uyễn; *Tính toán thiết kế hệ dẫn động cơ khí*, NXB. Giáo dục, 2010.
- [3]. Phạm Văn Đông; *Đánh giá độ mòn bánh răng, xác định độ tin cậy và thời gian hỏng do mòn của bộ truyền bánh răng thép 20XGM thấm cacbon*, Tạp chí Khoa học & Công nghệ, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội, số 33/2016.
- [4]. Pham Van Dong, *Researched applied technology for plasma nitriding to improve the planetary gear transmission quality*, The International Conference on Automotive Technology. ICAT 2015-034.
- [5]. Phạm Văn Đông; *Ứng dụng công nghệ thấm carbon để nâng cao độ bền mòn của bộ truyền bánh răng hành tinh chế tạo bằng thép 18XGT*, Kỷ yếu Hội nghị Khoa học và Công nghệ toàn quốc về Cơ khí lần thứ IV/ 2015.
- [6]. Pham Van Dong, *Estimation of the waering amount of plasma nitriding planetary gears transmission*, The International Conference on Automotive Technology, ICAT 2015-035.
- [7]. Nguyễn Văn Tu; *Xử lý bề mặt*, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội, 1999.
- [8]. Nguyễn Doãn Ý; *Quy hoạch thực nghiệm*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, 2007.
- [9]. Nguyễn Doãn Ý; *Độ tin cậy trong thiết kế chế tạo máy và hệ cơ khí*, NXB. Xây dựng Hà Nội, 2004.
- [10]. Nguyễn Doãn Ý; *Má sát - Mòn - Bôi trơn*, NXB. Khoa học & Kỹ thuật, 2008.
- [11]. В. М. Благодарный, Ускоренные ресурсные испытания приборных зубчатых приводов, Москва "Машиностроение", 1980.
- [12]. Э. Н. Гупида. Управление надежностью цилиндрических зубчатых колес, Издательство при львовском государственном университете издательского объединения "вища школа", 1983.
- [13]. В. М. Зинченко, Инженерия поверхности зубчатых колес методами химко-термической обработки – Москва Издательство МГТУ им. Н. Э Баумана, 2001.
- [14]. А.Г. Суслов, Качество поверхностного слоя деталей машин, Москва "машиностроение", 2000.