

MỘT PHƯƠNG PHÁP KHẢO SÁT LÁ TURBIN ĐỘNG CƠ KHI BỊ QUÁ NHIỆT

TS Như Phương Mai, KS Phan Thuỳ Linh, Đại học BKHN
KS Văn Minh Chính, KS Đình Công Học, Quân chủng PK-KQ

Tóm tắt: Trong quá trình khai thác sử dụng động cơ, trên các lá turbin bị quá nhiệt (khi nhiệt độ sau tuabin $T_4 > 850^\circ$) xuất hiện các vết nứt tế vi mà không thể phát hiện bằng phương pháp kiểm tra thẩm thấu màu, mặt khác ta chỉ quan sát được hiện tượng bị cháy, rỗ của lớp thấm nhôm trên bề mặt của lá. Để tránh việc đưa các lá turbin quá nhiệt vào sửa chữa phải tiến hành khảo sát độ cứng và cấu trúc mạng tinh thể khi quá nhiệt. Bài báo đưa ra những kết quả về cấu trúc mạng tinh thể của lá turbin.

I. Turbin trong động cơ

1. Công dụng

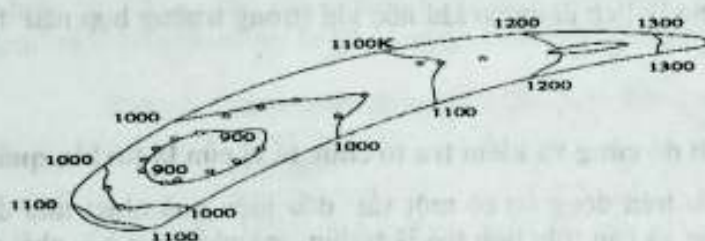
Để biến một phần năng lượng của dòng khí thành công cơ học để kéo quay máy nén và một số cụm chi tiết khác của động cơ và máy bay.

2. Yêu cầu

- Trong quá trình hoạt động độ tin cậy cao.
- Hiệu suất lớn.
- Trọng lượng, kích thước nhỏ.
- Kết cấu đơn giản dễ tháo lắp, sửa chữa.

Kết cấu turbin: Statot cấp I, cấp II.; Rôto cấp I, cấp II.

Với chức năng làm việc, vị trí của lá turbin trên động cơ, các lá turbin trong quá trình làm việc phải chịu nhiệt độ rất cao. Hình 1 cho ta thấy sự phân bố nhiệt độ trên lá turbin. [1]



Hình 1. Sự phân bố nhiệt độ trên lá turbin khí động cơ hoạt động

Với đặc thù đó cần phải có hệ thống làm mát cho lá turbin.

3. Hệ thống làm mát lá turbin

Người ta làm mát turbin bằng dòng khí. Các thành phần trên turbin được làm mát trực tiếp hoặc gián tiếp bằng dòng khí lấy từ sau cấp thứ 3 của máy nén và dòng khí thứ cấp trong buồng đốt chính.

Tuy nhiên, trong quá trình khai thác sử dụng động cơ, trên các lá turbin bị quá nhiệt ($T_4 > 850^\circ$ Nhiệt độ sau turbin, ta quan sát được trong quá trình thử nghiệm hoặc sử dụng thì được coi là hiện tượng quá nhiệt trên động cơ) xuất hiện các vết nứt tế vi mà không thể phát hiện bằng phương pháp kiểm tra thẩm thấu màu, chỉ quan sát được hiện tượng bị cháy, rỗ của lớp thấm nhôm trên bề mặt của lá turbin. [2]



Hình 2. Các lá turbin động cơ bị quá nhiệt

Để tránh việc đưa các lá turbin tầng I, II quá nhiệt vào sửa chữa phải tiến hành kiểm tra lựa chọn độ cứng và cấu trúc mạng tinh khi có dấu hiệu quá nhiệt.

II. Những hiện tượng cho thấy sự quá nhiệt của lá turbin. [2]

a. Dạng một

- Gãy 1 hoặc một vài lá không phải nguyên nhân do việc phá huỷ các chi tiết khác gây ra.
- Cháy lá và kim loại trên bề mặt lá.
- Nứt ngang thân lá phát hiện bằng phương pháp màu trước khi sửa chữa và sau khi sửa chữa lá.

b. Dạng hai

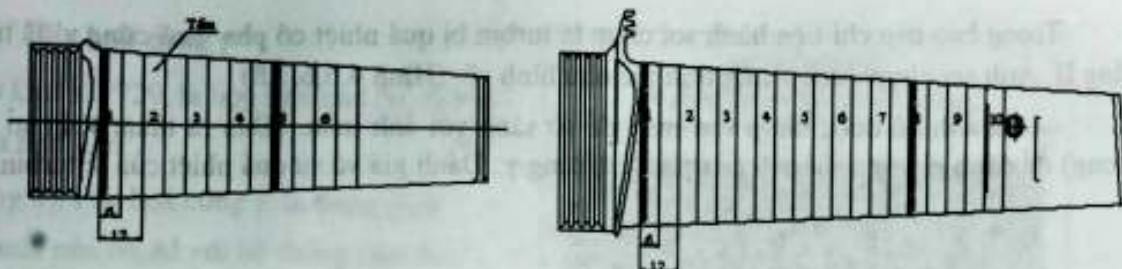
- Độ nhám lớn (nhìn rõ bằng mắt thường) trên bề mặt lá do tạo thành gỉ sét.
- Hồng lớp thấm nhôm trên mặt lá tầng I.
- Hồng các chi tiết của vành chống rung lá turbin tầng II.
- Kết quả ghi chép vào lý lịch khi nhiệt độ sau turbin cao hơn nhiệt độ định mức.
- Kết quả ghi chép vào lý lịch động cơ khi hóc khí (trong trường hợp nếu trên động cơ có một dấu hiệu quá nhiệt).

III. Phương pháp xác định độ cứng và kiểm tra tổ chức tế vi của lá turbin quá nhiệt

Trong trường hợp nếu trên động cơ có một vài dấu hiệu quá nhiệt như dạng một thì không cần kiểm tra độ cứng và cấu trúc tinh thể lá turbin mà phải loại bỏ, phải thay lá khác chưa sử dụng hoặc các lá còn đủ tiêu chuẩn để sử dụng.

Trong trường hợp nếu trên động cơ có một vài dấu hiệu quá nhiệt như dạng hai thì bắt buộc phải kiểm tra độ cứng và cấu trúc mạng tinh thể của lá turbin với những yêu cầu kỹ thuật:[2]

- Đối với lá tầng I thì độ cứng phải bằng: $d_{\text{H}} 5/750 = 1,8$.
- Đối với lá tầng II thì độ cứng phải bằng: $d_{\text{H}} 5/750 = 1,83$.
- Giảm pha tăng cứng γ và ôxy hoá bề mặt lá tầng I,II ở độ sâu không quá 0,03 mm được xác định theo cấu trúc của mặt cắt ngang lá với độ phóng đại x100 và x500 lần.
- Chọn lá turbin có dấu hiệu quá nhiệt, cắt lá ra thành những tấm với chiều dày mỗi tấm là 5-6 mm.



Hình 3. Vị trí vết cắt lấy mẫu thử nghiệm trên lá turbin tầng I và II
(Tầng I được cắt thành 6 tấm, tầng II được cắt thành 12 tấm)

- Yêu cầu : Khi cắt những tấm này hai mặt bên phải song song.

Lá turbin quá nhiệt tầng I mài rà và tẩm thực tại mặt 1 và mặt 5 như hình vẽ.

Lá turbin quá nhiệt tầng II mài rà và tẩm thực tại mặt 1 và mặt 8 như hình vẽ.

- Sử dụng chất tẩm thực để soi chụp mạng tinh thể.

Đối với lá turbin tầng II sử dụng dung dịch tẩm thực (bảng 1), thời gian tẩm thực từ 1-2 phút, ở nhiệt độ phòng.

Bảng 1. Thành phần dung dịch tẩm thực lá turbin tầng II

STT	Hoa chất	Khối lượng hoặc thể tích
1	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	30 gam
2	$\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	1 gam
3	$\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0,5 gam
4	HCl đặc, 36%	100 cm ³
5	H_2O	500 cm ³

Để phát hiện pha tăng cứng của lá tầng II thì tẩm thực bằng dung dịch điện phân dòng 0,03 - 0,06 A/cm² thời gian tẩm thực là 10-15 giây. Sử dụng điện cực thép không gỉ.

Bảng 2. Thành phần dung dịch tẩm thực điện phân

STT	Tên gọi	Thể tích
1	HF	1 cm ³
2	Glyxêrin	10 cm ³
3	H_2O	89 cm ³

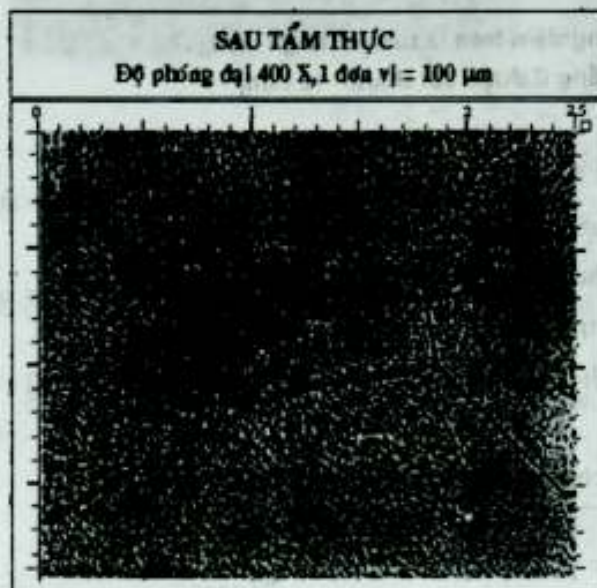
Để đánh giá lớp thấm nhôm tẩm thực bằng hoá chất, lá tầng I thời gian tẩm thực từ 1-2 phút, ở nhiệt độ thông thường.

Bảng 3. Thành phần dung dịch tẩm thực trên lá turbin tầng I

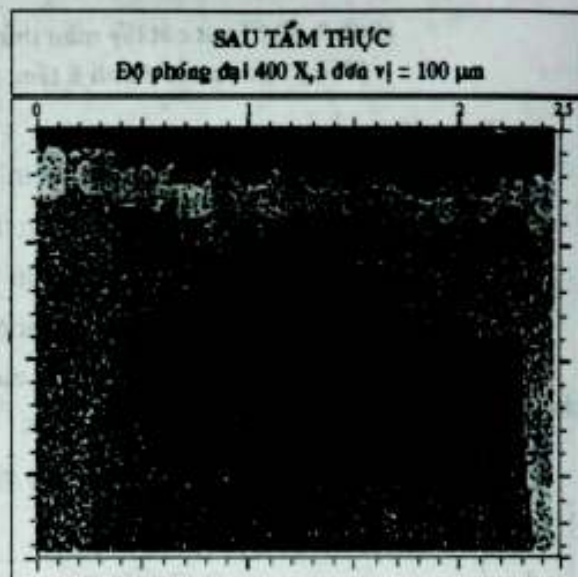
STT	Hoa chất	Khối lượng hoặc thể tích
1	HCl	20 cm ³
2	CuSO_4	4 gam
3	H_2O	20 cm ³

Trong báo cáo chỉ tiến hành soi chụp lá turbin bị quá nhiệt có pha hoá cứng γ' lá turbin tầng II. Ảnh soi chụp được mạng tinh thể như hình vẽ: (Hình 4,5,6,7,8)

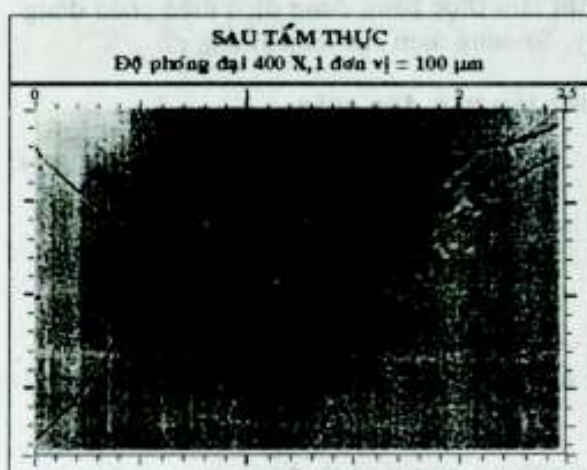
- Đưa ảnh đã được chụp vào máy để so sánh với ảnh mẫu. (Đưa ra thuật toán so sánh trong) để đánh giá sự nghèo đi của pha hoá cứng γ' . Đánh giá về sự quá nhiệt của lá turbin.



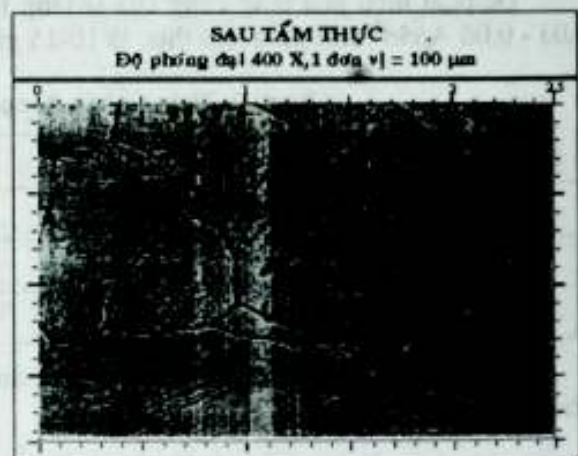
Hình 4. Cấu trúc bình thường của hợp kim γ 929



Hình 5. Cấu trúc hợp kim γ 929 làm nghèo bởi pha γ' , với ôxi hoá lớp bề mặt kim loại ở mép lá



Hình 6. Không có pha hoá cứng γ'



Hình 7. Cấu trúc mạng bắt đầu có sự nóng chảy ở ranh giới hạt

Pha hoá cứng γ

Hợp kim $\approx$ U 929, là hợp kim của Ni, thành phần hợp kim.

(Bảng 4). Pha hoá cứng γ là dung dịch rắn trên nền Ni₃Al với hệ thống tinh thể lập phương diện tâm. Các hợp kim của Ni chịu nhiệt không có khác biệt.

+ Về độ bền và độ bền nhiệt cao ở nhiệt độ trong phòng sức bền kéo tức thời của chúng là 700 – 800 Mpa khi độ giãn dài tương đối 20 – 40%. Độ bền dài 100 h của hợp kim này ở 800°C không vượt quá 500–130 Mpa.

Độ bền nhiệt đạt được lớn nhất khi 20% Cr, việc tăng Cr sẽ làm giảm

độ bền nhiệt. Các hợp kim hoá bởi Al và Ti được làm tăng bền bằng nhiệt luyện.

Theo A.A Bochvar đã chỉ ra 4 hướng làm tăng các tính bền và bền nhiệt của kim loại:[4]

1. Biến dạng nguội các kim loại (tăng bền bằng gia công nguội).
2. Nấu chảy kim loại chủ yếu với các thành phần tạo thành các dung dịch rắn với nó.
3. Nhận được hỗn hợp các pha phân tán cao hay trạng thái trung gian, đáp ứng giai đoạn chuẩn bị tạo thành hỗn hợp này.
4. Đưa vào hợp kim các thành phần để khi kết tinh lại tạo thành pha mới rắn hơn, phân bố theo các biên của hạt ban đầu hay theo không gian giữa các nhánh cây.

Tăng bền bằng gia công nguội không được coi là phương pháp có hiệu quả để tăng bền nhiệt cho các kim loại tinh khiết. Trong các kim loại tinh khiết kỹ thuật ở nhiệt độ trên $0,35 \div 0,35 T_{\text{nóng chảy}}$ bắt đầu kết tinh lại phát triển mạnh, còn trên $0,35 \div 0,45 T_{\text{nóng chảy}}$ - kết tinh lại, gây ra mất tăng bền khi gia công nguội.

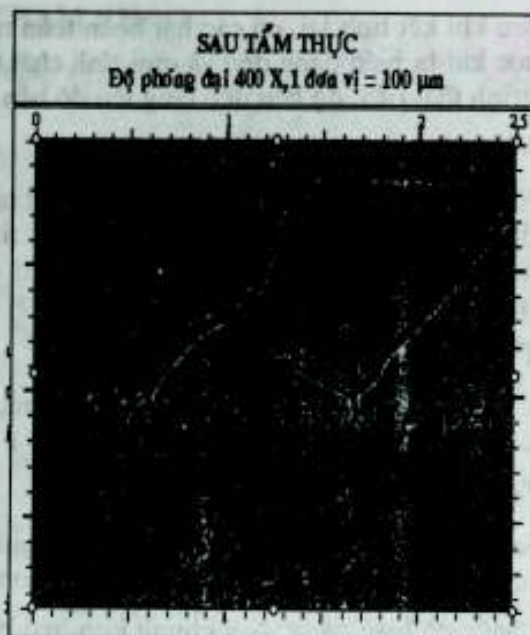
Bằng hợp kim hoá có thể tăng nhiệt độ bắt đầu kết tinh lại của hợp kim một pha đến $0,50 \div 0,60 T_{\text{nóng chảy}}$ của kim loại. Như vậy Co, Ti, W, Cr làm tăng mạnh nhiệt độ bắt đầu kết tinh của Ni. Nhiệt độ bắt đầu kết tinh lại của các hợp kim được hoá già cao hơn, mà đối với chúng là $0,55 \div 0,7 T_{\text{nóng chảy}}$. Nhiệt độ bắt đầu kết tinh lại cao nhất đối với các hợp kim được tăng bền bằng các phần tử khó nóng chảy phân tán, mà được đưa vào bằng phương pháp luyện kim bột hay oxy hoá bên trong.

Bản chất của sự kết tinh lại.

Khi nung nóng ở nhiệt độ cao nhất định (gọi là nhiệt độ kết tinh), trong mạng tinh thể bị xô lệch có quá trình hình thành các hạt mới không có các sai lệch do biến dạng dẻo gây ra theo cơ chế tạo mầm và phát triển mầm kết tinh như:

- Mầm là những vùng không gian chứa sai lệch do biến dạng dẻo; chúng sinh ra chủ yếu ở những vùng bị xô lệch mạnh nhất, năng lượng dự trữ cao nhất như (mặt trượt, biên hạt) do đó dễ trở lại trạng thái cân bằng với ít sai lệch nhất. Như vậy kim loại bị biến dạng dẻo càng mạnh, mầm kết tinh lại sẽ được tạo nên càng nhiều nên hạt càng nhỏ.

- Sự phát triển tiếp theo là quá trình tự nhiên.



Hình 8. Cấu trúc mạng của hợp kim khi bị quá nhiệt

Sau khi kết tinh lại, có các hạt hoàn toàn mới đa cạnh với mạng tinh thể ít sai lệch nhất như trước khi bị biến dạng dẻo và mọi tính chất trở lại mức như trước khi bị biến dạng tức xảy ra quá trình thái bền: độ bền dẻo tăng lên độ bền, độ cứng giảm đi một cách đột ngột.

Nhiệt độ trong quá trình kết tinh lại.

Nhiệt độ kết tinh lại là nhiệt độ nhỏ nhất tại đó xảy ra quá trình kết tinh lại (tạo mầm và phát triển mầm) với tốc độ đáng kể. Do kết tinh lại phụ thuộc sự dịch chuyển xa của các nguyên tử nên nhiệt độ của quá trình đó $T_{k\tau l}^0$ - phụ thuộc vào nhiệt độ nóng chảy của kim loại- T^0_s

$$T_{k\tau l}^0 = a \cdot T^0_s$$

a: Phụ thuộc vào độ sạch của vật liệu, mức độ biến dạng và thời gian giữ nhiệt. Độ biến dạng càng lớn, thời gian ủ nhiệt càng dài hệ số a tương ứng càng nhỏ.

Tổ chức tế vi và độ hạt

Sau kết tinh lại được các hạt mới đa cạnh, đẳng trục, mất hẳn dạng hạt méo, kéo dài nhưng độ hạt có sự thay đổi. (ảnh hưởng đến cơ tính) nó phụ thuộc vào các yếu tố:

- Mức độ biến dạng: Nói chung kim loại bị biến dạng dẻo càng mạnh, sau khi ủ kết tinh lại hạt tạo thành càng nhỏ là do xô lệch mạng và tạo nên mầm.

- Nhiệt độ ủ: Nhiệt độ ủ càng cao tốc độ tạo mầm và phát triển mầm đều tăng nhưng tốc độ phát triển tăng nhanh hơn nên hạt to lên.

- Thời gian giữ nhiệt : thời gian giữ nhiệt tại nhiệt độ ủ càng dài càng có điều kiện cho hạt phát triển nên hạt càng lớn.

Kết tinh lại lần hai.

Sau khi kết tinh lại như trên, nếu tiếp tục nâng cao nhiệt độ hay kéo dài thời gian giữ nhiệt sẽ có quá trình sát nhập của các hạt nhỏ hơn bao quanh vào các hạt lớn làm hạt to thêm. Sự phát triển hạt là quá trình tự nhiên vì nó làm giảm tổng biên giới hạt do đó làm giảm tổng năng lượng dự trữ. Quá trình này được gọi là quá trình kết tinh lại lần hai và cần phải tránh.

Bảng 4. Thành phần hợp kim của lá turbin tầng 2(Hợp kim Ni55WmoTiCoAl),% khối lượng

K.hiệu	C	Cr	Co	Ti	Al	W	Mo	Các Ng.tố khác
3U 929	,12	13..16	12..16	1,4..2,0	3,6..4,5	4,5..6,5	4..6	(0,2..0,8)V

Kết luận: Trong động cơ turbin có các lá turbin bị quá nhiệt gây ảnh hưởng xấu tới kết cấu, hiệu suất làm việc của động cơ và uy hiếp an toàn bay. Do đó phải loại trừ các lá turbin bị quá nhiệt khi sử dụng và sửa chữa động cơ. Bài báo này đưa ra một phương pháp khảo sát lá turbin bị quá nhiệt đơn giản, phù hợp với điều kiện ở Việt nam hiện nay.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. H Cohen-GFC Rogers-HIH Saravanamttoc. *GAS TURBINE THEORY*, 4TH EDITION, 1996
2. Cục Kỹ thuật Quân chủng PK-KQ. Tài liệu sửa chữa turbin động cơ phản lực R13-300, Quyển III. 2002
3. Nghiêm Hùng, *Vật liệu học*, 2002.
4. Б. А. КОЛАЧЕВ, В. И. ЭЛАГИН, В.А.ЛИВАНОВ, МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ И ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ. МОСКВА. 2001

ONE METHOD INVESTIGATING OVERHEATED TURBINE BLADE

Nhu Phuong Mai - Phan Thuy Linh - Van Minh Chinh - Dinh Cong Hoc

Abstract: During the exploiting process of turbine, the blades may be overheat (when the temprature behind the turbine T4 is over 850°C, which may cause some micro-cracks that could not be found by colour penetration test. On the other hand, we could only see the aluminium cover being burn or pock-marked on the surface of blades. To prevent the overheat blades from being repaired, we should test the hardness and crystallize structures when the blades are being overheated. This paper presents some results of crytallize structure of turbine blades.