

## MÔ PHỎNG RUNG KHỬ ỨNG SUẤT DƯ VÀ ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG TĂNG GIỚI HẠN MỎI CỦA PHƯƠNG PHÁP

Đỗ Văn Sĩ<sup>1</sup>, Bùi Mạnh Cường<sup>1</sup>, Nguyễn Thị Hồng<sup>2</sup>

**Tóm tắt:** Bài báo sử dụng phần mềm ANSYS Workbench để tiến hành mô phỏng trường ứng suất dư sinh ra trên chi tiết thông qua quá trình nhiệt và sự thay đổi trường ứng suất dư bằng dao động (rung khử ứng suất dư). Trường ứng suất dư trên chi tiết trước và sau khi rung khử được đưa vào chương trình tính toán để đánh giá khả năng tăng giới hạn mỏi của phương pháp rung khử ứng suất dư. Độ tin cậy của mô phỏng và tính toán được đánh giá so với kết quả thực nghiệm, qua đó cho thấy phương pháp mô phỏng và tính toán hoàn toàn phù hợp với thực tế. Kết quả của bài báo cho phép đánh giá khả năng cải thiện giới hạn mỏi của chi tiết máy của phương pháp rung khử ứng suất dư nhanh chóng, qua đó có thể lựa chọn được chế độ rung hợp lý để nâng cao chất lượng rung khử ứng suất dư.

**Từ khóa:** Ứng suất dư, giới hạn mỏi, rung khử ứng suất dư.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong chi tiết, sự có mặt của ứng suất làm ảnh hưởng tới đặc tính cơ học của nó, đặc biệt là ứng suất dư kéo có ảnh hưởng xấu tới đặc tính bền nói chung và đặc tính bền mỏi nói riêng (J. K. Jacobus, 2000; Paul Colegrove, 2009). Thực tế cho thấy có nhiều phương pháp khử ứng suất dư đã được tiến hành như: phương pháp nhiệt, phương pháp cơ... đem lại khả năng giảm ứng suất dư đáng kể, phương pháp rung khử ứng suất dư có khả năng làm giảm ứng suất dư tới 90% (R. Dawson, 1980; R. T. McGoldrick, 1943; S. M. Y. Munsif, 2001). Tuy nhiên song song với lợi ích giảm ứng suất dư đạt được thì các phương pháp cũng ảnh hưởng không ít tới đặc tính bền mỏi của chi tiết sau khi khử ứng suất dư. Với nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm, tài liệu (S. M. Y. Munsif, 2001), đã chỉ ra phương pháp khử ứng suất dư bằng nhiệt làm giảm giới hạn bền mỏi tới 43% sau khi áp dụng, trong khi đó phương pháp rung khử ứng suất dư làm tăng lên 17%. Đối với phương pháp cơ, đặc biệt là

phương pháp rung khử ứng suất dư, bằng thực nghiệm các nghiên cứu đã chỉ ra với phương pháp này có khả năng vừa làm giảm ứng suất dư đồng thời cải thiện được cả đặc tính bền mỏi của chi tiết (Han Jun Gao, 2017; J. Song, 2016). Việc nghiên cứu bằng thực nghiệm để xác định đặc tính bền mỏi của chi tiết rất phức tạp và tốn nhiều thời gian, bài báo trình bày nghiên cứu khả năng tăng giới hạn mỏi của chi tiết trên cơ sở mô phỏng và tính toán giúp khắc phục được những khó khăn do thực nghiệm mà vẫn đảm bảo được độ chính xác.

### 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

#### 2.1. Ứng suất dư của quá trình nhiệt và rung khử ứng suất dư

Khi một chi tiết chịu quá trình nhiệt đột ngột, không đều thì trong chi tiết xuất hiện một trường ứng suất dư. Trường ứng suất dư này được xác định thông qua hệ phương trình ma trận được đề xuất theo tài liệu (Y. Y. Zhu and S. Cescotto, 1994):

$$\begin{bmatrix} [C] & 0 \\ 0 & [C] \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \{u\} \\ \{T\} \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} [K] & 0 \\ 0 & [K'] \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \{u\} \\ \{T\} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \{F\} \\ \{Q\} \end{Bmatrix} \quad (1)$$

Trong đó:  $[K]$  là ma trận độ cứng của chi tiết;  $[K']$

---

<sup>1</sup>Bộ môn Cơ học máy - Khoa Cơ khí, Học viện KTQS

<sup>2</sup>Bộ môn Đồ họa kỹ thuật - Khoa Cơ khí, Trường Đại học Thủy lợi

là ma trận độ cứng nhiệt của chi tiết;  $[C]$  là ma trận cản của chi tiết;  $[C']$  là ma trận cản nhiệt của chi tiết;  $\{F\}$  là véc tơ tải nhiệt chi tiết;  $\{Q\}$  là véc tơ tải lực chi tiết;  $u$  và  $T$  lần lượt là chuyển vị và nhiệt độ nút phần tử.

Quá trình rung khử ứng suất dư cho chi tiết là quá trình tác dụng ngoại lực bất chi tiết phải biến dạng, khi biến dạng vượt qua giới hạn chảy dẻo thì trường ứng suất dư tại đó được phân bố lại (A.R. Soto-Raga, 1983). Tác giả Агапов đưa ra phương trình chuyển động tổng quát của chi tiết có ứng suất dư (B. П. Агапов, 2000).

$$[M]\{\ddot{u}(t+\Delta t)\} + [C]\{\dot{u}(t+\Delta t)\} + ([K_u] + [K_\sigma])\{u(t)\} - \{\Delta Q\}^p - \{\Delta Q\}^n = [M]\{\ddot{u}(t)\} + [C]\{\dot{u}(t)\} \quad (2)$$

Trong đó:  $[M]$  là ma trận khối lượng của chi tiết;  $[C]$  là ma trận cản của chi tiết;  $[K_u]$  là ma trận độ cứng của chi tiết không có ứng suất dư;  $[K_\sigma]$  là ma trận độ cứng của chi tiết do ứng suất dư;  $\{\Delta Q\}^p$  là véc tơ hiệu số ngoại lực tập trung;  $\{\Delta Q\}^n$  là véc tơ hiệu số ngoại lực phân bố.

$$V_{ELm}^{0(d)} = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^3 W_i W_j W_k \left[ f_{ELm}^{0(d)}(x, y, z) \right]^{m_w} \det J_m(\xi, \eta, t) \quad (5)$$

Trong đó  $W_i, W_j, W_k$  là các trọng số theo các trục  $\xi, \eta, t$  trong hệ trục tọa độ địa phương của phần tử hữu hạn,  $J_m(\xi, \eta, t)$  - ma trận Jacobi. Chỉ số "0" ứng với mẫu và chỉ số "d" ứng với chi tiết, và hàm số  $f_{ELm}^{0(d)}(x, y, z)$  được tính cho mỗi phần tử của mẫu và chi tiết theo công thức:

$$f_{ELm}^{0(d)}(x, y, z) = \sum_{i=1}^{nod} N_i^{0(d)} \frac{\sigma_i^{0(d)}}{\sigma_{max}^{0(d)}} \quad (6)$$

Trong đó  $N_i^{0(d)}$  là hàm dạng của phần tử hữu hạn ứng với nút thứ  $i$ ,  $\sigma_i^{0(d)}$  là giá trị ứng suất tại nút thứ  $i$  của phần tử hữu hạn,  $\sigma_{max}^{0(d)}$  là ứng suất lớn nhất trong mẫu và chi tiết,  $nod$  là số lượng nút của mỗi phần tử.

Để so sánh giới hạn mỏi của một chi tiết trước và sau khi rung khử ứng suất dư ta coi giới hạn mỏi của chi tiết sau rung khử là  $\sigma_{Rd}$  và giới hạn mỏi của chi tiết trước rung khử là  $\sigma_R$ , khi đó  $V_0^*$ ;  $V_d^*$  lần lượt là thể tích quy đổi của chi tiết trước và sau khi rung khử ứng suất dư. Đối với chi tiết có ứng suất dư, giới hạn

## 2.2. Đánh giá giới hạn mỏi của chi tiết

Theo tài liệu (B. C. Ангрей, 2004), giới hạn mỏi của chi tiết  $\sigma_{-1d}$  được tính thông qua giới hạn mỏi của mẫu tiêu chuẩn là  $\sigma_{-1}$  theo công thức:

$$\sigma_{-1d} = K_F \cdot K_V \cdot \left( \frac{V_0^*}{V_d^*} \right)^{m_w} \cdot \sigma_{-1} \quad (3)$$

Với  $K_F, K_V$  là hệ số ảnh hưởng của công nghệ gia công bề mặt, và sự thay đổi kích thước của chi tiết so với mẫu;  $m_w$  là tham số đặc trưng vật liệu.

$V_0^*$ ,  $V_d^*$  là thể tích quy đổi của mẫu và của chi tiết máy được tính theo tài liệu (O. B. Репецкий, 2012) như sau:

$$V_0^* = \sum_{m=1}^{N_e} V_{ELm}^0 \quad \text{và} \quad V_d^* = \sum_{m=1}^{N_e} V_{ELm}^d \quad (4)$$

Trong đó  $N_e$  là số lượng phần tử hữu hạn được sử dụng để mô hình hóa mẫu và chi tiết,  $V_{ELm}^0$  và  $V_{ELm}^d$  là thể tích quy đổi của phần tử hữu hạn thứ  $m$  của mẫu và của chi tiết, chúng được tính theo công thức sau:

mỏi của chi tiết được hiệu chỉnh theo công thức của Goodman (Goodman, J, 1899). Vì vậy khả năng tăng giới hạn mỏi của chi tiết sau khi rung khử ứng suất dư được tính theo công thức.

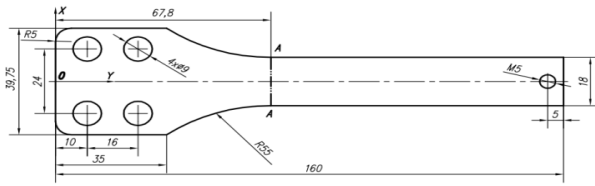
$$F = \frac{\sigma_{Rd}}{\sigma_R} = K_V \cdot K_F \cdot \left( \frac{V_0^*}{V_d^*} \right)^{\frac{1}{m_w}} \cdot \frac{\sigma_B - \sigma_{du\max-sau}}{\sigma_B - \sigma_{du\max-truoc}} \quad (7)$$

Trong đó:  $\sigma_B$  là giới hạn bền của vật liệu,  $\sigma_{du\max-truoc}$  và  $\sigma_{du\max-sau}$  là ứng suất dư lớn nhất còn lại trong vật thể trước và sau rung khử.

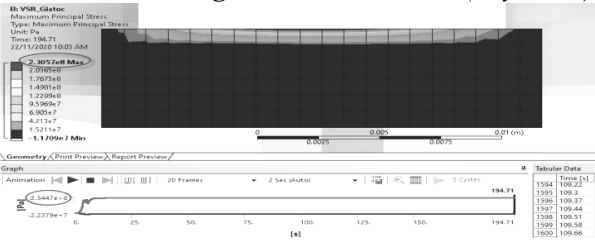
## 3. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG, TÍNH TOÁN VÀ THỰC NGHIỆM

### 3.1. Mô phỏng ứng suất dư và rung khử ứng suất dư

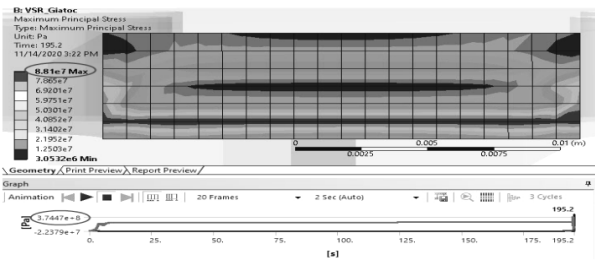
Hình dạng và kích thước chi tiết dùng để mô phỏng ứng suất dư, mô phỏng rung khử ứng suất dư được thiết kế, chế tạo trên cơ sở tiêu chuẩn ASTM E466 và phù hợp thiết bị thí nghiệm, Hình 1. Nguồn nhiệt di động để tạo ứng suất dư chạy dọc theo đường A-A.



Hình 1. Hình dạng kích thước chi tiết (dày 6mm)



a) Trước rung khử ứng suất dư



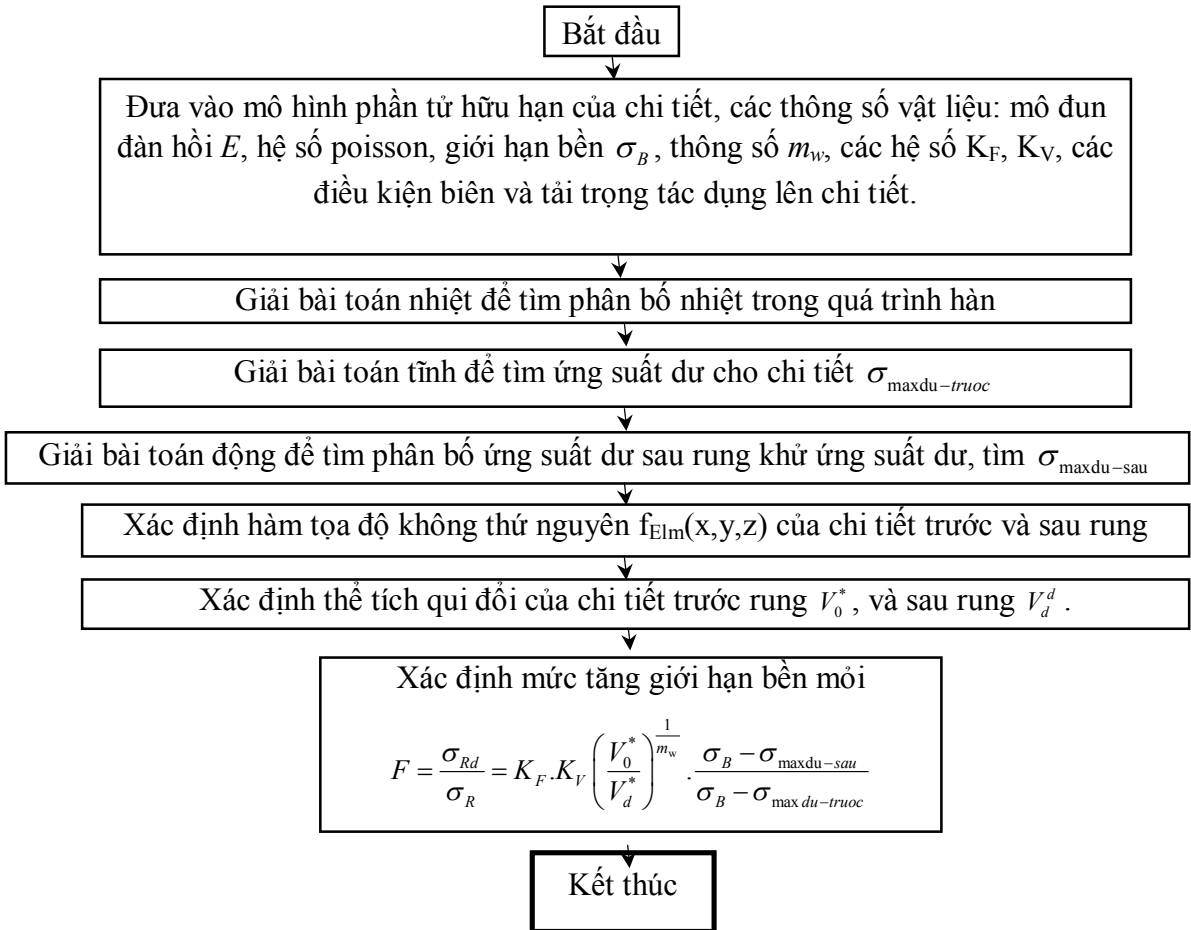
b) Sau rung khử với biên độ tải vượt 29% giới hạn chảy

Hình 2. Trường ứng suất dư tại mặt cắt A-A

Sử dụng vật liệu có mô hình biến cứng động học hai đường tuyến tính, các tham số đặc trưng theo nhiệt độ được lấy trong tài liệu (Lang Shi, 2018). Trường ứng suất dư của chi tiết khi chưa rung khử và sau khi rung khử ứng suất dư được cho trên Hình 2.

Kết quả mô phỏng cho thấy trường ứng suất dư sau rung khử có sự phân bố lại đồng đều hơn. Trên Hình 2 cho thấy, ứng suất dư do nhiệt sinh ra trên bề mặt ngoài là lớn nhất và bằng 230 MPa (Hình 2a), sau khi rung khử ứng suất dư thì đỉnh cực đại này phân bố vào bên trong chi tiết và bằng 88 MPa (Hình 2b). Như vậy Giá trị ứng suất cực đại giảm từ 230MPa xuống 88MPa (giảm khoảng 62%) và phân bố vào bên trong lòng vật thể.

### 3.2. Tính khả năng tăng giới hạn mỏi của phương pháp rung khử ứng suất dư



Hình 3. Sơ đồ tính toán

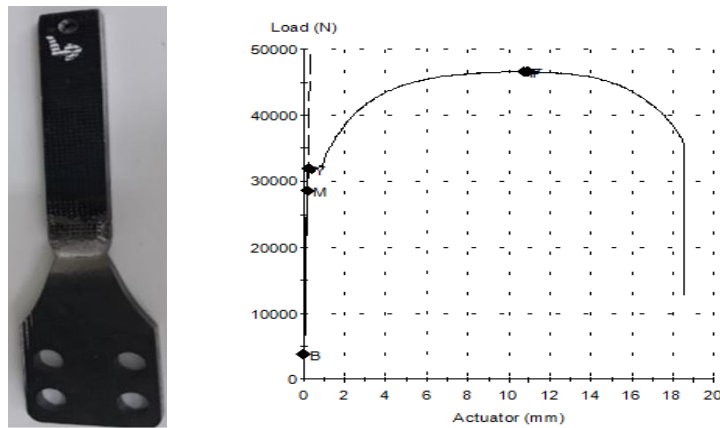
Chương trình tính toán được lập trên nền MATLAB theo công thức (7), sử dụng chương trình để tính khả năng tăng tuổi thọ môi của phương pháp rung khử ứng suất dư, đầu vào của chương trình tính toán là các trường ứng suất dư thu được trong mô phỏng ứng suất dư của quá trình nhiệt (chưa khử ứng suất dư) và mô phỏng rung khử ứng suất dư. Sơ đồ chương trình tính thể hiện trên Hình 3.

Kết quả tính được  $F = 1,164$ . Như vậy, tại mặt cắt khảo sát, với chế độ rung khử ứng suất có tải vượt 29% giới hạn chảy của vật liệu thì giới hạn mỏi lên 16,4%. Do khu vực mặt cắt khảo sát là nơi được bố trí có ứng suất dư và cũng chính là nơi

chịu tải trong quá trình rung khử ứng suất dư, vị trí khảo sát chính là nơi nguy hiểm nhất về đặc tính mỏi của toàn bộ chi tiết mẫu, vì vậy kết quả khảo sát đánh giá sát thực ảnh hưởng của tải rung tới khả năng giảm ứng suất dư cũng như tuổi thọ của toàn bộ mẫu.

### 3.3. Thực nghiệm rung khử ứng suất dư và tìm giới hạn mỏi

*Mẫu và vật liệu:* Chi tiết được chế tạo có kích thước như Hình 1, vật liệu để chế tạo là thép CT3 (tương đương ASTM A36), vật liệu được xác định giới hạn chảy bằng máy kéo vạn năng MTS-810 Landmark (Mỹ), đặc tính bền được thể hiện trên Hình 4 và bảng 1.



Hình 4. Xác định đặc tính cơ học của mẫu

**Bảng 1. Đặc tính cơ học của thép CT3**

Giới hạn bền $\sigma_B$	Giới hạn chảy $\sigma_c$	Modul đàn hồi E	Hệ số poisson	Độ dẫn dài
440 MPa	296 MPa	200 GPa	0,3	20%

Mẫu được tạo ứng suất dư bằng phương pháp nhiệt, dùng nguồn nhiệt Acetylen nung nóng tại vị trí A-A đến nhiệt độ khoảng

1000<sup>0</sup>C rồi cho nguội nhanh trong nước. Thiết bị đo nhiệt độ cầm tay của hãng OMEGA, Hình 5.



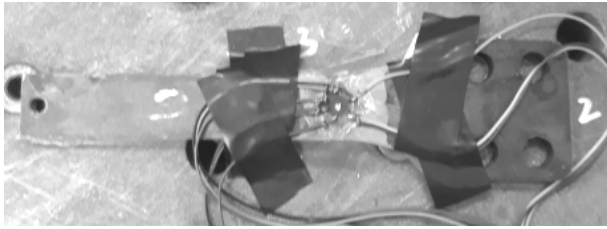
a) Mẫu được nung nóng



b) Đo nhiệt độ trên mẫu

Hình 5. Tạo ứng suất dư cho mẫu

Đo ứng suất dư của mẫu theo phương pháp khoan lỗ (Tiêu chuẩn ASTM E837-01), vị trí đo là điểm chính giữa đường A-A như Hình 6, vị trí này cho ứng suất dư lớn nhất. Kết quả ứng suất dư được đo trước và sau khi rung khử được thể hiện trên bảng 2.

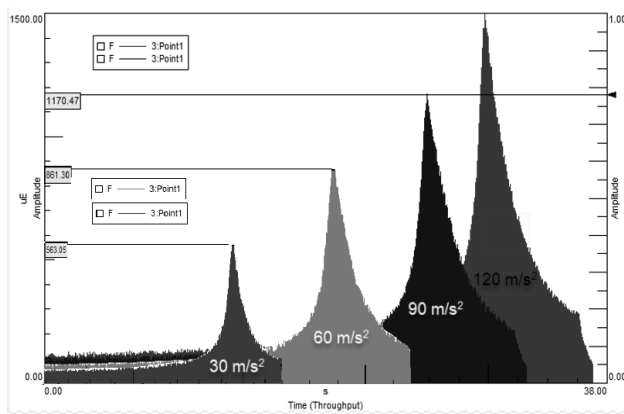


Hình 6. Đo ứng suất dư

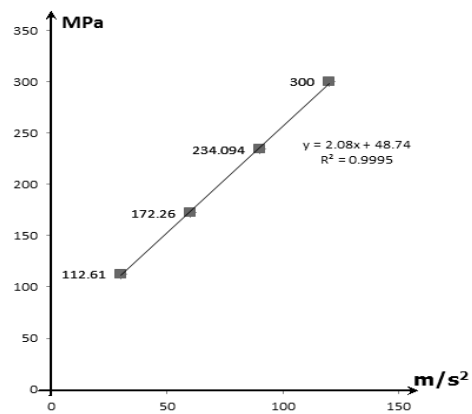
**Bảng 2. Giá trị đo ứng suất dư**

Ứng suất dư trước rung	Ứng suất dư sau rung	Mức giảm ứng suất
216 MPa	58 MPa	73,14%

*Khảo sát mối quan hệ biến dạng và gia tốc rung:* Tem đo biến dạng được dán tại vị trí chính giữa đường A-A. Tiến hành cho mẫu dao động tại tần số cộng hưởng của nó, biến dạng tại vị trí khảo sát đo được bằng thiết bị LMS (hãng LMS – Bỉ), biến dạng theo biên độ gia tốc rung thể hiện trên Hình 7a. Tương ứng với ứng suất tại vị trí khảo sát được thể hiện trên Hình 7b.



a) Biến dạng tại vị trí khảo sát



b) Mối quan hệ gia tốc ứng suất

Hình 7. Khảo sát mối quan hệ biến dạng- gia tốc rung

*Rung khử ứng suất dư:* Rung khử ứng suất dư cho 5 chi tiết trên bàn rung máy tạo rung LDS (hãng Brüel & Kjær – Đan Mạch), tiến trình rung khử ứng suất dư được thực hiện theo các bước được đề xuất trong tài liệu (Stefan Lindqvist, 2007). Gia tốc rung  $55\text{m/s}^2$  tại tần số cộng hưởng của chi tiết. Trên cơ sở mối quan hệ giữa gia tốc rung và ứng suất động trên Hình 7b, thì ứng suất động tại vị trí khảo sát là 163,14 MPa, với ứng suất dư là 216 MPa (bảng 2) thì ứng suất tổng vượt qua giới hạn chảy khoảng 29%.

*Tìm giới hạn mỏi:* Tìm giới hạn mỏi theo phương pháp Staircase cải tiến trên máy tạo rung LDS, phương pháp này được trình bày cụ thể

trong tài liệu (CIMAC WG4, 2009), mỗi bậc tăng ứng suất là 10,4 MPa. Tiến hành thí nghiệm tìm giới hạn mỏi cho 5 mẫu chưa rung khử ứng suất dư và 5 mẫu đã rung khử ứng suất dư ở trên. Dấu hiệu nhận biết mẫu phá hủy mỏi là gãy. Kết quả thí nghiệm được thể hiện trên Hình 8.

Kết quả xử lý số liệu để tính giới hạn mỏi và độ lệch chuẩn cho các trường hợp được theo tài liệu (CIMAC WG4, 2009). Kết quả tính toán thu được giới hạn mỏi của mẫu không rung khử ứng suất dư là 136,1 Mpa, với độ lệch chuẩn là 10,7 MPa. Giới hạn mỏi của mẫu rung khử ứng suất dư là 154,82 MPa với độ lệch chuẩn là 9,9 MPa. Như vậy, với chế độ rung khảo sát, mức tăng giới hạn mỏi là 13,7%.



Tải (MPa)	Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3	Mẫu 4	Mẫu 5
173,54					
163,14					
152,74	x		x		
142,34	0	x	0	x	
131,94	0	0	0	0	
121,5			0		x

a) Không rung khử ứng suất dư



Tải (MPa)	Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3	Mẫu 4	Mẫu 5
173,54					x
163,14			x	x	0
152,74	x	x	0	0	0
142,34	0	0	0	0	0
131,94	0	0	0		
121,5					

b) Rung khử ứng suất dư

Hình 8. Kết quả thí nghiệm tìm giới hạn mỏi (X: Mẫu phá hủy; 0: Mẫu chưa phá hủy)

#### 4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Tổng hợp kết quả mô phỏng tính toán và thực

thí nghiệm về khả năng giảm ứng suất dư và khả năng tăng giới hạn mỏi được thể hiện ở bảng 3.

**Bảng 3. So sánh kết quả mô phỏng và thí nghiệm**

	Mô phỏng	Thí nghiệm	Sai lệch
Mức tăng giới hạn mỏi sau rung khử	16,4%	13,7%	+2,7%
Mức giảm giá trị cực đại của ứng suất dư sau rung khử	62%	73,14%	-11,14%

Phương pháp rung khử ứng suất dư có khả năng giảm ứng suất dư cho chi tiết, trong chế độ rung khử mà bài báo khảo sát (ứng suất vượt 29% giới hạn chảy) thì ứng suất dư giảm khoảng 70% cho cả mô phỏng và thí nghiệm. Kết quả này cũng phản ánh khá sát với các nghiên cứu (R. Dawson, 1980). Sai khác giữa mô phỏng tính toán và thực nghiệm là 11,14%.

Cả mô phỏng, tính toán và thí nghiệm với một chế độ rung mà bài báo nghiên cứu đều cho thấy giới hạn mỏi của chi tiết làm bằng thép CT3 được cải thiện và tăng lên khoảng 20%, kết quả này cũng tương đồng với kết quả nghiên

cứu được công bố trong (S. M. Y. Munsif, 2001). Sai khác giữa mô phỏng, tính toán và thí nghiệm là 2,7%.

Sai khác kết quả giữa mô phỏng, tính toán, thí nghiệm và các công bố khác hoàn toàn tương đồng và có độ chính xác chấp nhận được, điều đó cho thấy phương pháp mô phỏng ứng suất dư, rung khử ứng suất dư và tính giới hạn mỏi của chi tiết là hoàn toàn có thể áp dụng trong thực tế để đánh giá khả năng cải thiện đặc tính mỏi của các chi tiết làm bằng thép CT3, làm cơ sở khảo sát để lựa chọn chế độ rung khử ứng suất dư đạt hiệu quả cao nhất trong thực tế.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- J. K. Jacobus, R. E. DeVor (2000), “*Machining Induced Residual Stress, Experimentation and Modeling*”, Journal of Manufacturing Science and Engineering, 122 p20-31.
- Paul Colegrove (2009), “*The welding process iMPact on residual stress and distortion*”, The Science and Technology of Welding and Joining, Vol 14.
- R. Dawson, D. G. Moffat (1980), “*Vibratory stress relief and fundamental study of its effectiveness*”, Journal of Engineering Materials and Technology 102(2):169-176.
- R. T. McGoldrick, H. E. Saunders (1943), “*Some Experiments in Stress Relieving Castings and welded structures by Vibration*”, Journal of the American Society for Naval Engineers, Volume-55, (4), pp.589–609.
- S. M. Y. Munsif, J. Waddell, C. Walker (2001), “*The Influence of Vibratory Treatment on the Fatigue Life of Welds: A Comparison with Thermal Stress Relief*”, Strain, 37, 141–149.
- Han Jun Gao (2017), “*Experimental Investigation on the Fatigue Life of Ti-6Al-4V Treated by Vibratory Stress Relief*”, Metals, 7, 158; doi:10.3390/met7050158.
- J. Song, Y. Zhang (2016), “*Effect of vibratory stress relief on fatigue life of aluminum alloy 7075-T651*”, Adv. Mech. Eng, 8, 1–9.
- Y. Y. Zhu and S. Cescotto (1994), “*Transient Thermal and Thermomechanical Analysis by Mixed FEM*”, Computers and Structures, Vol. 53.
- A.R. Soto-Raga (1983), *An Analysis of the Mechanism of Reduction of Residual Stresses by Vibration*, PhD Thesis, Georgia Institute of Technology, April.
- В. П. Агапов (2000), *Метод конечных элементов в статике, динамике и устойчивости пространственных тонкостенных подкрепленных конструкций*, Издательство Ассоциаций строительных вузов, Москва.
- В. С. Андрей (2004), *метод определения характеристик сопротивления усталости деталей сложной формы*, транспорт урала.
- О. В. Репецкий, Буй Мань Кыюнг (2012), “*Прогнозирование усталостной прочности рабочих лопаток турбомашин*”, Дюссельдорф: Palmarium academic publishing.
- Goodman, J. (1899), *Mechanics Applied to Engineering*. Longmans, Green & Com, London.
- Lang Shi, Angie Hill Price, and Wayne Nguyen Hung (2018), *use of contour method for welding residual stress assessment*, Procedia Manufacturing 26, pp276–285.
- Stefan Lindqvist, Jonas Holmgren (2007). *Alternative Methods for Heat Stress Relief*; Master of science programme Mechanical Engineering; Luleå 14th
- Guidance for evaluation of Fatigue Tests, IACS UR M53, Appendix IV, CIMAC WG4, 16.10.2009.

### Abstract:

#### SIMULATING AND EVALUATING THE ABILITY OF INCREASING THE FATIGUE LIMIT OF THE VIBRATORY STRESS RELIEF

*The paper uses ANSYS Workbench software to simulate residual stress field generated in the structures by the thermal process and the change of residual stress field by vibration (vibratory stress relief). Residual stress field before and after vibration are involved in the calculation program to evaluate the ability of increasing fatigue limit of the vibratory stress relief. The reliability of the simulation and calculation is evaluated and compared with the experimental results, thereby showing that the simulation and calculation method is completely consistent with the reality. The results of the paper allow to evaluate the ability of quickly improving structures' the fatigue limit by the vibratory stress relief, so that the appropriate vibration mode can be selected to achieve high efficiency of the vibratory stress relief.*

**Keywords:** Residual stress, Fatigue limite, Vibratory stress relief.

---

Ngày nhận bài: 18/2/2021

Ngày chấp nhận đăng: 20/5/2021