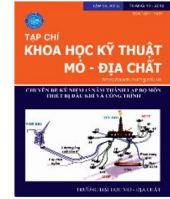




Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

Trang điện tử: <http://tapchi.humg.edu.vn>



Sử dụng phương pháp Fillet nhằm nâng cao tuổi thọ của cơ cấu thanh răng - bánh răng trong quá trình nâng hạ chân đế giàn khoan tự nâng

Hoàng Anh Dũng *, Nguyễn Văn Thịnh

Khoa Dầu khí, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

Quá trình:
 Nhận bài 12/10/2018
 Chấp nhận 05/12/2018
 Đăng online 28/02/2019

Từ khóa:

Giàn tự nâng
 Cơ cấu bánh răng - thanh răng
 Bán kính cong Fillet

TÓM TẮT

Trong quá trình vận hành giàn khoan tự nâng phục vụ cho công tác khoan khai thác dầu khí trên các vùng biển, một trong những yếu tố quyết định đến hiệu quả hoạt động của giàn đó là quá trình nâng giàn lên khi làm việc và quá trình hạ giàn xuống khi di chuyển. Quá trình nâng hạ giàn được thực hiện nhờ cơ cấu bánh răng - thanh răng, cho nên độ bền của cơ cấu thanh răng - bánh răng sẽ là yếu tố quyết định đến hiệu quả của quá trình nâng hạ giàn khoan. Để nâng cao độ bền của cặp thanh răng - bánh răng ta có thể sử dụng phương pháp Fillet để tính toán, lựa chọn bán kính góc vát cong của cạnh thanh răng và bánh răng sao cho ứng suất tại khu vực tiếp xúc này là nhỏ nhất. Nghiên cứu được thực hiện thông qua sự mô phỏng về chuyển động ăn khớp giữa bánh răng thanh răng bằng các phần mềm chuyên dụng Solidworks và phần mềm mô phỏng Abaqus.

© 2019 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

1. Mở đầu

Giàn khoan tự nâng là dạng công trình biển di động phục vụ cho công tác khoan khai thác dầu khí và một số lĩnh vực khác trên biển. Giàn sẽ di chuyển đến vị trí khoan nhờ phương tiện tàu kéo, còn trong quá trình làm việc thì các chân giàn được hạ xuống cắm vào đáy biển đồng thời phần thân giàn trên đó là sàn công tác được nâng lên khỏi mặt nước với một chiều cao thiết kế tạo ra một diện tích làm việc giống như giàn cố định (Hoàng Anh Dũng, 2007; Ngô Tuấn Dũng, 2013).

Sau khi hoàn thành công việc thì thân giàn sẽ được hạ xuống mặt nước, sau đó chân giàn được rút khỏi đáy biển và nâng lên với một độ cao nhất định và lúc này giàn tự nâng sẽ lại ở trạng thái nổi để có thể di chuyển sang vị trí khoan khác nhờ phương tiện tàu kéo. Chính vì vậy mà giàn tự nâng có độ ổn định cao hơn các giàn di động khác vì sóng biển chỉ tác dụng vào phần chân cột có kích thước nhỏ và độ chấn sóng bé.

Trong quá trình nâng hạ giàn khoan thì cơ cấu bánh răng - thanh răng luôn chịu ứng suất cao khi làm việc. Đặc biệt điểm tiếp xúc giữa các răng của bánh răng và thanh răng sẽ thay đổi dọc theo biên dạng của các răng và luôn phải chịu ứng suất rất lớn có thể dẫn đến sự phá hủy do mỏi cao hơn những vùng khác trong cơ cấu bánh

*Tác giả liên hệ

E - mail: hoanganhdung@humg.edu.vn

răng - thanh răng (Hình 1) (Ngô Hữu Hải, 2017; Ngô Tuấn Dũng, 2018).

2. Hiện tượng mòn hỏng bánh răng - thanh răng do mỏi.

Trong quá trình làm việc thì điểm tiếp xúc giữa bánh răng và thanh răng sẽ thay đổi liên tục trong một khoảng nhất định dẫn đến vật liệu chế tạo các răng là kim loại sẽ xuất hiện hiện tượng mỏi, đặc tính thông thường của kim loại sẽ được biểu thị qua đường cong $\sigma - N$, biểu đồ được vẽ dựa vào ứng suất tuần hoàn (σ) và chu kỳ sự phá hủy (N). Khả năng chống lại sự phá hủy dưới tác dụng của lực theo chu kì được gọi độ bền mỏi (Hình 2).

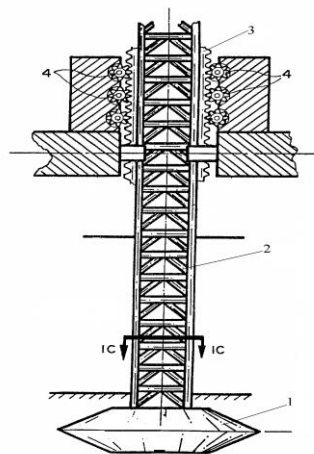
Sự phá hủy kim loại do mỏi thường gây ra bởi sự xuống cấp của bề mặt kim loại. Bề mặt kim loại bắt đầu xuất hiện những vết nứt do mỏi, ban đầu những vết nứt này ít và nhỏ nhưng sau khi chi tiết phải chịu tải trọng lớn và lặp lại liên tục

thì những vết nứt này sẽ lớn hơn và nhiều hơn có thể gây phá hủy chi tiết.

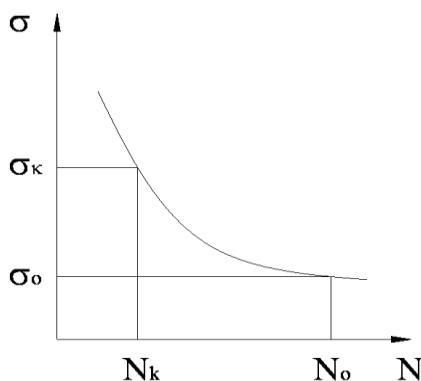
3. Sử dụng phương pháp fillet để tăng độ bền mỏi.

Trong quá trình nâng hạ của giàn tự nâng sẽ tạo ra những thay đổi đột ngột tại cơ cấu bánh răng thanh răng và ứng suất lớn nhất sẽ tập trung ở vị trí tiếp xúc tại các cạnh răng của bánh răng - thanh răng. Chính sự thay đổi liên tục tải trọng giàn khoan khiến cho bánh răng của cơ cấu nâng hạ bị phá hủy do mỏi. Vì vậy, trong cơ cấu bánh răng - thanh răng thì quan trọng nhất là cần phải có những biện pháp tăng độ bền mỏi tại những vị trí phải chịu ứng suất nguy hiểm. Một trong những phương pháp đó là phương pháp Fillet mà ta sẽ nghiên cứu sau đây (Hình 3).

Phương pháp Fillet sẽ xác định được bán kính fillet hợp lý nhất tại hai bên cạnh răng của



Hình 1. Giàn khoan tự nâng (1 - Chân đế; 2 - Các thanh giằng của chân giàn; 3 - Thanh răng; 4 - Hệ thống bánh răng).



Hình 2. Đường cong mỏi thể hiện mối quan hệ giữa σ và N .

cơ cấu bánh răng - thanh răng, khi đó hai bên cạnh của các răng sẽ được gia công tạo thành đường cong chứ không phải góc vuông thông thường. Cạnh răng sau khi được vát cong thì ứng suất phân bố tại khu vực tiếp xúc giữa bánh răng - thanh răng sẽ thấp hơn khi cạnh răng là góc vuông thông thường. Vì thế việc tính toán bán kính của góc vát cong hợp lý để giảm ứng suất tại điểm tiếp xúc nhằm tăng cường độ bền cho cơ cấu bánh răng - thanh răng là rất cần thiết. Nghiên cứu được thực hiện thông qua sự mô phỏng về chuyển động ăn khớp giữa bánh răng thanh răng bằng các phần mềm chuyên dụng Solidworks và phần mềm mô phỏng Abaqus 6.41.

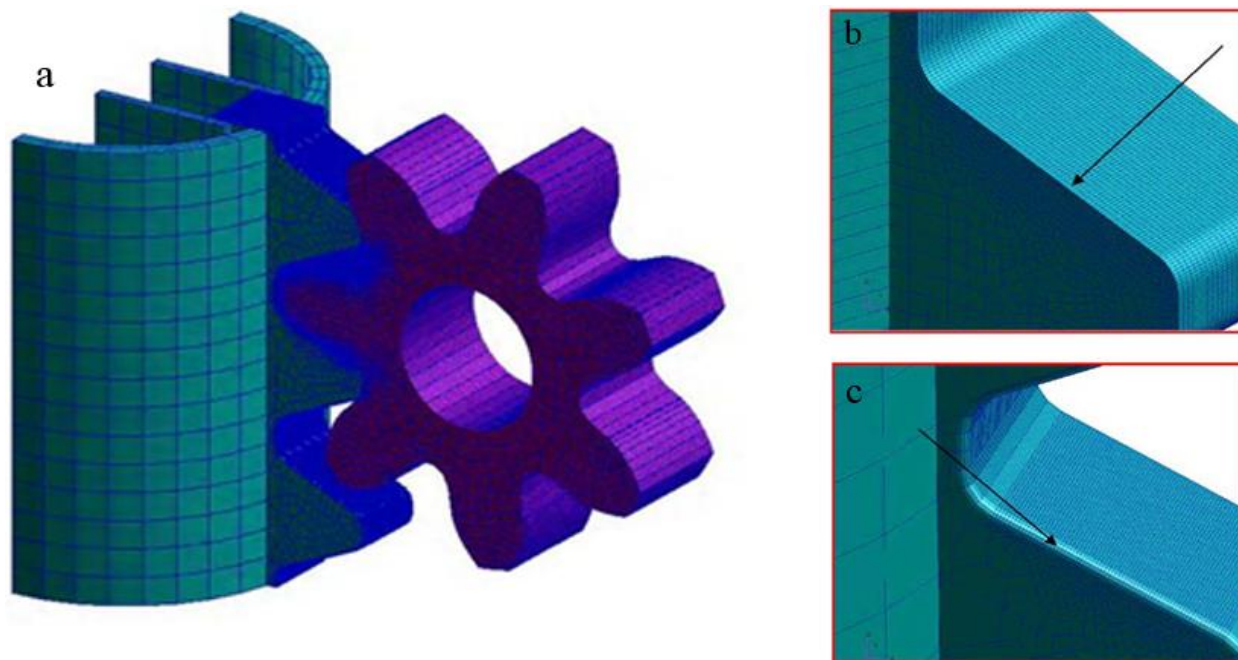
Ta tiến hành mô phỏng truyền động của bánh răng - thanh răng trong quá trình làm việc với các thông số đầu vào được giả định như sau: Tải trọng tác dụng lên bánh răng - thanh răng (181,39 tấn); Hệ số ma sát giữa bánh răng - thanh răng (0,1); Áp suất giả định đặt vào mô hình thanh răng (6,89 Mpa); Đặc tính của vật liệu chế tạo bánh răng - thanh răng (Mô đun đàn hồi:

2.10^{11} Pa; Khối lượng riêng: 7850 kg/m^3 ; Giới hạn chảy: $7,24.10^8$ Pa).

Khi tiến hành xây dựng mô hình tính toán, ta sử dụng phần mềm Solidworks thiết kế mô hình 3 chiều cơ cấu bánh răng - thanh răng trong quá trình làm việc. Sau đó sử dụng phần mềm mô phỏng Abaqus 6.41 tiến hành mô phỏng trường ứng suất và dải biến dạng dẻo của cơ cấu bánh răng - thanh răng tương ứng với bán kính fillet khác nhau và kết quả thu được như Hình 4.

Kết quả của quá trình mô phỏng phổ ứng suất tại khu vực tiếp xúc giữa bánh răng và thanh răng của cơ cấu nâng tương ứng với bán kính Fillet (r) khác nhau được tổng hợp tại Bảng 1 và biểu diễn mối tương quan trên đồ thị (Hình 5).

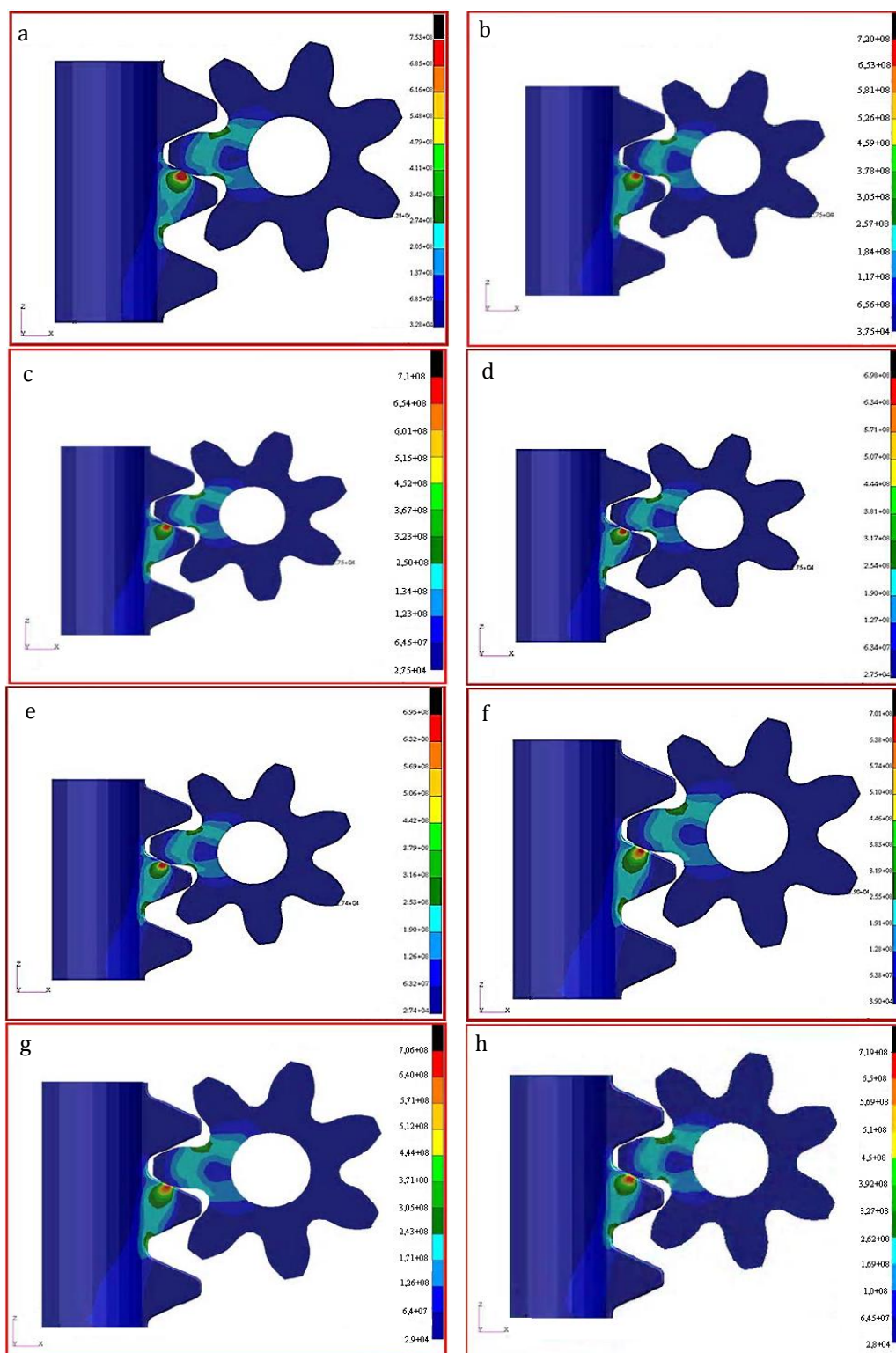
Kết quả của quá trình mô phỏng dải biến dạng dẻo tại khu vực tiếp xúc giữa bánh răng và thanh răng của cơ cấu nâng tương ứng với bán kính Fillet (r) khác nhau được tổng hợp tại Bảng 2 và biểu diễn mối tương quan trên đồ thị (Hình 7) như sau:



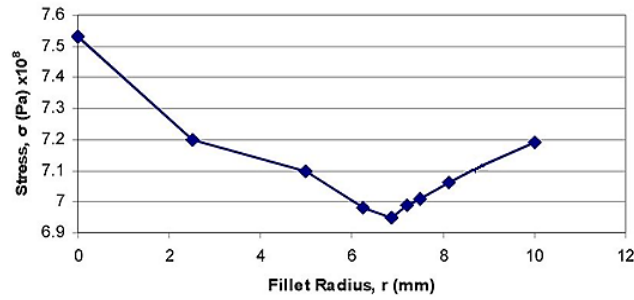
Hình 3. a) Hình dạng mô phỏng 3D của bánh răng - thanh răng khi ăn khớp; b) Bề mặt răng của bánh răng - thanh răng khi 2 cạnh là góc vuông; c) Bề mặt răng của bánh răng - thanh răng khi 2 cạnh được vát cong.

Bảng 1. Kết quả ứng suất cực đại tương ứng với bán kính Fillet.

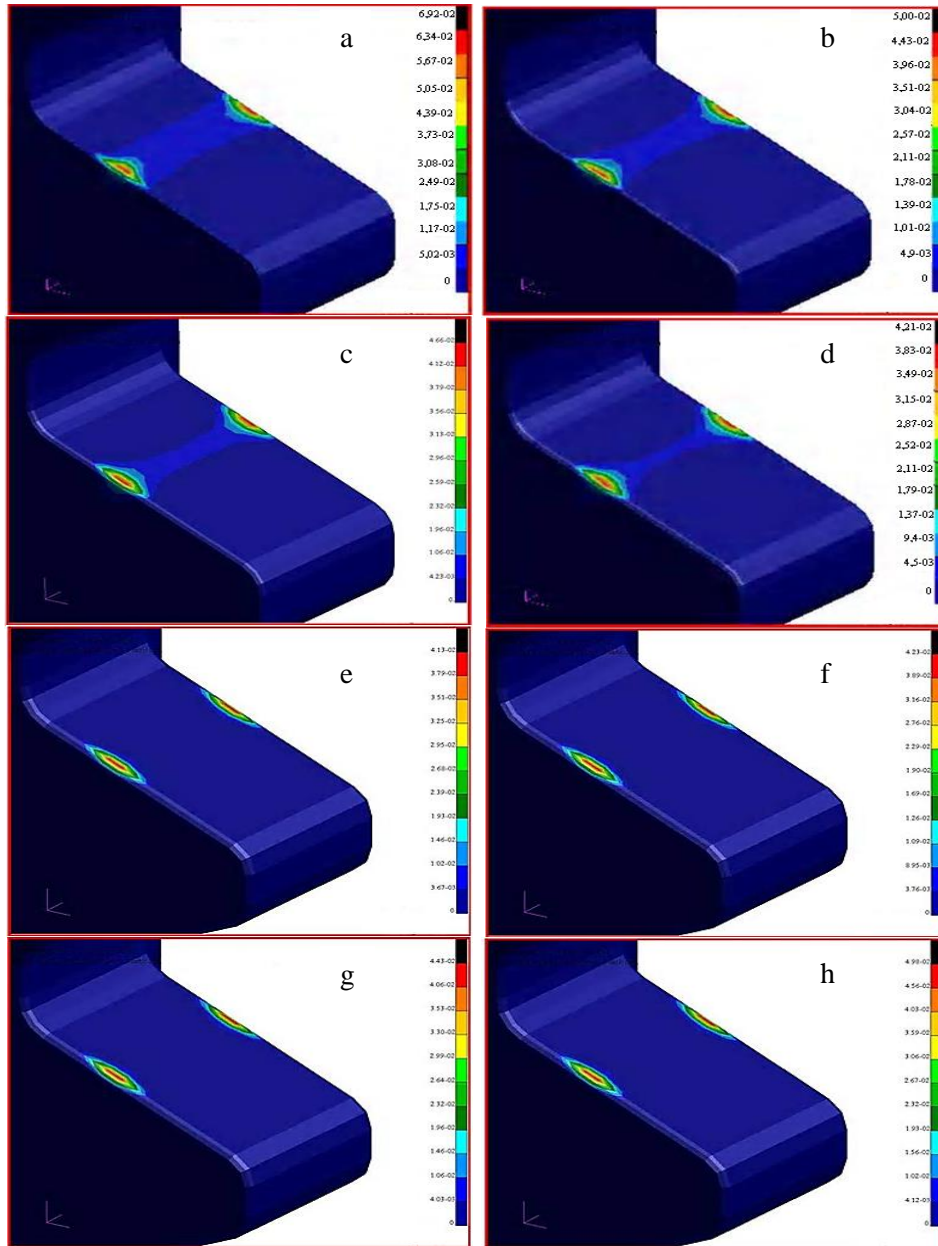
Bán kính Fillet (mm)	0,00	2,50	5,00	6,25	6,85	7,5	8,25	10,00
Ứng suất cực đại (10^8 Pa)	7,53	7,2	7,1	6,98	6,95	7,01	7,06	7,19



Hình 4. Phổ ứng suất của cơ cấu bánh răng - thanh răng tương ứng với bán kính cong Fillet (r) khác nhau. a) Phổ ứng suất khi bán kính Fillet ($r = 0$ mm); b) Phổ ứng suất khi bán kính Fillet ($r = 2.5$ mm); c) Phổ ứng suất khi bán kính Fillet ($r = 5$ mm); d) Phổ ứng suất khi bán kính Fillet ($r = 6.25$ mm); e) Phổ ứng suất khi bán kính Fillet ($r = 6.85$ mm); f) Phổ ứng suất khi bán kính Fillet ($r = 7.5$ mm); g) Phổ ứng suất khi bán kính Fillet ($r = 8.25$ mm); h) Phổ ứng suất khi bán kính Fillet ($r = 10$ mm).



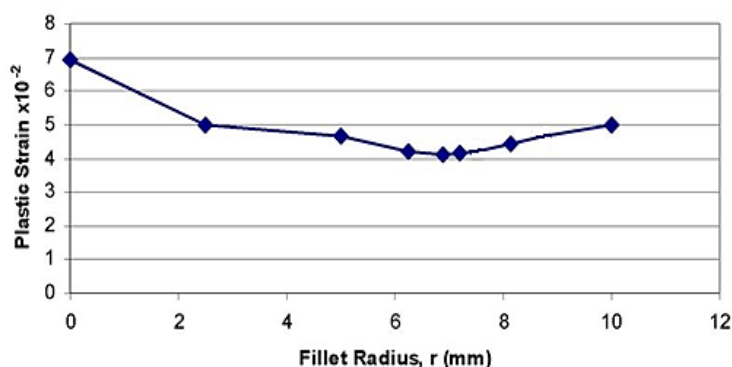
Hình 5. Đồ thị biểu diễn ứng suất cực đại theo bán kính Fillet khác nhau.



Hình 6. Dải biến dạng dẻo tương ứng với bán kính Fillet (r) khác nhau. a) Dải biến dạng dẻo khi bán kính $r = 0$ mm; b) Dải biến dạng dẻo khi bán kính $r = 2.5$ mm; c) Dải biến dạng dẻo khi bán kính $r = 5$ mm; d) Dải biến dạng dẻo khi bán kính $r = 6.25$ mm; e) Dải biến dạng dẻo khi bán kính $r = 6.85$ mm; f) Dải biến dạng dẻo khi bán kính $r = 7.5$ mm; g) Dải biến dạng dẻo khi bán kính $r = 8.25$ mm; h) Dải biến dạng dẻo khi bán kính $r = 10$ mm.

Bảng 2. Độ biến dạng dẻo cực đại tương ứng với bán kính Fillet.

Bán kính Fillet (mm)	0,00	2,50	5,00	6,25	6,85	7,5	8,25	10,00
Độ biến dạng dẻo cực đại (10^{-2})	6,92	5,00	4,66	4,21	4,13	4,23	4,43	4,98



Hình 7. Đồ thị biểu diễn độ biến dạng dẻo cực đại theo bán kính Fillet khác nhau.

Kết quả của quá trình mô phỏng thể hiện trên hình 4, 5, 6 cho thấy ứng suất và độ biến dạng dẻo tại điểm tiếp xúc của cơ cấu bánh răng - thanh răng thay đổi theo bán kính fillet và giá trị của bán kính fillet ($r = 6,85 \text{ mm}$) là tối ưu nhất vì khi đó cả ứng suất cực đại $\sigma_{max} = 6,95.10^8 \text{ Pa}$ và độ biến dạng dẻo cực đại là $4,13.10^{-2}$ đều đạt giá trị nhỏ nhất cho nên đã hạn chế được sự phá hủy tại điểm tiếp xúc của các răng trong cơ cấu bánh răng - thanh răng khi làm việc

4. Kết luận

Để khắc phục tình trạng mòn hỏng răng của bánh răng - thanh răng do hiện tượng mỏi trong quá trình làm việc, ta có thể sử dụng phần mềm Solidworks thiết kế mô hình 3 chiều cơ cấu bánh răng - thanh răng trong quá trình làm việc. Sau đó sử dụng phần mềm mô phỏng Abaqus 6.41 tiến hành mô phỏng trường ứng suất và dải biến dạng dẻo tại điểm tiếp xúc giữa các răng của cơ cấu bánh răng - thanh răng tương ứng với bán kính fillet khác nhau. Phân tích kết quả của quá trình mô phỏng đã tìm ra được bán kính Fillet tối ưu là $r = 6.85 \text{ (mm)}$ sẽ cho ứng suất cực đại và độ biến dạng dẻo cực đại tại điểm tiếp xúc là nhỏ nhất nhằm hạn chế khả năng phá hủy răng của cơ cấu

bánh răng - thanh răng, đáp ứng tốt khả năng làm việc của cơ cấu nâng hạ giàn nhằm nâng cao hiệu quả hoạt động của giàn tự nâng.

Tài liệu tham khảo

- Hoàng Anh Dũng, 2007. Nghiên cứu, đánh giá hiệu quả hoạt động của một số giàn khoan biển di động đang làm việc tại vùng biển Việt Nam. *Đề tài NCKH cấp cơ sở mã số T34 - 2007*. Trường Đại học Mỏ - Địa chất.
- Ngô Hữu Hải, Nguyễn Thanh Hải, Nguyễn Hải An, Nguyễn Thế Tuấn Linh, 2017. Xác định tác động của dòng hải dương đến kết cấu trụ/đường ống dẫn của giàn khoan tại khu vực nước sâu. *Tạp chí dầu khí số 5/2017*, 77-85.
- Ngô Tuấn Dũng, 2013. Hạ thủy giàn khoan tự nâng đầu tiên ở Việt Nam. *Tạp chí dầu khí số 12-2013*, 36-42.
- Ngô Tuấn Dũng, Phan Thanh Sơn, Lê Huy, Nguyễn Văn Quân, Đỗ Phương Thanh, Trần Công Thành, 2018. Phân tích ổn định nguyên vẹn và ổn định có tổn thất giàn khoan tự nâng. *Tạp chí dầu khí số 4/2018*, 50-56.

ABSTRACT

Appication of Fillet method to improve durability of the rack and pinion mechanism during the elevation of jack - up rigs

Dung Anh Hoang, Thinh Van Nguyen

Faculty of Oil and Gas, Hanoi University of Mining and Geology, Vietnam

The operation of a jack - up rig serving for offshore petroleum drilling and production is governed by performance determinants such as the lifting and lowering processes due a to rack and pinion mechanism. Therefore, the durability of the rack and pinion system is considered as a decisive factor for the working efficiency of the jackup. In order to improve this parameter, we take advantage of the Fillet method to propperly calculate and select the radius of curvature between tooth surface and the tooth root (or filler radius) so that the stress and deformation at the contact area this is minimized. Numerical calculations in the specific software Solidworks software and Abaqus are employed to simulate the joint motion between rack and pinion. Simulation results allow to determine the optimal fillet radius in the pursuit of reducing stress and plastic deformation at contact areas of the teeth and improving the life span of the rack and pinion system.