Journal of Oil and Gas Technology 石油天然气学报, **2018, 40(3), 161-166**
Published Online June 2018 in Hans. http://www.hanspub.org/journal/jogt
https://doi.org/10.12677/jogt.2018.403079

The Performance Analysis of Fractures on the Hook Body of YG225 Travelling Block under Static Loads

Lei Yu

Tianjin Branch Company, CNOOC, Tianjin
Email: Yulei2@cnooc.com.cn

Received: Jan. 30th, 2018; accepted: Mar. 30th, 2018; published: Jun. 15th, 2018

Abstract

The fracture behavior of hook body with surface cracks of YG225 travelling block was simulated and analyzed under static load by finite element method. The distribution of stress intensity factor (SIF) of surface cracks on the accessory hook under small and maximum working loads was obtained, and the maximum value of crack SIF was determined. The simulated SIF value was compared with the fracture toughness value of the hook body material itself obtained from the test for judging whether crack propagation occurs on the hook for the purpose of providing the analytical data for the evaluation of the loaded fractures of hook body.

Keywords

Hook of Travelling Block, Hook Body, Crack, Stress Intensity Factor, Fracture Behavior

文章引用: 于雷. YG225 游车大钩钩体裂纹在静荷载作用下的断裂性能分析[J]. 石油天然气学报, 2018, 40(3): 161-166.
DOI: 10.12677/jogt.2018.403079

YG225游车大钩钩体裂纹在静荷载作用下的断裂性能分析

于　雷

中海石油(中国)有限公司天津分公司，天津
作者简介：于雷(1979-)，男，工程师，现从事海洋钻修机装备管理工作。
Email: Yulei2@cnooc.com.cn

收稿日期：2018年1月30日；录用日期：2018年3月30日；发布日期：2018年6月15日

摘　要

通过对含表面裂纹的YG225游车大钩的钩体在静荷载作用下的断裂性能进行有限元模拟分析，得到了钩体副钩分别承受较小和最大工作荷载情况下的表面裂纹的应力强度因子(SIF)分布，确定裂纹SIF最大值。将模拟的SIF值与试验测试得到的钩体材料本身断裂韧度值进行比较，判断大钩中的裂纹是否发生扩展，为大钩钩体的受载断裂评估提供分析数据。

关键词

游车大钩，钩体，裂纹，应力强度因子，断裂性能

1. 引言

近年来，在中海油自营油田的修井机年检中，发现大量游车大钩钩体均有不同尺寸的表面裂纹存在，因无具体的分析报告仅能执行SY/T 6605—2011《石油钻修井用吊具安全技术检验规范》中7.3.1.1款第8条的规定，导致大量游车大钩直接报废。田贞全[1]和骆发前等[2]分析了车钩裂纹萌生及断裂原因；徐世珍等[3]则分析了大钩的可焊性及其对裂纹的影响；余华俐等[4]、刘春友[5]采用有限元仿真的方法研究了大钩的强度；冯定等[6]则对大钩材料进行疲劳试验以及有限元仿真分析了大钩的疲劳特性。

笔者选取一个含表面裂纹的YG225游车大钩的钩体，通过在静力荷载作用下的断裂性能有限元模拟分析，得到钩体副钩分别承受较小和最大工作荷载情况下表面裂纹的应力强度因子(SIF)分布，确定裂纹SIF最大值，通过和试验测试得到的断裂韧度值进行比较，判断大钩中的裂纹是否发生扩展，为大钩钩体的受载断裂评估提供分析数据。

2. YG225游车大钩钩体几何模型和分析模型

大钩钩体结构如图1所示，下端为大钩中的主钩，主钩上部左右各有一个副钩，主钩主要用来直接加挂水龙头或者顶驱，并通过水龙头或者顶驱连接钻具及其他井下工具；副钩用来加挂吊环，并通过

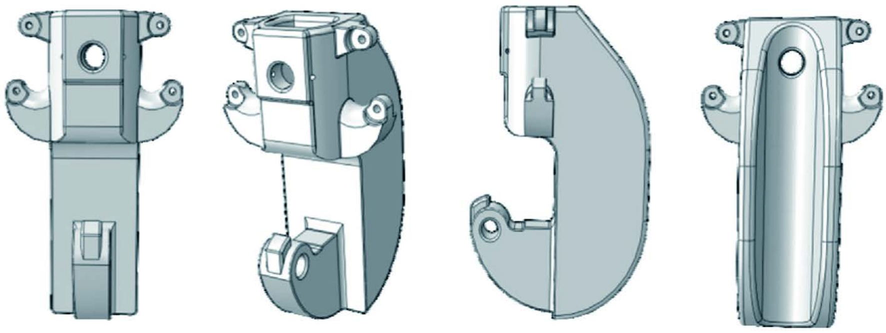


Figure 1. The structure of hook body
图 1. 大钩钩体结构图

吊环连接钻具及其他井下工具。根据裂纹分布在副钩上的情况，建立副钩受力模型(图 2)，在 2 个副钩上承受 2 个相同大小竖直向下的荷载，分别分析了每个副钩承受荷载 300 kN 和 1125 kN 这 2 种情况，研究副钩上裂纹 SIF 分布，确定 SIF 最大值，并判断裂纹是否发生开裂。根据大钩材性试验测试结果，大钩的屈服强度和极限强度(抗拉强度)分别为 450 MPa 和 870 MPa，假设弹性模量为 200 GPa，不考虑裂纹的弹塑性扩展。图 3(a)所示的裂纹在副钩上表面，裂纹长度和深度分别是 55 mm 和 10 mm；图 3(b)所示的裂纹位于副钩侧表面，裂纹长度和深度分别为 32 mm 和 6 mm。

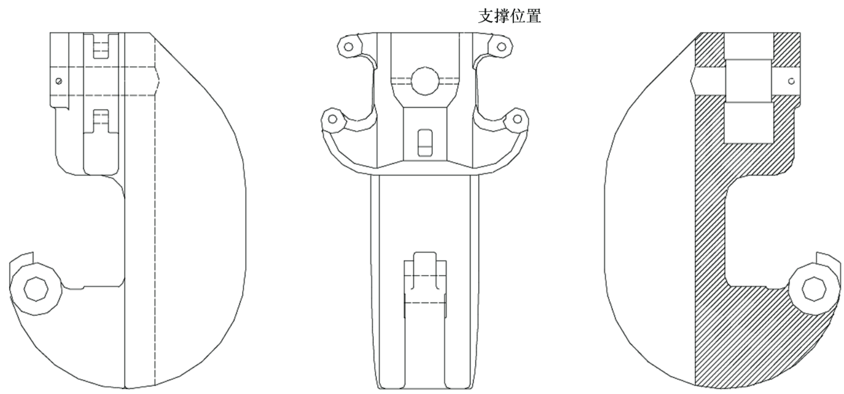


Figure 2. The force applied model of accessory hook
图 2. 副钩受力模型图

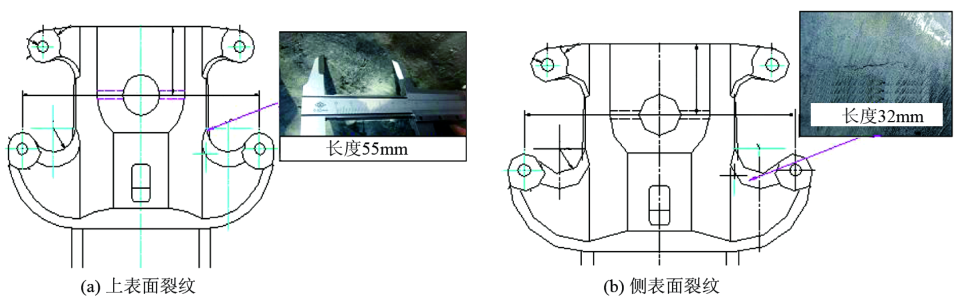
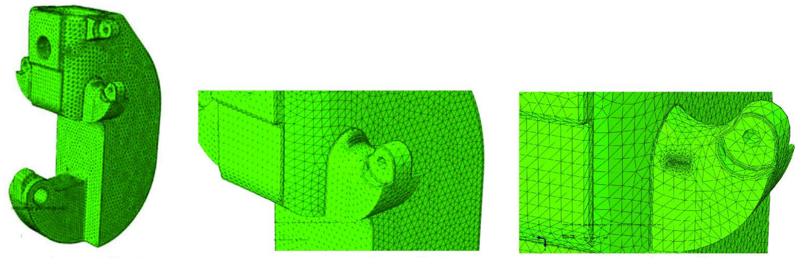


Figure 3. The position and size of cracks on the accessory hook
图 3. 裂纹在大钩副钩上的位置及尺寸

根据《游车大钩裂纹机理研究材料分析实验报告》提供的结果，得到大钩材料断裂韧度值 K_{IC} = 2058.6 MPa·mm$^{1/2}$。

3. YG225 游车大钩钩体及其裂纹的有限元模型

图 4(a)~(c)分别是大钩、副钩上表面裂纹、侧表面裂纹的有限元网格图；图 5 是裂纹的半椭圆模型，大钩除了裂纹部位采用六面体单元(裂纹尖端采用三棱柱单元)外，其余部分均采用四面体单元进行网格划分，单元最小尺寸根据大钩分析的有限元结果收敛为准。



(a) 大钩整体模型　　(b) 副钩上表面含裂纹模型　　(c) 副钩侧表面含裂纹模型

Figure 4. The infinite grids of hook body and cracks on YG225 travelling block
图 4. YG225 游车大钩钩体及其裂纹的有限元网格图

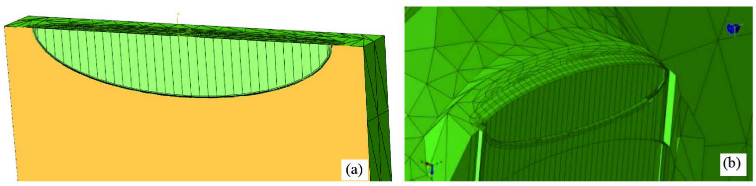
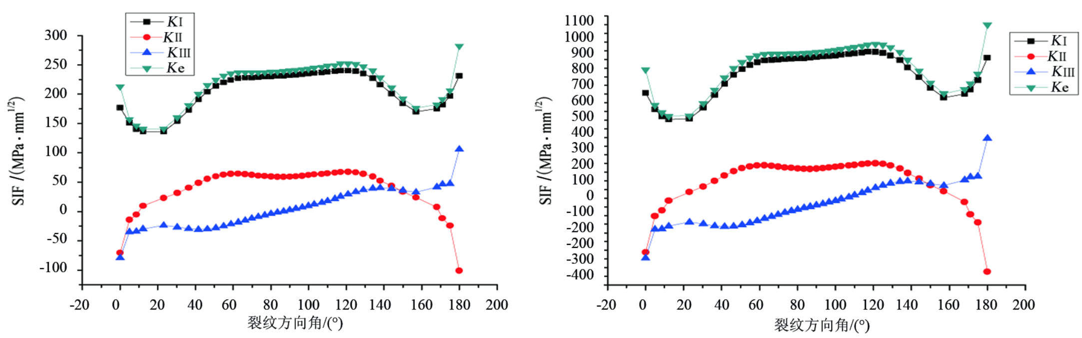


Figure 5. The semi-elliptic model of cracks on the hook body
图 5. 大钩钩体上裂纹的半椭圆模型

4. 结果与分析

4.1. 副钩上表面裂纹 SIF 分析

当每个副钩上施加的荷载为 300 kN 时，裂纹 SIF 的分布如图 6(a)所示，SIF 最大值为 282 MPa·mm$^{1/2}$；当每个副钩上施加的荷载为 1125 kN 时，裂纹 SIF 的分布如图 6(b)所示，SIF 最大值为 1050 MPa·mm$^{1/2}$。可以看出，在工作荷载范围内，裂纹最大应力强度因子远远小于大钩材料的断裂韧度值 K_{IC} (2058.6 MPa·mm$^{1/2}$)，所以裂纹不会发生扩展。图 7 是副钩上施加荷载后裂纹张开情况(变形扩大 100 倍)。



(a) 荷载为300kN　　(b) 荷载为1125kN

注：KⅠ、KⅡ、KⅢ分别代表Ⅰ型裂纹、Ⅱ型裂纹、Ⅲ型裂纹的强度因子；Ke代表Ⅰ型裂纹、Ⅱ型裂纹、Ⅲ型裂纹的复合强度因子。下同。

Figure 6. The distribution of surface crack SIF on the accessory hook
图 6. 副钩上表面裂纹 SIF 分布

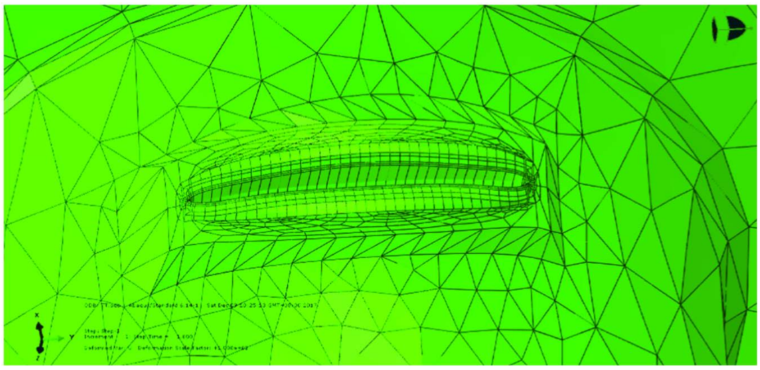


Figure 7. The expansion of surface cracks on the accessory hook
图 7. 副钩上表面裂纹张开图

4.2. 副钩侧表面裂纹 SIF 分析

当每个副钩上施加的荷载为 300 kN 时，裂纹 SIF 的分布如图 8(a)所示，SIF 最大值为 80 MPa·mm$^{1/2}$；当每个副钩上施加的荷载为 1125 kN 时，裂纹 SIF 的分布如图 8(b)所示，SIF 最大值为 300 MPa·mm$^{1/2}$，且 K_I 结果出现负值，说明裂纹一段处于受压状态。可以看出，在工作荷载范围内，裂纹最大应力强度因子远远小于大钩材料的断裂韧度值 K_{IC} (2058.6 MPa·mm$^{1/2}$)，所以裂纹不会发生扩展。图 9 显示的是副钩侧表面施加荷载后裂纹张开情况(变形扩大 100 倍)，由于侧表面所受拉力较小，裂纹基本没有出现明显的张开变形。

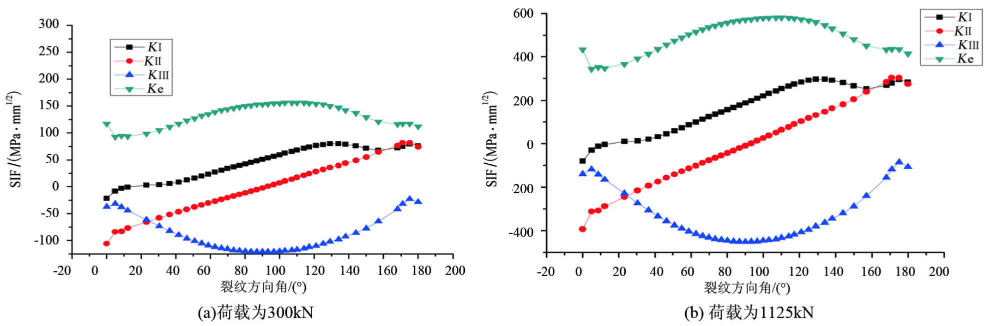


Figure 8. The distribution of surface crack SIF on the side of accessory hook
图 8. 副钩侧表面裂纹 SIF 分布

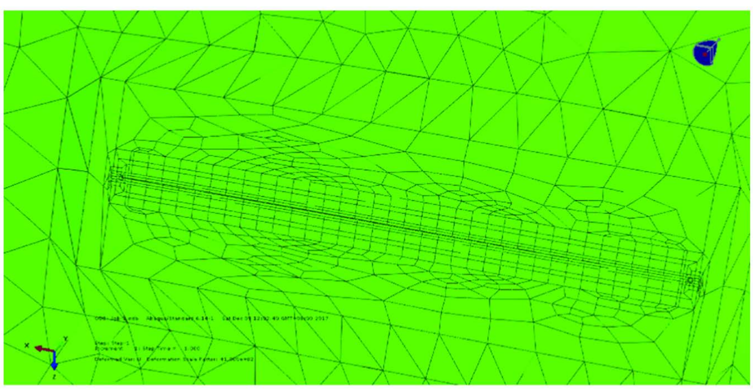


Figure 9. The expansion of side surface cracks on the accessory hook
图 9. 副钩侧表面裂纹张开图

5. 结论

根据 YG225 游车大钩钩体中两种典型裂纹 SIF 的有限元分析结果表明，在工作荷载范围内，副钩上裂纹应力强度因子均远远小于大钩钩体材料本身的断裂韧度，所以该游车大钩上的裂纹在承受最大工作静荷载下不会发生扩展。

参考文献

[1] 田贞全. 车钩裂纹分析与对策建议[J]. 成铁科技, 2004(4): 14-16.

[2] 骆发前, 吕拴录, 李鹤林, 等. 游车大钩断裂原因分析及预防措施[J]. 石油矿场机械, 2006, 35(4): 77-80.

[3] 徐世珍, 张敏, 林香祝, 等. 大钩的可焊性分析及工艺研究[J]. 石油矿场机械, 2002, 31(2): 32-35.

[4] 余华俐, 徐创文. 基于 Pro/E 和 ANSYS 的钻机大钩强度有限元分析[J]. 制造业自动化, 2009, 31(10): 119-121.

[5] 刘春友. DG675 型大钩钩身有限元强度分析与设计优化[J]. 石油矿场机械, 2015, 44(12): 27-30.

[6] 冯定, 吕加华, 夏成宇, 等. 游车大钩材料疲劳试验与疲劳特性分析[J]. 热加工工艺, 2016, 45(18): 66-68.

[**编辑**] 帅群