

加重钻杆外螺纹非应力集中部位断裂分析

高尧 任雷

中石化中原石油工程有限公司管具公司

DOI: 10.12238/jpm.v5i4.6744

[摘要] 加重钻杆连接钻铤与钻杆中间, 因其柔韧性比钻铤高而强度又比钻杆高, 能起到过度缓冲的作用, 用以减少井下钻具失效; 尤其在定向井甚至大斜度水平井等代替钻铤入井, 用以减少扭矩和粘附卡钻等的发生。钻井生产常用的5吋加重钻杆, API标准扣型NC50, 其外螺纹长度114.3mm, 而应急集中部位在, 该部位也是机紧扭矩作用区, 易形成疲劳裂纹, 而外螺纹前端, 则非受力部位, 几乎不可能因应力作用发生断裂。本次针对螺纹前端非应力部位断裂实例进行原因分析。

[关键词] 加重钻杆; 外螺纹; 非应力集中; 具体实例;

Analysis of fracture in non stress concentrated parts of the external thread of the weighted drill pipe

Gao Yao and Ren Lei

Sinopec Zhongyuan Petroleum Engineering Co., Ltd. Pipe Tool Company

[Abstract] The weighted drill pipe connects the drill collar and the middle of the drill pipe. Due to its higher flexibility and strength than the drill collar, it can play an excessive buffering role and reduce the failure of downhole drilling tools; Especially in directional wells and even highly deviated horizontal wells, replacing drill collars to reduce the occurrence of torque and sticking of the drill bit. The commonly used 5-inch heavy-duty drill pipe in drilling production is an API standard buckle NC50, with an external thread length of 114.3mm. The emergency concentrated area is also the area where the machine tightening torque is applied, which is prone to fatigue cracks. The front end of the external thread is not a stressed area, and it is almost impossible to fracture due to stress. This is an analysis of the causes of non stress fracture in the front end of the thread.

[Key words] weighted drill pipe; External thread; Non stress concentration; Specific examples;

1 事故情况

2019年10月17日, 中石化东北局北某钻进施工过程中, 井下发生加重钻杆外螺纹扣断裂, 该加重钻杆外螺纹接头材质为4145H, 接头型式为NC50。

具体失效经过如下: 2019年7月4日23:43钻进施工, 钻压30-40KN, 转速60+螺杆, 排量30L/s, 泵压13.1MPa, 当钻至井深2800.68m, 发现泵压下降, 由13.1MPa下降至7.8MPa, 悬重由102t下降至92t, 起出后发现钻具落井, 第2根加重钻

杆外螺纹断裂。

断裂部位: 断裂部位距外螺纹小端 15mm

2 宏观分析

失效加重钻杆外样品形貌如图 1 所示, 为便于区分, 将内螺纹标记为 1#, 残留于内螺纹上的断件标记为 2#, 外螺纹断件标记为 3#。由图可知, 外螺纹断裂于距内螺纹端面 2~3 扣处, 对断裂后的外螺纹进行测量, 估算其断裂前的外螺纹长度为 116mm, 而根据 GB/T22512.2-2008 规定加重钻杆外螺纹长度为 114.3mm, 故外螺纹在上扣中有明显的伸长。

由图 1 可知, 2#样品断口平整, 为断口的首先断裂区, 3#样品断口表面存在剪切撕裂特征, 为断口的最终断裂区。

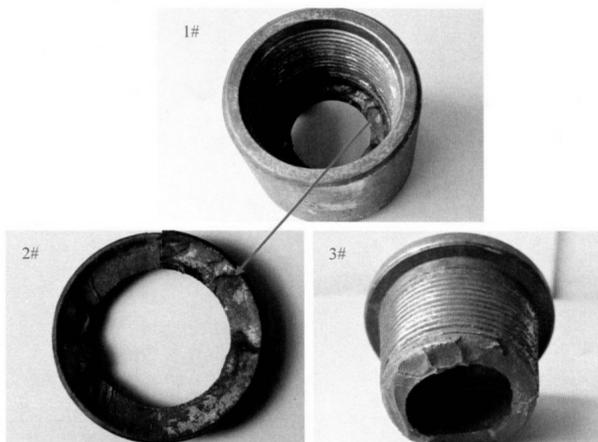


图 1 加重钻杆断裂样品及断口形貌

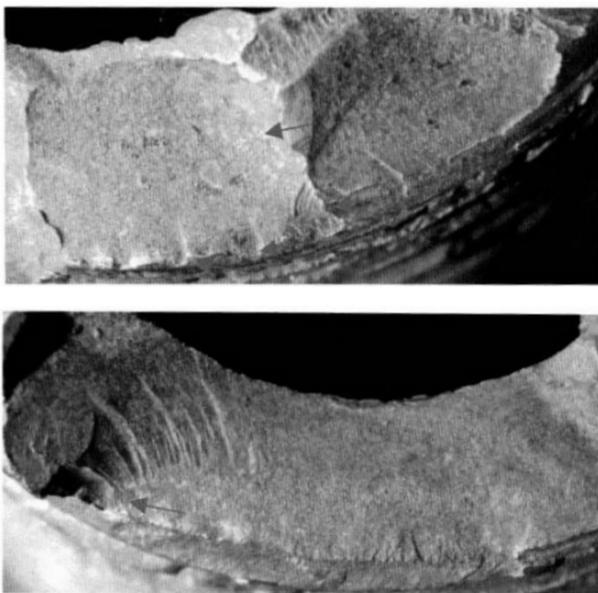


图 2 3#样品断口表面形貌

3#样品断口表面分为平坦区和斜断面(如图 2), 断面上

白色发亮的区域, 这可能跟钻井过程中的磨损有关, 而靠近表面存在圆弧状的凹坑和台阶, 表明裂纹起源于外螺纹的根部。

将 3#样品表面清洗干净, 发现在外螺纹端面 2~3 扣的位置处有明显的挤压痕迹, 这可能是由于外螺纹在上扣过程中导向面受力过大造成的, 严重变形的根部也出现了撕裂脱落现象。

将加重钻杆样品的内螺纹(1#)与外螺纹(3#)剖开(如图 3), 发现从试样近似中部的的位置开始, 内螺纹和外螺纹牙型均出现朝两个方向严重偏移的现象, 这可能是由于扭矩过大时, 加重钻杆上扣过程中是外螺纹导向面受力过大, 从而使金属受挤压产生塑性变形, 然而在外螺纹断裂之后, 内螺纹在脱落过程中, 外螺纹承载面受力, 使金属又产生反向挤压。

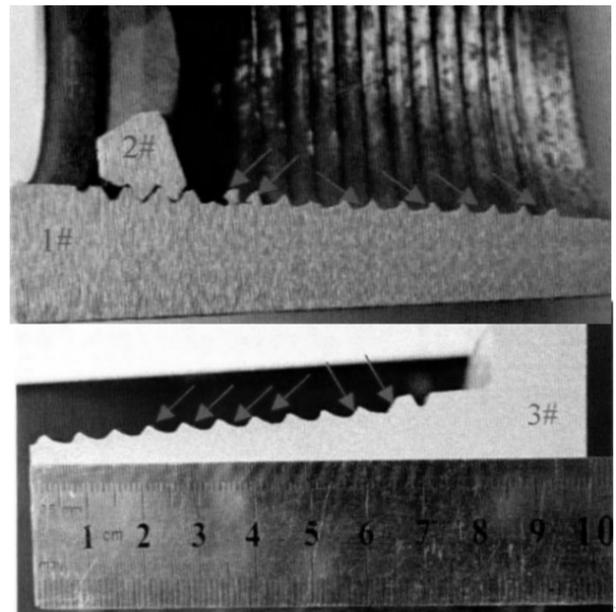


图 3 轴向剖开的外螺纹与内螺纹形貌对比

3 理化性能分析

3.1 化学成分

对加重钻杆外螺纹接头上取样, 采用 ARL-3460 进行化学成分分析, 分析结果表明, 该外螺纹接头材料的化学成分符合订货技术要求。

3.2 力学性能

对该加重钻杆的外螺纹接头上开展力学性能试样, 根据结果对比, 该外螺纹接头的抗拉强度、屈服强度、伸长率均满足订货技术要求。

冲击试验采用常规纵向夏比冲击试样, 根据结果对比该外螺纹接头的纵向冲击吸收功满足订货技术要求。

对加重钻杆外螺纹接头上取样进行布氏硬度测试，测试结果该外螺纹接头的布氏硬度满足订货技术要求。

3.3 金相组织

在外螺纹表面撕裂部位(3#样品)取样，沿横截面观察其金相和进行晶粒度评级，沿纵截面打开观察其裂纹，可知其组织为回火索氏体，而裂纹的扩展是从表面撕裂位置开始，非金属夹杂物评级和晶粒度评级，晶粒度为7.5级。

在2号品和3号样品的断口部位选择取样，在金相显微镜下观察2#样品竞相组织，发现其内部存在细长的不规则裂纹(见图4)，发现3#样品存在较多的裂纹，主裂纹尖端很细，并伴有二次裂纹，这些裂纹起源于螺纹根部的撕裂位置。

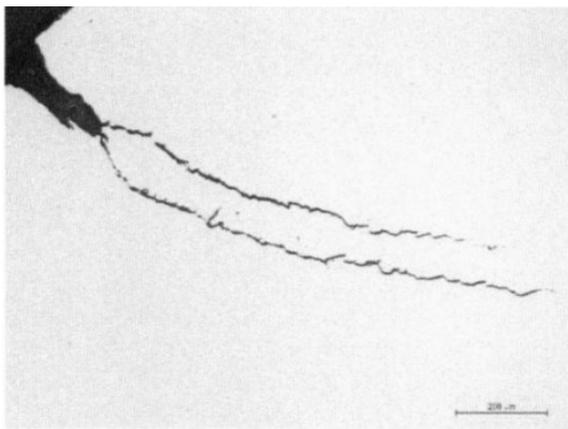


图4 2#样品侵蚀前裂纹形貌

在外螺纹(3#样品)沿螺纹轴向取样，在金相显微镜下观察，发现该部位存在组织变形流线，形貌见图5。

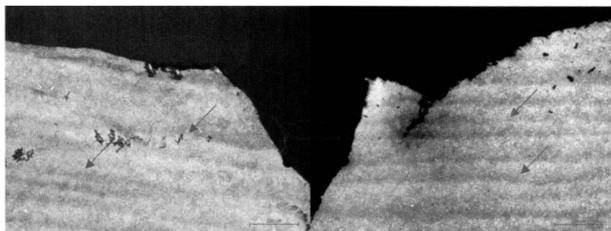


图5 3#样品沿螺纹轴向金相

4 微观分析

选择在断口平滑区域取样，通过观察该断口外形样貌，如图7所示，发现很多解理小平面。裂纹是在螺纹外表面的各个不同所处位置产生了解理裂纹核，进而继续扩展成解理性小刻面，最后导致塑性变形，产生撕裂，通过观察可发现裂纹周围有较多的撕裂棱。理解裂纹继续不断向前扩展时，形成解理

台阶，且在裂纹不断的扩展过程中发生逐渐增大汇合，最终直至断裂。

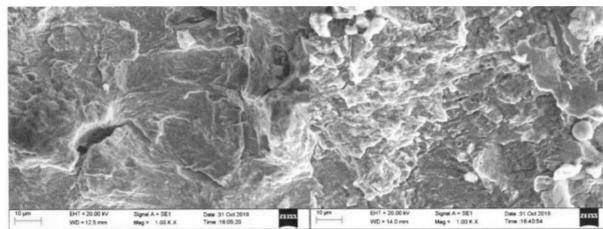


图6 断口准解理特征

5 结果讨论

(1) 宏观分析表明，断口区域有平断口和斜断口，外螺纹根部出现了撕裂脱落现象，撕裂位置具有多个裂纹源。

(2) 外螺纹根台肩面有明显的卷边和金属堆积现象，外螺纹的根部以及螺尾都有明显的挤压痕迹，使螺纹根部产生移动错位，这都跟扭矩过大有关，过大的扭矩导致外螺纹长度相比于GB/T22512.2-2008规定的长度伸长了1.7mm。

(3) 理化分析表明，该加重钻杆外螺纹接头的屈服强度、抗拉强度、布氏硬度、伸长率、冲击吸收功均满足SY/T5146-2016要求，该外螺纹接头金相组织正常，为回火索氏体。

(5) 微观断口形貌分析表明断裂机理为准解理断裂。裂纹分析表明，在外螺纹断口附近存在细长的裂纹，这都跟扭矩过大有关，而螺纹根部又是应力集中位置处，从而为裂纹扩展创造了条件。

6 事故结论

(1) 该加重钻杆外螺纹接头断裂的失效机理为准解理断裂。

(2) 该加重钻杆外螺纹接头断裂的主要原因为，在钻井过程中由于扭矩过大，使外螺纹导向面受力过大，从而使金属受挤压产生塑性变形，扭矩继续增大时，螺纹根部多处位置产生撕裂脱落，这些位置产生应力集中，使裂纹由外向内部扩展，直至外螺纹断裂。

(3) 经过尺寸检测发现，外螺纹长度相比于GB/T22512.2-2008规定的长度伸长了1.7mm，这是扭矩过大的直接证据。