

BJC-II型特殊螺纹接头加工工艺优化

王 巍¹, 李 游², 彭建军¹, 温善伦², 童楠楠¹,
任 勇¹, 何彦辉¹, 李代刚²

(1. 中国石油宝鸡石油钢管有限责任公司, 陕西 宝鸡 721008;

2. 成都工具研究所有限公司, 成都 610500)

摘 要: 为了解决特殊螺纹加工过程中螺纹梳刀磨损过快、加工效率低及毛刺去除不彻底的问题, 以 P110 钢级 $\Phi 139.7 \text{ mm} \times 9.17 \text{ mm}$ 规格 BJC-II 管端特殊螺纹加工为例, 提出优化螺纹加工及切削方案, 并通过开发新型螺纹刀具、设计模块化刀座等方法提高加工效率。结果表明, 通过对比优化前后试验数据及效果, 新设计的三齿梳刀配合上下两把梳刀错位 1.5 倍螺距进行双通道加工的工艺, 更有利于螺纹的加工, 也可有效地避免螺纹梳刀打刀, 提升产品合格率; 去除毛刺刀座模块化应用, 可有效减少不必要的走刀及刀塔旋转时间, 有效去除毛刺。该加工工艺优化方法及应用, 能够为特殊螺纹加工及实际生产提供一定参考。

关键词: 特殊螺纹; 刀片; 断屑; 加工工艺; 车削

中图分类号: TG62

文献标识码: B

DOI: 10.19291/j.cnki.1001-3938.2023.09.011

Optimization of Processing for BJC-II Special Threaded Joint

WANG Wei¹, LI You², PENG Jianjun¹, WEN Shanlun², TONG Nannan¹,
REN Yong¹, HE Yanhui¹, LI Daigang²

(1. CNPC Baoji Petroleum Steel Pipe Co., Ltd., Baoji 721008, Shaanxi, China;

2. Chendu Tool Research Institute Co., Ltd., Chengdu 610500, China)

Abstract: In order to solve the problems of excessive wear of the thread chaser, low processing efficiency and incomplete burr removal in the process of special thread machining, taking the special thread machining of P110 steel grade $\Phi 139.7 \text{ mm} \times 9.17 \text{ mm}$ BJC-II pipe end as an example, the optimized thread machining and cutting scheme was proposed. The problem of machining efficiency was solved by developing new thread tool and designing modular tool holder and the processing efficiency of the special thread has been improved. The results show that by comparing the experimental data and effect, the new technology of double-channel machining with the newly designed three-tooth chaser with the upper and lower two chaser cutters dislocating 1.5 times pitch is more conducive to thread processing, and can also effectively avoid the influence caused by the thread chaser cutting and improve the product pass rate. The modular application of burr removal tool holder can effectively reduce unnecessary tool walking and turret rotation time, and effectively remove burrs. The optimization method and application of the machining technology provide some reference for special thread machining and actual production.

Key words: special thread; blade; chip breaking; processing technology; turning

0 前 言

随着油田开发环境的变化, 深井、超深井、

高压气井、热采井、大位移井等不同井况对油套管的连接强度和密封性提出了更高的要求。API 长圆螺纹密封性能低, 螺纹连接强度约为管体的

60%~80%，API偏梯形螺纹连接强度高，但密封性能较差，因此亟需研发和生产高性能特殊扣。目前管端特殊螺纹加工工艺的区别主要体现在切削规范及分刀工艺设计方面。特殊螺纹加工过程中，为了确保车削中圆弧、倒角、密封面的加工精度，特殊螺纹的加工效率普遍较低，产量仅有100~120根/班。本研究以P110钢级 $\Phi 139.7\text{ mm}\times 9.17\text{ mm}$ 规格BJC-II型特殊螺纹接头加工为例，通过优化加工方案、关键工序，开发新型刀具、模块化刀座，以及采用新切削工艺等方式，提升管端特殊螺纹加工效率，同时保证了加工质量，为螺纹加工及实际生产提供一定参考。

1 管端特殊螺纹加工方式的优化设计

1.1 特殊螺纹加工常用方案

在P110钢级 $\Phi 139.7\text{ mm}\times 9.17\text{ mm}$ 规格BJC-II型特殊螺纹加工过程中，管体车丝机通过上下两工位分别实现各车削刀具的分工及分布，通常上刀台T1工位是外圆刀刀座，T2工位是密封面刀、螺纹刀复合刀座，下刀台是外圆刀刀座。在车削过程中，车削工艺及流程依次为粗车密封面

外圆、粗车外螺纹外圆、精车密封面、车螺纹、工位转换。对2个批次100根管端加工数据进行统计，加工切削时间见表1。

表1 管端特殊螺纹加工切削时间

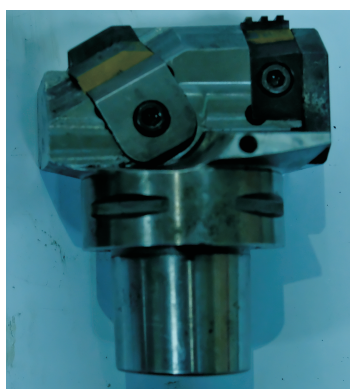
加工工序	加工量	加工时间/s
密封面外圆	切削量0~3 mm	8
螺纹外圆	切深1 mm	10
精车密封面	切深0.15 mm	48
螺纹	1.5 mm/12刀	96
工位转换		3

1.2 特殊螺纹加工方案优化及设想

一般在特殊螺纹加工时，仅依靠密封面刀、螺纹刀复合刀座上的一把螺纹刀具参与切削，且采用单齿螺纹梳刀进行车削，无法实现螺纹的铲扣功能，仅能在加工后采用手工修磨的方式去除首扣及不完整扣上存在的毛刺，加工效率较低。优化方案考虑使用上、下双螺纹刀进行组合加工，同时在刀座设计上加入铲扣工艺，将加工方案优化为上下两把螺纹刀、两把外圆刀同时工作，再将三角形单齿螺纹刀具调整为方形三齿，可大幅提升螺纹加工效率，优化后的加工刀座如图1所示。



(a) 上刀座



(b) 下刀座

图1 上下双螺纹刀、双外圆刀刀座示意图

该刀座采用Capto C6方式连接，刀具分布为外圆刀和螺纹刀集合为一个刀座，外圆刀在前，螺纹刀在后，同时工作。在三齿梳刀刀座设计时，下刀台螺纹刀进行粗车或者半精车，上刀台螺纹刀进行精车，为了能够车削出完整螺纹，必须合理设计两个刀座的加工间隔，一方面可使螺纹重合不乱扣，另一方面还需形成合理的切削分配，

最大限度提高刀具寿命。

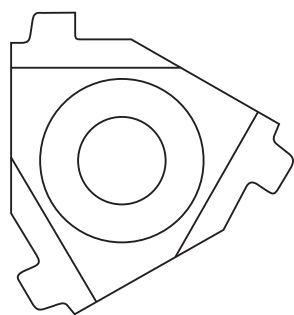
1.3 优化后特殊螺纹加工效率对比

加工刀座经优化后，特殊螺纹加工时，管体车丝机通过上下两工位各车削刀具的分工及分布如下：上刀台T1工位为螺纹刀、外圆刀复合刀座，T2为密封面刀、铲齿刀、螺纹刀（备用）集成刀座；下刀台为螺纹刀、外圆刀复合

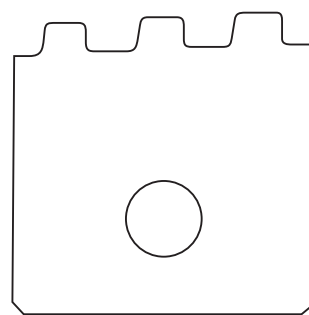
刀座。在车削过程中,车削工艺及流程依次为密封面粗车外圆、外螺纹粗车外圆、车螺纹、精车密封面、铲扣。通过对5个批次800根管端螺纹加工数据进行统计,其加工切削平均时间见表2。与传统方案相比,新的加工方案效率提升约43.6%,主要体现在螺纹加工由原来的12刀减少为3刀,单把刀的吃刀量减少约75%,精

表2 优化后管端特殊螺纹加工切削时间

加工工序	加工量	加工时间/s
密封面外圆	切削量0~3 mm	8
螺纹外圆	切深1 mm	10
精车密封面	切深0.15 mm	48
螺纹	1.5 mm/3刀	24
工位转换		3



(a) 单齿梳刀



(b) 三齿梳刀

图2 螺纹成型梳刀设计示意图

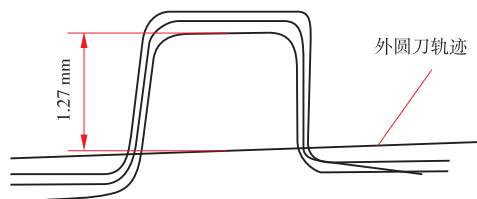
上、下刀座粗、精螺纹刀均使用同款刀具,不做精车、粗车的区分,可更加有效地提升刀具的使用寿命,精车刀磨损后可当粗车刀进行反复使用,也更加便于现场刀具的日常管理;上、下刀座组合走刀时,由于粗车部分

车刀消耗量减少约33%,即便精车刀发生失效,其仍可用于螺纹粗加工。

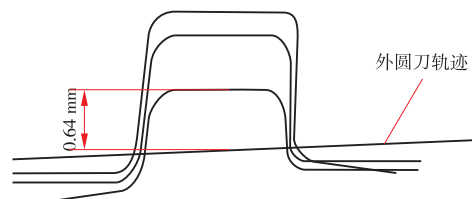
2 螺纹梳刀及刀座的优化设计

2.1 螺纹梳刀的设计

一般特殊扣螺纹加工方案中,螺纹刀具使用三角形单齿结构,定位装夹稳定,但在采用单齿螺纹梳刀进行螺纹加工时,根据螺纹的加工效果及精度的要求,需要车削12刀,这种方法的加工效率偏低,同时螺纹梳刀因车削12刀,每刀的车削量较少,加速了刀具的磨损。刀具寿命为60件/片,而三齿刀具的应用可省去两次刀具转位时间,相比之下更加合理,成型梳刀结构对比如图2所示。



(a) 常规粗车



(b) 三齿刀具

图3 常规粗车与三齿刀具切削分配示意图

2.2 三齿梳刀刀座的设计

在单齿梳刀加工方案中,上、下双外圆刀完成扒皮后,由于下刀台固定,只能由上刀台进行转位,转换为螺纹刀和密封面刀的复合刀座,仅

使用一把螺纹刀具即可完成螺纹加工,即粗、精一体切削,螺纹加工总计走12刀完成,实际切削深度约为1.9 mm,平均每刀约0.158 mm,平均单齿切深为0.158 mm。三齿梳刀方案主要采用两把

螺纹刀进行加工，上下各一把，并配备外圆刀，便于在加工螺纹的同时解决外圆余量。

2.3 三齿梳刀刀座的切削设计

将上刀座（精车刀座）和下刀座（粗车刀座）上下分布，形成完整螺纹则必须预留半圈螺纹的距离，即半个螺距，二者螺纹刀的刀尖轴向距离则必须是螺距的整数倍加0.5倍，如 $0.5P$ 、 $1.5P$ 、 $2.5P$ 、 $3.5P$ 。当上下螺纹刀尖间隔为 $1.5P$ 或 $3.5P$ 时，组合效果完全相同， $1.5P$ 间隔切削如图4所示，各切削刃的切削量较为均匀，粗车为精车预留0.3 mm的切削余量；当采用 $3.5P$ 间距，刀体宽度增加会增

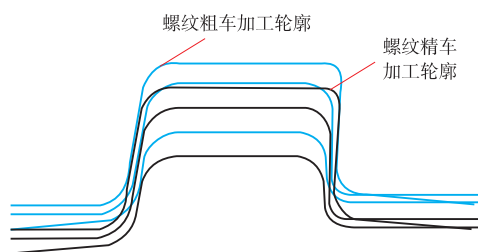


图4 1.5P间隔切削分布示意图

加使用成本，因此，在刀座设计过程中，上、下刀座螺纹刀的刀尖轴向距离应是螺距的1.5倍。

3 特殊螺纹三齿梳刀加工过程优化

3.1 三齿梳刀刀座的去毛刺设计

上下三齿梳刀刀座安装如图5所示，采用三齿梳刀刀座加工时，因三齿梳刀刀座无去毛刺刀片，因此需要人工修磨螺纹首扣毛刺，使首扣平滑过渡无毛刺，由此增加了工作量。打磨过程中飞溅的灰尘也污染了现场作业环境，对操作人员的健康带来了较大的伤害。此外，人工打磨较难保证首扣修磨质量，从而会影响产品的外观质量和合格率。

结合三齿梳刀刀座在实际生产中的使用情况，再将改造后精车刀座进行改造，将前端扒皮刀改造为毛刺刀，如图6所示，使用菱形刀片，利用刀尖使用铲扣的加工方式去除首扣毛刺。具体操作

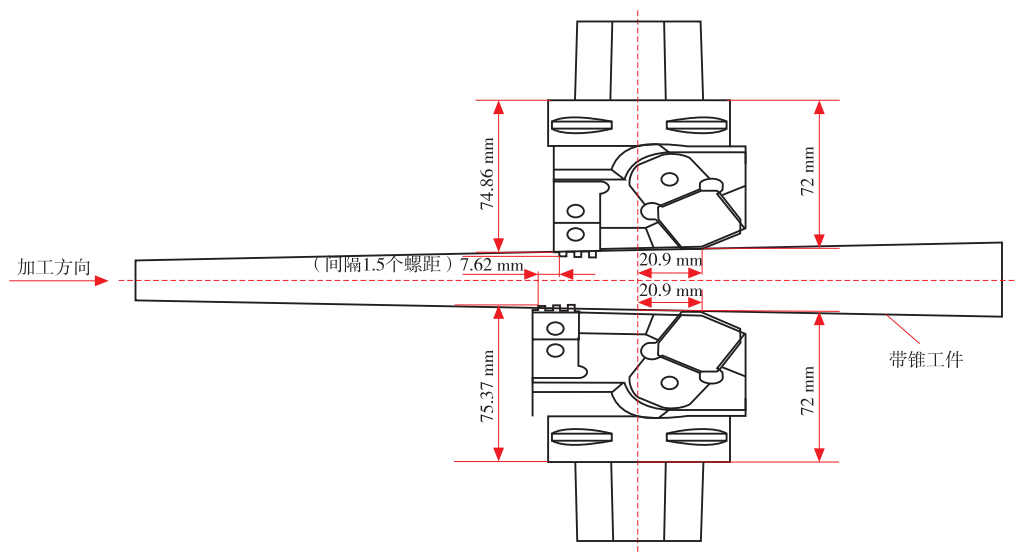


图5 上下三齿梳刀刀座安装示意图



(a) 改造前



(b) 改造后

图6 改造前后精车刀座实物对比

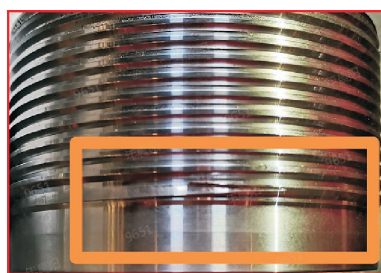
方法为:按照螺纹切削的方向,沿着首扣位置向前,刀尖靠近螺纹毛刺面进行首扣毛刺去除加工,达到螺纹首扣毛刺自动清除的效果。

3.2 去除毛刺加工程序的优化

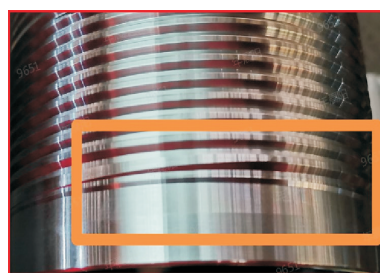
在加工过程中,程序中 G33 CLIPPING 执行进刀指令后,铲去大部分首扣螺纹,但仍残留部分毛刺。为了彻底清除毛刺,可通过设计梯形退刀循环程序,当 G33 CLIPPING 执行进刀指令后,沿 z 方向缩小退刀长度,从而增大退刀角度,退刀角度由原来的 45° 增大为

120° ,同时通过不断试验,确认梯形走、退刀循环次数,实现毛刺的完全清除。去除毛刺前后对比如图7所示。

优化去除毛刺程序后,整体加工时间增加,统计并计算优化后的100根管端螺纹加工数据,结果表明,去除毛刺工序时间增加5 s。由于整体加工工艺的变更,刀塔工位的转换增加了4次,耗费时间12 s,由表1和表2可知,加工时间由原来的165 s减少至110 s,整体加工效率比原工艺提升约33.3%。



(a) 毛刺去除前



(b) 毛刺去除修磨后

图7 首扣去除毛刺前后对比

3.3 去除毛刺刀座模块化设计

三齿梳刀刀座设计方案中,只考虑了螺纹刀具与密封面刀具,未对铲齿刀具进行设计,同时密封面刀位置固定,不利于后续刀杆的集成化改造。针对以上问题,设计了螺纹刀具、密封面刀

具以及铲齿刀具相结合的新型集成式刀座,其中密封面刀和铲齿刀集成为一个小刀块,可以实现拆卸和更换,当需要安装不同规格的刀具或者其他刀具时,不需要新做刀座。改进前后刀座实物如图8所示。



(a) 改进前刀座



(b) 改进后刀座

图8 改进前后去除毛刺刀座实物对比

4 结 论

(1) 单齿梳刀变为三齿梳刀后,可有效降低梳刀打刀及刀具磨损,更有利于螺纹的加工,从而提高螺纹加工效率。

(2) 特殊螺纹加工工艺中,上下两把梳刀刀头错位加工可有效提高加工效率,也可避免因螺纹梳刀打刀造成的影响,从而提升产品合格率。螺纹粗、精加工梳刀的统一,可提高刀具的使用寿命。

(3) 去除毛刺刀座模块化应用,可减少不必要的走刀及刀塔旋转时间,能够提高螺纹加工效率,提升产品质量。

参考文献:

- [1] 陈云,杜齐明,董万福,等.现代金属切削刀具实用技术[M].北京:化学工业出版社,2008.
- [2] 刘洪,李游,徐宏,等.螺纹车削螺距变化分析与解决方法[J].工具技术,2020,54(7):84-85.
- [3] 于大勇,任立侠,吕珊,等.降低大直径套管接箍加工废品率的措施[J].石油和化工设备,2011,14(1):21-24.
- [4] 周新义,苑清英,汪强,等.石油套管特殊螺纹加工工艺研究[J].工具技术,2022,56(3):61-64.
- [5] 李飞,李玉民,张飞跃,等.HT高密度特殊螺纹套管在气井中的应用[J].石油机械,2004,32(1):45-47.
- [6] 李远征,苑清英,周新义,等.BJC-II型气密封特殊螺纹开发[J].焊管,2021,44(5):1-8,13.
- [7] 陈飞飞.数控车加工中螺纹倒角处毛刺的去除方法分析[J].黑龙江科技信息,2015(12):51-52.
- [8] 高连新,金烨,张居勤.石油套管特殊螺纹接头的密封设计[J].机械工程学报,2005,41(3):216-220.

- [9] 宋洽,冯耀荣.油井管与管柱技术及应用[M].北京:石油工业出版社,2007.
- [10] 白鹤,贾宏安,党涛,等.我国油套管特殊螺纹接头质量探讨[J].焊管,2012,35(9):29-33.
- [11] 王俊英,李秀环,范铁军.提高油管接箍螺纹加工质量的研究[J].机械工程师,2002(8):41-42.
- [12] 韩佳隽,管锋.接箍管螺纹机床整机动态特性分析及优化[J].石油机械,2020,48(12):130-137.
- [13] 王善永,杨俊义,宋志平.几种特殊套管螺纹接头[J].石油矿场机械,2005,34(4):83-85.
- [14] 廖凌,崔顺贤,叶顶鹏,等.汉廷特殊螺纹接头油套管的技术特点与应用分析[J].钢管,2009,38(4):44-47.
- [15] 周新义,白鹤,徐凯,等.油套管接箍加工变形与圆度控制[J].工具技术,2017,51(8):127-129.
- [16] 范世平,郭纯恩,王斌林,等.降低211车床油管接箍加工废品率[J].机械工程师,2016(9):246-247.

作者简介:王 巍(1989—),男,技师,主要从事石油专用管螺纹的加工及检验工作。

收稿日期:2022-10-18

修改返回日期:2023-08-10

编辑:董 超

(上接第62页)

- [3] 薛韩,熊超.相控阵超声技术在HFW钢管焊缝检测中的应用[J].焊管,2020,43(6):49-54.
- [4] 刘应和,卢盛华.超声波检测实用技术[M].沈阳:辽宁大学出版社,2017.
- [5] 王悦民,李衍,陈和坤.超声相控阵检测技术与应用[M].北京:国防工业出版社,2014.
- [6] 卢超,钟德煌.超声相控阵检测技术及应用[M].北京:机械工业出版社,2021.
- [7] 王少江,侯力,薄立朗,等.PLC和变频器在超声波自动探伤系统的应用[J].煤矿机械,2009,30(4):207-209.
- [8] 美国石油协会.管线钢管规范:API SPEC 5L(46版)[S].华盛顿:美国石油协会出版业务部,2018.
- [9] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.石油天然气工业管线输送系统用钢管:GB/T 9711—2017[S].北京:中国标准出版社,2017.

- [10] 马朝辉,毛浓召,屈利华.基于壳牌标准的螺旋埋弧焊管超声波探伤设备改造[J].焊管,2020(6):39-43.
- [11] 甘正红,方晓东,余洋.钢管焊缝超声自动检测系统能力的鉴定[J].焊管,2013(4):43-48.
- [12] 石油管材专业标准化技术委员会.钢管无损检测方法第2部分:焊接钢管焊缝纵向和或横向缺欠的自动超声检测:SY/T 6423.2—2013[S].北京:石油工业出版社,2013.
- [13] 苗玲玉,李衍.钢结构件焊接接头超声相控阵实际探伤条件的研讨[J].无损探伤,2011,35(3):1-8.

作者简介:刘 洋(1986—),男,工程师,无损检测高级人员,主要从事螺旋埋弧钢管无损检测工作。

收稿日期:2022-05-05

修改返回日期:2023-01-05

编辑:任永峰