低温工况用承重车桥管开发与应用*

姚晓乐[1],姜海龙[1],米永峰[1],孙文秀[1],刘玉荣[1],董 珍[1],刘 莉[2]

(1. 内蒙古包钢钢联股份有限公司钢管公司,内蒙古 包头 014010;
2. 内蒙古包钢钢联股份有限公司技术中心,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 针对包钢生产的XCQ16-1车桥管在-5 ℃低温推方过程中产生裂纹的问题,利用稀土在钢中的有益作用,开发了低温工况用承重车桥管,并供用户试用。试用结果表明,完全满足-5 ℃低温工况生产需求,使用过程中未出现裂纹,并通过轴体疲劳试验,已批量稳定供货。

关键词: 承重车桥管; 低温工况; 裂纹; 轴体疲劳试验

中图分类号: TG335.71 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2021)03-0031-04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2021.03.009

Development and Application of Load-bearing Axle Tube for Low-temperature Working Condition

Yao Xiao-le[1], *Jiang Hai-long*[1], *Mi Yong-feng*[1], *Sun Wen-xiu*[1], *Liu Yu-rong*[1], *Dong Zhen*[1], *Liu Li*[2]

(1. *Steel Tube Co. of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*;
2. *Technical Center of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: The load-bearing axle tube for low-temperature working condition is developed and offered to user on trial with the beneficial effects of rare earth in steel aiming at the problem that there are cracks on axle tube XCQ16-1 produced by Baotou Steel in process of forming at low temperature of -5 ℃. The results showed that the products could completely meet the manufacture requirements at low-temperature working condition of -5 ℃, there were no cracks on them in use procedure, they had passed fatigue test of axle and had been supplied in batch stably.

Key words: load-bearing axle tube; low-temperature working condition; cracks; fatigue test of axle

车桥是汽车底盘行驶系统的重要组成部分,通过悬架与车架(或承载式车身)相连接,两端安装汽车车轮的桥式结构,其功用是传递车架与车轮之间各方向作用力及其力矩,其对汽车的动力性、稳定性、承载能力有着重要的影响,维持汽车在道路上的正常行驶。

传统车桥采用钢板通过剪切、冲压、弯曲等工序后焊接而成,工艺复杂且焊缝质量难以保证。经过工艺改进,发展出使用无缝钢管生产整体式车桥的工艺,产品具有抗疲劳性能优越、自重低、生产成本

* **收稿日期:** 2021-05-06

作者简介: 姚晓乐(1986-),男,山西省运城市人,硕士,高级工程师,现从事无缝管产品研发工作。

中国知网 https://www.cnki.net

低等优势，符合车辆节能轻量化发展趋势。使用无缝钢管生产整体式车桥的工艺受到各大车辆制造企业的认可，已逐步取代传统工艺并发展成为主流。不同车桥制造企业因生产工艺及工况不同，对车桥管性能有不同需求。针对北方某车桥制造企业使用XCQ16－1冬季生产时，钢管出现裂纹的问题，包钢成功开发出低温工况用承重车桥管，满足了该企业冬季生产需求。

1 裂纹产生原因分析

XCQ16－1是包钢依据ASTM A29/A29M中牌号1527开发的车桥用无缝钢管，其生产工艺流程为：高炉铁水→铁水预处理→转炉冶炼→LF精炼→VD真空处理→圆坯连铸→管坯加热→穿孔→连轧→定(张减)径→冷床冷却→锯切→矫直→探伤→人工检查→测长、称重、喷标→入库。XCQ16－1成分要求如表1所示[1]，用来生产承重车桥，主要供广东某车桥制造企业使用，使用效果良好。北方某车桥制造企业引进广东某车桥制造企业的车桥生产线，采用车桥管XCQ16－1进行生产。冬季生产过程中部分钢管出现裂纹。

表1 1527化学成分要求(质量分数) %

C	Mn	P	S
0.22～0.29	1.20～1.50	≤0.040	≤0.040

1.1 裂纹情况

北方某车桥制造企业目前主要生产美式13 t承重车桥。生产工艺流程为：下料锯切→管端加热增厚成型→管端一次热挤压成型→管端二次热挤压成型→管端三次热挤压成型→管体中间段推方成型→调质处理→机加工。用车桥管XCQ16－1进行生产，冬季生产过程中部分钢管出现裂纹，在管体中间段推方成型后和调质处理后均有发现，如图1、图2所示。可以看出裂纹分布在推方成型的棱角位置。

1.2 XCQ16－1母管分析

从出现裂纹的同批次尚未加工使用的钢管取样进行成分及冲击性能检验。经检验，成分满足表1要求，冲击性能如表2所示。从表2可以看出，与20 ℃相比，－5 ℃时钢管的冲击值急剧下降，降幅达到50%，断面剪切比降到0。

广东某车桥制造企业厂房全年环境温度在20 ℃以上，而该北方车桥制造企业厂房温度冬季在0 ℃以下，最低为－5 ℃，导致钢管的韧性和塑性骤降。

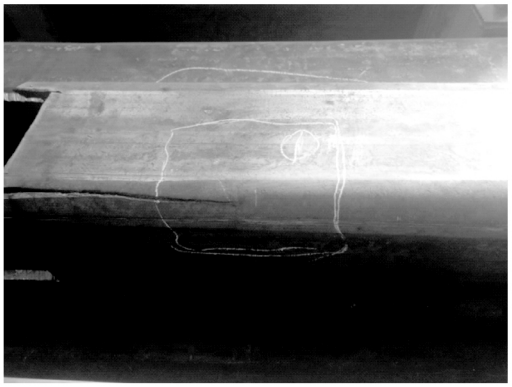


图1 中间段推方裂纹

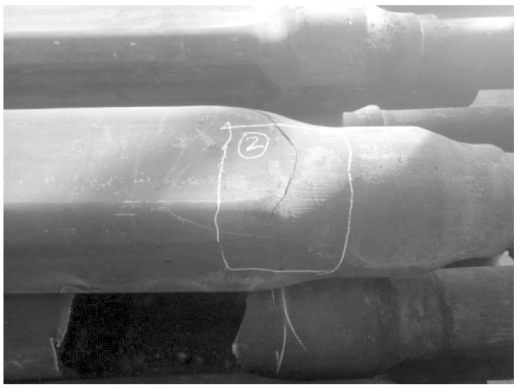


图2 调质处理后裂纹

表2 XCQ16－1冲击性能检验结果

温度/℃	冲击值/J			断面剪切比/%		
20	57	59	54	5	5	5
－5	25	33	28	0	0	0

1.3 裂纹分析

从产生裂纹的钢管上取样进行裂纹分析。夹杂物分析如表3所示，推方成型后裂纹金相组织如图3所示，调质处理后裂纹金相组织如图4所示。

从表3可以看出，钢中夹杂物控制良好，未发现粗系夹杂物，各类夹杂物细系级别均在较低水平。由图3和图4可以看出推方成型和调质处理后两个阶段产生的裂纹周围均无氧化圆点，资料表明，氧化圆点的生成温度需在1 000 ℃以上，且保温时间至少30 min以上[2-4]，结合XCQ16－1的生产工艺流程，及用户对管材入厂进行检查并未发现裂纹，可排除裂纹在钢管生产过程中产生，说明裂纹不是钢管母材带来的。

中国知网 https://www.cnki.net

表 3　XCQ16 – 1 夹杂物检验结果

A		B		C		D		D_S
粗系	细系	粗系	细系	粗系	细系	粗系	细系	
0	1	0	0.5	0	0	0	1	0.5

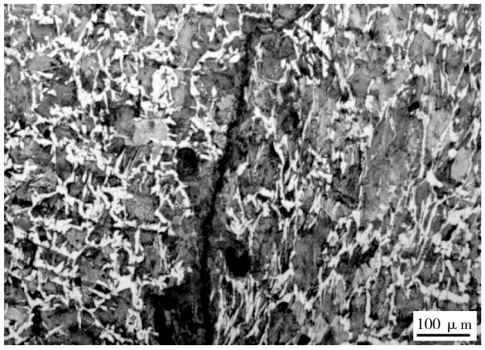


图 3　推方成型后裂纹金相组织

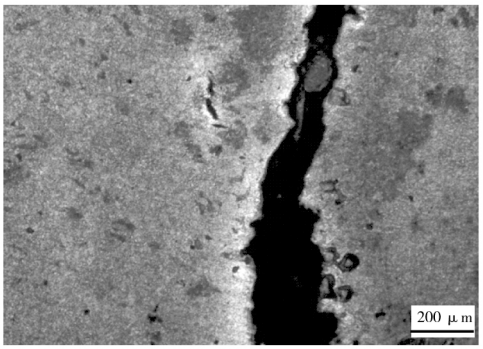


图 4　调质处理后裂纹金相组织

钢管推方成型后裂纹的周围无脱碳现象，调质处理后裂纹的周围有脱碳现象，说明调质处理后裂纹是调质之前产生，结合该企业车桥生产工艺，调质处理后裂纹是在推方成型过程中产生。

综上分析，该北方车桥制造企业冬季生产时，XCQ16 – 1 韧性变差，在推方成型过程中产生裂纹。

2　低温工况用承重车桥管的开发

资料表明[5-9]，稀土在钢中有诸多有益作用，特别是对钢材的低温冲击性能有明显的改善作用。包钢白云鄂博铁矿铁与稀土共生，是世界最大的稀土矿山，充分发挥包钢稀土资源优势，利用稀土在钢中的有益作用，开发出满足用户需求的稀土钢产品。

根据 XCQ16 – 1 在北方冬季加工过程中容易出现裂纹的情况及稀土在钢中的有益作用，在钢中添加适量的稀土，开发出满足 ASTM A29/A29M 中牌号 1527 要求的低温工况用承重车桥管，与 XCQ16 – 1 的冲击性能对比如表 4 所示。

表 4　冲击性能对比

钢种	温度/℃	冲击值/J			断面剪切比/%		
XCQ16 – 1	20	57	59	54	5	5	5
	– 5	25	33	28	0	0	0
低温工况用承重车桥管	20	116	88	102	50	40	40
	– 5	82	68	66	10	10	10

从表 4 可以看出，与 XCQ16 – 1 相比，在 20 ℃室温时，低温工况用承重车桥管的冲击值大幅提高，提高近 1 倍，剪切比从 5% 提高到 40% 以上；– 5 ℃时，冲击值提高幅度更为明显，提高近 1.5 倍，剪切比从 0 提高到 10%。因此，低温工况用承重车桥管具有更好的韧性，有利于推方成型，特别是 – 5 ℃时的冲击韧性超过 XCQ16 – 1 在 20 ℃时的冲击韧性，更适用于冬季低温工况，可以避免钢管加工过程中出现裂纹的情况。

3　低温工况用承重车桥管试用情况

跟踪低温工况用承重车桥管在用户的试用情况，整个生产过程中，钢管表面质量良好，表现出优异的可加工性能，跟踪 1 000 余支钢管的试用情况，没有 1 支钢管出现裂纹。

同时，用户按我们提供的热处理制度进行调质处理，使用便携式硬度仪对钢管淬火后和回火后的洛氏硬度进行检测，检验结果如表 5 所示。用户要

中国知网　https://www.cnki.net

求调质处理后洛氏硬度在23～32，从表5可以看出，回火后的硬度检测值满足用户的要求。

表5 低温工况用承重车桥管洛氏硬度

淬火后			回火后		
A端	方体(中间推方段)	B端	A端	方体(中间推方段)	B端
42.4	42.8	44.6	28.4	26.0	30.9
44.9	39.8	42.4	28.0	25.0	29.0
43.4	38.9	43.3	27.0	25.4	30.0

4 低温工况用承重车桥管轴体疲劳试验

依据中华人民共和国交通行业标准JT/T 457—2002《挂车车轴》的要求[10]，车桥需要进行轴体疲劳试验，最大试验负荷为车桥最大轴载质量的2.5倍，试验次数不低于80×10^4次。

低温工况用承重车桥管用来生产美式13 t承重车桥，因此轴体疲劳试验最大负荷为32.5 t，用户对试验次数进行了加倍，为160×10^4次。

经过加倍次数的疲劳试验，低温工况用承重车桥管表面质量良好，未出现裂纹。

5 结论

(1) 北方某车桥制造企业在冬季使用车桥管XCQ16－1生产时产生裂纹，是因为XCQ16－1低温时韧性变差，－5 ℃时钢管的冲击值急剧下降，降幅达到50%，断面剪切比降到0，在推方成型过程中产生裂纹。

(2) 针对XCQ16－1产生裂纹的原因及发挥稀土在钢中的有益作用，开发出低温工况用承重车桥管。用户试用结果表明：低温工况用承重车桥管与XCQ16－1相比，在20 ℃时，钢管的冲击值大幅提高，提高近1倍，剪切比从5%提高到40%以上；－5 ℃时，冲击值提高幅度更为明显，提高近1.5倍，剪切比从0提高到10%，满足用户低温工况的生产要求；提供的热处理制度合理，满足用户对热处理后钢管硬度的要求。

(3) 最终产品通过高于标准要求的轴体疲劳试验，表明低温工况用承重车桥管具有优异的抗疲劳性能，使用安全性可靠。

参 考 文 献

[1] ASTM A29/A29M，热加工碳素钢和合金棒材的一般要求[S].

[2] 张龙，李仕力，刘海英，等. 弹簧钢表面裂纹氧化行为的研究[J]. 天津冶金，2016，(4)：32－38.

[3] 王朝阳，刘伟. 12Mn输油管线无缝钢管表面微裂纹成因分析[J]. 天津冶金，2018，(4)：18－21.

[4] 祝桂合，万友堂，张继明，等. 钢板表面裂纹及氧化圆点形成条件模拟试验[J]. 山东冶金，2012，34(2)：30－33.

[5] 智建国. 包钢稀土钢的进展及技术方向分析[J]. 包钢科技，2019，45(6)：1－5.

[6] 陈辉，冯岗，陈宇，等. 稀土在车轮钢中的变质夹杂作用以及对冲击韧性的影响[J]. 浙江冶金，2019，11(4)：19－23.

[7] 杨晓红，吴鹏飞，吴金成川，等. 特殊钢中稀土变质夹杂物行为研究[J]. 北京科技大学学报，2010，28(5)：612－618.

[8] 富晓阳，杨吉春，赵莉萍，等. 稀土元素在钢中作用机理与研究现状[J]. 河南有色金属，2015，(1)：55－57，63.

[9] 王龙妹，杜挺，卢先利，等. 微量稀土元素在钢中的作用机理及应用研究[J]. 稀土，2001，22(4)：37－40.

[10] JT/T 457—2002，挂车车轴[S].

中国知网 https://www.cnki.net