石油钻杆管体用钢的淬透性试验研究*

董 珍,姜海龙,卢艳蓉,刘洪霞,赵美英

(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: 文章对包钢生产的G105、S135钢级石油钻杆管体用钢的淬透性进行了试验研究,结果表明:两个钢种具有良好的淬透性,在880~900 ℃的淬火温度下,G105钢获得最小50%、90%、95%马氏体洛氏硬度值的淬透层深度分别为15 mm、9 mm、7 mm;S135钢获得最小50%、90%、95%马氏体洛氏硬度值的淬透层深度分别为35 mm、18 mm、15 mm。

关键词: G105;S135;石油钻杆钢;淬透性

中图分类号: TG142.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2020)01-0054-03

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2020.01.015

Experimental Study on Hardenability of Petroleum Drill Pipe Body Steel

Dong Zhen, Jiang Hai-long, Lu Yan-rong, Liu Hong-xia, Zhao Mei-ying

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

Abstract: The experimental study on the hardenability of G105 and S135 grade petroleum drill pipe body steel produced by Baotou Steel is introduced in this paper. The results showed that the two steel grades were with good hardenability. With the quenching temperature of 880~900 ℃, the hardening layer depths of the minimum 50%, 90% and 95% martensite rockwell hardness numbers were 15 mm, 9 mm and 7 mm for G105 steel; the hardening layer depths of the minimum 50%, 90% and 95% martensite rockwell hardness numbers were 35 mm, 18 mm and 15 mm for S135 steel.

Key words: G105; S135; petroleum drill pipe steel; hardenability

石油钻杆是油、气田钻探开发中不可缺少的重要工具。API Spec 5DP标准将石油钻杆划分为E级、X级、G级和S级四个级别,其中X级、G级和S级属于高强度级钻杆[1]。

同时标准中规定,对于E级钻杆管体应进行淬火加回火或正火加回火或正火的热处理;对于X级、G级和S级钻杆管体应进行淬火加回火的热处理[1],因此,在实际生产中,需要选用淬透性良好的钢种,使不同钢级的钻杆管体在调质处理后能获得优良的综合力学性能,以满足用户的使用要求。

本文采用末端淬火法(Jominy法),分别对包钢钢管公司生产的G105、S135钢级石油钻杆管体用钢的淬透性进行了实验室研究,测定了不同的淬火温度下,两个钢种分别获得最小50%、90%和95%马氏体洛氏硬度值的淬透层深度,描述了钢种的淬透性及其变化规律,为制定经济合理的淬火工艺提供了准确可靠的技术依据,对现场热处理生产具有重要的指导意义。

* 收稿日期:2019-12-04

作者简介:董 珍(1969-),女,内蒙古呼和浩特市人,硕士,正高级工程师,现从事无缝管产品研发工作。

中国知网 https://www.cnki.net

1　试验材料

试验材料分别取自包钢钢管公司生产的规格为Φ210 mm 的 G105、S135 连铸圆坯，试验钢的化学成分见表 1。

表 1　试验钢的化学成分(质量分数)　%

钢种	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
G105	0.29	0.25	1.07	0.014	0.003	0.82	0.19
S135	0.30	0.27	0.86	0.016	0.004	0.92	0.50

2　试验方法及结果

钢的淬透性是指钢奥氏体化后能够接受淬火能力的大小，即表征钢材淬火时获得马氏体能力的特性，是钢的一种固有属性和重要特性。不同的钢种接受淬火的能力不同，从钢件表面到心部的截面上得到马氏体的数量也不同，所获得的马氏体数量越多，该钢种的淬透性愈好。实际应用中，钢的淬透性的测定方法很多，目前，国内外普遍采用的主要有四种：末端淬火法、截面硬度法、临界直径法、计算预测方法[2]。

末端淬火法是 1938 年由 Jominy 提出的，是目前国内外最常用的淬透性测试及表示方法，故又称之为 Jominy 法。用此法所测得的曲线称为端淬曲线，也称为 H 曲线[2]。该曲线以淬火试样至淬火端面的距离为横坐标，以硬度为纵坐标，绘制而成的硬度变化曲线。通常钢在一定的温度条件下淬火获得的有效淬硬层深度越大，则其淬透性越好。

试验所依据的标准是 GB/T 225—2006《钢淬透性的末端淬火试验方法》[3]。试验时先将圆坯轧制成 40 mm 厚的板坯，并将坯样加工成直径25 mm、长 100 mm，且非淬火端带有凸缘的圆棒试样(见图 1)，然后将加工好的标准试样装入不锈钢保护套中，放入箱式电阻炉中加热至规定的温度奥氏体化并保温约 40 min 后，用钳子夹住非淬火端的凸缘处，迅速取出试样，将其放在 WDZ－02 型自动端淬试验机上进行喷水淬火试验，喷水时间至少为 10 min，此后将试样浸入冷水中完全冷却(见图 2)。

将冷却后的试样在平行于轴线的方向上，磨制出深度为 0.4～0.5 mm 的两个相互平行的硬度测试平面，并测量试样距淬火端面 1.5 mm、3 mm、5 mm、7 mm、9 mm、11 mm、13 mm、15 mm、20 mm、25 mm、30 mm、40 mm、45 mm、50 mm 等不同距离处的硬度值。试验时为保证试验数据的稳定性和准确性，对同一温度下的末端淬火试验取 3 个试样进行重复性试验，用三次试验所测结果的平均值最终绘制出同一温度下的硬度变化曲线。因试样冷却过程中存在末端的冷却速度最大、硬度最大，且距试样末端越远冷却速度越小、硬度逐渐减小的规律，故可根据不同距离处所测定的硬度值绘出钢种的端淬曲线。

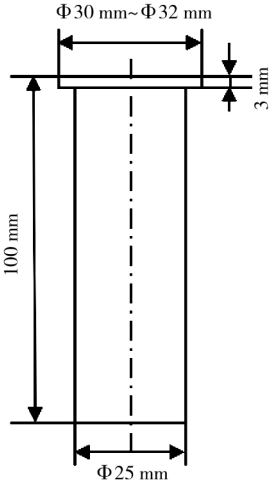


图 1　带凸缘试样的示意图



图 2　末端淬火试验图

中国知网　https://www.cnki.net

API Spec 5CT 标准中分别对钢种所获得最小50%、90%和95%马氏体的硬度值给出了相应的计算公式[4]。由公式可计算出: G105、S135 钢级石油钻杆管体用钢获得最小50%、90%、95%马氏体洛氏硬度值见表2。

表2 钢种获得不同比例马氏体的硬度值

钢种	50%马氏体的硬度值	90%马氏体的硬度值	95%马氏体的硬度值
G105	36.1	43.8	46.1
S135	36.6	44.4	46.7

图3和图4分别是这两个钢种在880~900 ℃不同淬火温度下的端淬曲线。由图可知: 两个钢种均具有良好的淬透性; 在880~900 ℃的淬火温度下,G105 钢级石油钻杆管体用钢获得最小50%马氏体洛氏硬度值的淬透层深度为15 mm,获得最小90%马氏体洛氏硬度值的淬透层深度为9 mm,获得最小95%马氏体洛氏硬度值的淬透层深度为7 mm; S135 钢级石油钻杆管体用钢获得最小50%马氏体洛氏硬度值的淬透层深度为35 mm,获得最小90%马氏体洛氏硬度值的淬透层深度为18 mm,获得最小95%马氏体洛氏硬度值的淬透层深度为15 mm。

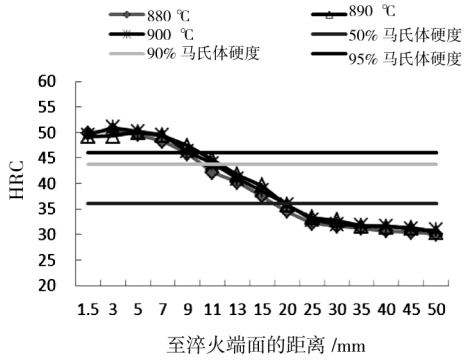


图3 G105 在不同淬火温度的端淬曲线

API Spec 5DP 标准中规定,石油钻杆管体的壁厚规格为6.45~12.70 mm[1],实际生产中,钢管的淬火通常采用内喷外淋的水冷方式,因此,在880~900 ℃的淬火温度下,两个钢种的成分设计均可满足不同壁厚钻杆管体的淬透性要求。

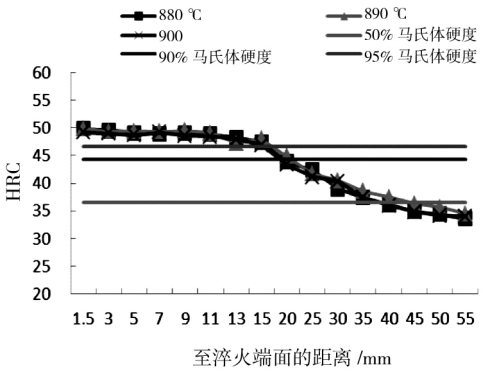


图4 S135 在不同淬火温度的端淬曲线

3 结论

(1) 包钢生产的用钢均具有良好的淬透性,可满足不同壁厚钻杆管体的淬透性要求。

(2) 在880~900 ℃的淬火温度下,G105 钢级石油钻杆管体用钢获得最小50%马氏体洛氏硬度值的淬透层深度为15 mm,获得最小90%马氏体洛氏硬度值的淬透层深度为9 mm,获得最小95%马氏体洛氏硬度值的淬透层深度为7 mm。

(3) 在880~900 ℃的淬火温度下,S135 钢级石油钻杆管体用钢获得最小50%马氏体洛氏硬度值的淬透层深度为35 mm,获得最小90%马氏体洛氏硬度值的淬透层深度为18 mm,获得最小95%马氏体洛氏硬度值的淬透层深度为15 mm。

参 考 文 献

[1] API Spec 5DP,Specification for Drill Pipe [S]. American Petroleum Institute Press,2009.

[2] 王哲. 结构钢端淬曲线数学模型及淬透性系数研究 [D]. 长春: 吉林大学,2007.

[3] GB/T 225-2006,钢淬透性的末端淬火试验方法 [S].

[4] API Spec 5CT,Specification for Casing and Tubing [S]. American Petroleum Institute Press,2011.

中国知网 https://www.cnki.net