# GCr15 高温塑性对无缝钢管生产工艺影响研究*

余泽金，贾冬梅，王 鹏，米永峰，张行刚

（内蒙古包钢钢联股份有限公司钢管公司，内蒙古 包头 014010）

**摘 要：** 文章针对GCr15钢高温塑性进行了试验研究，在不同的穿孔温度下对GCr15无缝钢管的内表面质量进行对比分析。试验结果表明：GCr15钢在温度850～1 200 ℃具有良好的塑性，钢管内表面产生内折的主要原因是管坯穿孔温度超出高温塑性区域，穿孔温度控制在1 200 ℃以内，可降低钢管内表面产生内折缺陷。

**关键词：** GCr15；无缝钢管；高温塑性；穿孔；内折

**中图分类号：** TG335.71 **文献标识码：** B **文章编号：** 1009－5438(2021)01－0070－03

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2021.01.020

# Study on Effects of High Temperature Plasticity of GCr15 Steel on Production Process of Seamless Steel Tube

*Yu Ze－jin, Jia Dong－mei, Wang Peng, Mi Yong－feng, Zhang Xing－gang*

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

**Abstract:** In this paper, it is introduced the experimental study on high temperature plasticity of GCr15 steel, compared and analyzed its interior surface quality at different perforation temperatures. The experimental results showed that the plasticity of GCr15 steel was good at 850 ～1 200 ℃, the main reason for infolding of internal surface for steel tube was that perforation temperature of tube blank was beyond high temperature plastic range and it could be reduced if perforation temperature could be controlled within 1 200 ℃.

**Key words:** GCr15; seamless steel tube; high temperature plasticity; perforation; infolding

轴承钢是特殊钢中最具代表性的钢种之一，其质量很大程度上决定了机械产品的精度、性能、寿命与运行的可靠性[1]。轴承在国际上素有“工业的心脏”的说法，因此轴承钢的质量水平也成为一个国家钢铁冶炼水平的标志之一。

目前国内轴承圈套生产基本还是以“圆钢锻造＋冲孔＋辗压”传统锻造工艺为主，部分为“退火＋冷拔”工艺。包钢为了发挥Φ159 mm PQF机组设备优势、拓展钢管产业链的延伸、缩短轴承圈套生产工艺流程、提高生产效率、降低生产成本，开发了GCr15无缝钢管。随着制造装备更新换代、行业新技术的快速发展，无缝钢管将成为生产轴承内圈和外圈的主要原材料，但是GCr15钢穿孔过程中易出现内折质量缺陷，本文进行高温塑性试验研究，为现场管坯穿孔提供工艺指导，可降低钢管内表面产生内折缺陷。

## 1 高温塑性试验

将GCr15试验钢加工成高温拉伸试样在MMS－200热力模拟试验机上进行800～1 300 ℃的

* 收稿日期：2020－11－19

作者简介：余泽金(1981－)，男，江西省瑞昌市人，硕士，高级工程师，主要从事无缝钢管新产品研究工作。

高温拉伸试验，对试验钢的高温塑性、变形抗力、延伸率数据进行采集，并绘制面缩率曲线见图 1。

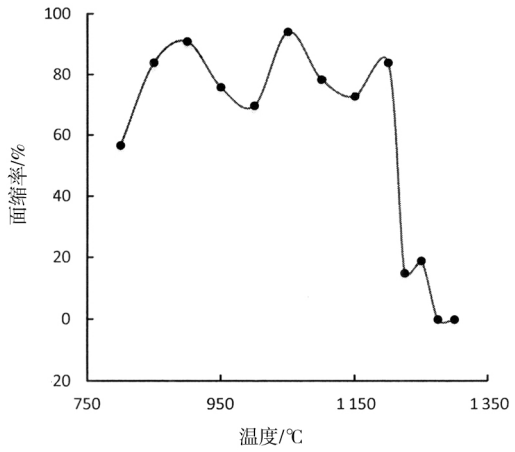



图 1　GCr15 试验钢高温塑性曲线

根据热塑性理论，将断面收缩率 $Z = 60\%$ 定义为连铸坯塑性的临界值。研究表明，当 $Z$ 超过此值时，连铸坯具有足够的塑性，不易产生裂纹；而小于此值的温度范围被定义为“塑性低谷区”，铸坯裂纹敏感性增高[2]。

由高温塑性试验数据曲线图可以看出，GCr15 试验钢在 850 ~ 1 200 ℃的断面收缩率高于 60%，材料具有良好的高温塑性；当变形温度为 1 225 ℃时，试验钢的断面收缩率为 15%，变形温度为 1 275 ℃时，试验钢几乎没有面缩，GCr15 试验钢在高于 1 200 ℃塑性急剧下降，这就为 GCr15 试验钢在工业试制过程中提供工艺指导，环形炉加热温度上限不能超过 1 200 ℃。

## 2　工业试制

Φ200 mm 连铸坯经 Φ159 mm PQF 热连轧机组生产无缝钢管，产品规格 Φ89 mm × 11 mm，分别采用工艺 1 和工艺 2 两种试制方案进行对比试验。

GCr15 轴承钢导热性差不能加热过快的特点[3]，在 800 ~ 850 ℃之间停留 1 h，主要目的是为了温度均匀，高碳铬轴承钢是属于典型的过共析珠光体类钢，在铸锭过程中容易产生碳和铬的偏析，因此需要在一定的温度下进行较长时间的高温扩散退火，这样做的目的是为了让碳化物在高温区得到分解[3]。另外，含碳量高的钢种在加热的高温区，奥氏体晶粒容易长大，有脱碳与过热的危险。在加热过程中既要对钢烧透，又要防止脱碳和过热。所以对钢坯加热温度和加热时间有严格要求。环形炉总加热时间控制在 5 ~ 6 h，加热炉各段的温度控制见表 1。

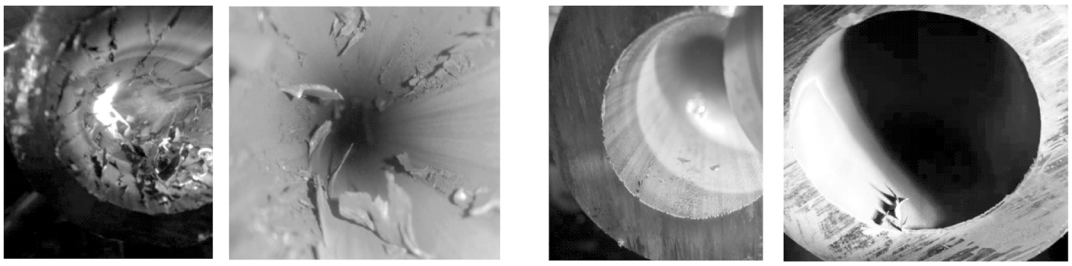
表 1　环形炉各段温度控制　　℃

| 方案 | 加热一段 | 加热二段 | 加热三段 | 加热四段 | 加热五段 | 加热六段 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 工艺 1 | 700 ~ 800 | 800 ~ 900 | 900 ~ 1 100 | 1 180 ~ 1 220 | 1 240 ~ 1 250 | 1 250 ~ 1 260 |
| 工艺 2 | 700 ~ 800 | 800 ~ 900 | 900 ~ 1 100 | 1 100 ~ 1 200 | 1 150 ~ 1 180 | 1 150 ~ 1 180 |

GCr15 钢在高温下的塑性较好，变形抗力也就较低，为避免碳化物网状析出，一般采用较大的压下量轧制[3]。穿孔过程中顶前压下量 4% ~ 7%；椭圆度系数穿孔一般钢椭圆度系数控制在 1. 03 ~ 1. 18，因为 GCr15 变形抗力大，椭圆度系数大易产生内折，椭圆度系数小易包顶头、弓顶杆，所以椭圆度系数控制在 1. 1 左右为最好[3]。具体穿孔机穿孔工艺参数见表 2，无缝钢管内表面情况见图 2。

表 2　穿孔工艺参数

| 方案 | 辊距 /mm | 顶头位置 /mm | 导板距 /mm | 转速 /(r·min$^{-1}$) | 咬入速度 /% | 穿孔温度 /℃ | 毛管内 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 工艺 1 | 180 | 100 | 200 | 450 | 50 | 1 240 ~ 1 250 | 大片通体内折 |
| 工艺 2 | 180 | 100 | 200 | 450 | 50 | 1 160 ~ 1 180 | 无内折 |



（a）工艺1生产成品管内表面　　（b）工艺2生产成品管内表面

**图2　GCr15无缝钢管内表面情况对比**

采用工艺1生产的GCr15无缝钢管内表面出现大片通体内折，无法满足用户要求；在穿孔工艺参数保持不变的条件下，对管坯加热温度进行调整（工艺2），成品管内表面没有出现大片内折，仅在钢管的头尾出现轻微内折，经修磨处理后，产品可以满足用户要求。

在上述试验条件下，穿孔变形温度是GCr15无缝钢管内表面出现内折的主要原因，由试制结果看出穿孔温度在不超过1 200 ℃时，在高温塑性区可降低钢管内表面内折缺陷。

## 3　结论

（1）由高温塑性试验可知，GCr15轴承钢在850～1 200 ℃的断面收缩率高于60%，具有良好的高温塑性。

（2）GCr15轴承钢导热性差，采用Φ200 mm连铸坯生产无缝钢管需要进行5 h以上缓慢加热，由高温塑性试验可知，GCr15轴承钢在高于1 200 ℃塑性急剧下降，因此考虑炉温波动因素加热炉的均热温度不能超过1 200 ℃上限。

（3）管坯穿孔温度在高温塑性温度范围内（850～1 200 ℃）可降低毛管内折缺陷，改善GCr15轴承钢管内表面质量。

## 参　考　文　献

[1] 祝溪明. 滚动轴承材料热处理及其新技术应用研究[J]. 机械设计与制造，2012，(12)：220－221.

[2] 王萍. V－N微合金化钢的高温塑性变形行为研究[J]. 热加工工艺，2012，41(14)：32－36，39.

[3] 李文竹，马惠霞，黄磊，等. 高碳铬轴承钢网状组织遗传性及其危害[J]. 金属热处理，2012，37(8)：36－37.

[4] 付博，张少莹. GCr15钢管生产工艺要点与理论分析[J]. 科学实践，2013，(25)：316－317.