

# 滑轨用连退钢带 HG400 产品研发及工艺优化

杨源远<sup>1</sup>, 刘毅<sup>2</sup>, 刘野<sup>2</sup>, 魏晓东<sup>2</sup>

1. 内蒙古包钢钢联股份有限公司技术中心, 内蒙古 包头 014010;
2. 内蒙古包钢稀土钢板材有限责任公司, 内蒙古 包头 014010)

**摘要:** 根据滑轨用连退钢带 HG400 产品的技术要求进行成分体系设计, 确定钢带热轧控轧、酸轧以及连续退火工艺参数, 采用工业生产线生产的滑轨用连退钢带 HG400 产品力学性能满足技术要求, 产品断后伸长率为 21% ~ 26%。针对滑轨用连退钢带 HG400 产品断后伸长率偏低的问题开展连续退火生产工艺优化研究, 对连续退火温度及平整机延伸率进行了调整。退火工艺优化后的 HG400 连退钢带产品断后伸长率可稳定控制在 31% 左右。目前滑轨用连退钢带 HG400 产品稳定生产并广泛应用。

**关键词:** 汽车钢; 滑轨; 伸长率; 显微组织

中图分类号: TG142.14

文献标识码: B

文章编号: 1009-5438(2022)05-0043-04

## Product Research and Development and Process Optimization of Continuous Annealing Steel Strip HG400 for Slide Rail

Yang Yuan-yuan<sup>1</sup>, Liu Yi<sup>2</sup>, Liu Ye<sup>2</sup>, Wei Xiao-dong<sup>2</sup>

1. Technical Center of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou 014010, Inner Mongolia Autonomous Region, China;
2. Inner Mongolia Baotou Steel Rare Earth Steel Plate Co., Ltd., Baotou 014010, Inner Mongolia Autonomous Region, China)

**Abstract:** The process parameters of hot rolling and controlled rolling, pickling-rolling and continuous annealing for steel strip are determined through the composition system design based on the technical requirements of continuous annealing steel strip HG400 for slide rail. The mechanical properties of the product produced with industrial production line could meet technical requirements and its elongation after fracture is 21% ~ 26%. The study on optimizing the production process of continuous annealing is carried out aiming at the problem that elongation after fracture is lower as well as continuous annealing temperature and elongation of temper mill are adjusted. After the optimization, elongation after fracture of product could be stably controlled at about 31%. At present, the product is produced stably and applied widely.

**Key words:** automobile steel; slide rail; elongation; microstructure

近些年随着汽车、家电等行业的迅速发展, 市场上对滑轨用钢的需求日益增加。滑轨用钢具有尺寸

精度高、承重能力强等特点<sup>[1]</sup>, 主要应用在机械、汽车、ATM 机柜等领域和产品。汽车座椅是用户关注

的重要汽车安全件<sup>[2-4]</sup>,汽车座椅用滑轨钢的力学性能和产品质量是衡量汽车座椅性能的关键。滑轨钢产品力学性能的好坏直接影响汽车座椅的安全性、舒适性和使用寿命。

随着汽车的舒适性和安全性能要求的逐渐增长,对于汽车座椅用滑轨钢的性能、尺寸精度及表面质量提出了更高的要求<sup>[5]</sup>。滑轨用连退钢带生产工艺流程较长且工艺较为复杂,包钢根据产品技术要求和用户需求设计并生产滑轨用连退钢带 HG400 产品,主要产品规格为厚度 0.7~2.5 mm,宽度 1 250~1 500 mm。针对产品断后伸长率指标进行生产工艺优化,调整后的产品性能稳定,满足用户需求,目前已经在市场上广泛应用。

## 1 试验材料及试验方案

### 1.1 HG400 产品技术要求

滑轨用连退钢带 HG400 产品的技术要求见表 1。

表 1 HG400 产品技术要求

$R_{eH}/\text{MPa}$	$R_m/\text{MPa}$	$A_{80}/\%$
$\geq 265$	400~510	$\geq 21$

### 1.2 产品化学成分设计

根据 HG400 产品的技术要求,设计产品的化学成分体系。考虑到 C 作为传统的强化元素,兼顾生产成本和工艺性能,C 元素设计范围为 0.17%~0.19%。具体成分设计如表 2 所示。

表 2 钢种设计成分(质量分数)

C	Si	Mn	P	S	$Al_i$	Ca	%
0.17~0.19	$\leq 0.04$	0.35~0.45	$\leq 0.018$	$\leq 0.005$	0.020~0.040	0.000 8~0.002 0	

### 1.3 生产工艺

#### 1.3.1 生产工艺流程

KR 脱硫→转炉炼钢→LF 精炼→板坯连铸→板

坯加热→传统热连轧工序→酸轧工序→连退工序。

#### 1.3.2 主要工艺参数

HG400 产品生产主要工艺参数见表 3。

表 3 主要工艺参数

厚度/mm	精轧终轧温度/ $^{\circ}\text{C}$	卷取温度/ $^{\circ}\text{C}$	加热、均热段出口温度/ $^{\circ}\text{C}$	缓冷段出口温度/ $^{\circ}\text{C}$	快冷段出口温度/ $^{\circ}\text{C}$	平整机延伸率/%
1.2	$860 \pm 15$	$670 \pm 15$	$705 \pm 10$	$610 \pm 10$	$380 \pm 10$	$1.8 \pm 0.1$

## 2 试验结果及分析

### 2.1 产品的显微组织

如图 1 所示,HG400 产品的显微组织主要由铁素体和少量珠光体组成,晶粒度为 11.0~11.5 级。铁素体晶粒等轴性较差,珠光体呈片状分布于晶界处。

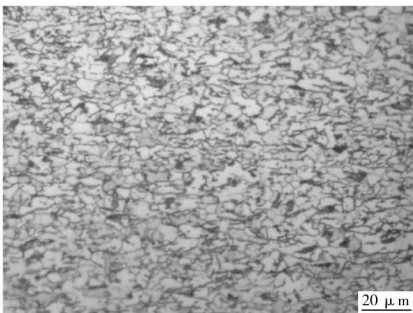


图 1 产品显微组织

### 2.2 产品力学性能

HG400 产品力学性能如表 4 所示,产品的屈服强度、抗拉强度和断后伸长率满足要求。

表 4 HG400 产品力学性能

编号	$R_{p0.2}/\text{MPa}$	$R_m/\text{MPa}$	$A_{80}/\%$
1	313	426	23.5
2	308	434	26.5
3	324	421	23.0
4	311	435	22.5

由表 4 可见,试验生产的 HG400 产品断后伸长率偏低,为保证后续用户使用过程的稳定性,对生产工艺进行优化调整。

### 3 退火工艺优化

#### 3.1 退火工艺优化方案

在生产厚度 1.2 mm HG400 钢带时,通过降低连续退火均热温度细化晶粒及降低平整机延伸率减

小加工硬化的方式提高 HG400 退火钢带断后伸长率。退火温度目标值由原来 705 ℃ 分别降低到 685 ℃ 和 670 ℃,对应的平整机延伸率由原来的 1.8% 分别降低到 1.4% 及 0.8%。具体调整后产品退火工艺见表 5。

表 5 HG400 连退工艺优化方案

工艺	加热段和均热段 出口温度/℃	缓冷段出口 温度/℃	快冷段出口 温度/℃	终冷段出口 温度/℃	平整机延伸率 /%
原工艺	705	610	380	≤150	1.8
工艺 1	685	610	380	≤150	1.4
工艺 2	670	610	380	≤150	0.8

#### 3.2 优化后产品显微组织分析

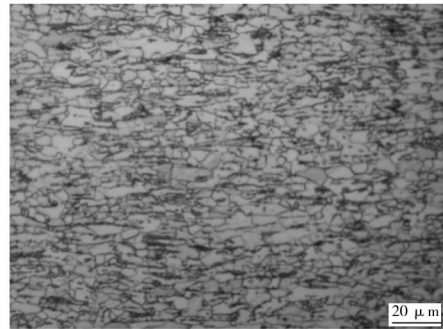
本次工艺优化后的 HG400 产品显微组织见图 2。

晶粒尺寸的大小是影响滑轨用钢产品力学性能的重要因素。利用分析软件对图 1(优化前)及图 2(优化后)的 HG400 显微组织、晶粒尺寸进行统计分析,结果见表 6、图 3、图 4。

晶粒尺寸的大小是影响滑轨用钢产品力学性能



(a) 工艺1



(b) 工艺2

图 2 优化后 HG400 产品显微组织

表 6 不同工艺下的 HG400 晶粒尺寸

退火工艺	统计晶粒数	平均晶粒尺寸/μm
优化前	214	7.31
优化后	218	6.53

由图 2、表 6 可见退火工艺优化前后 HG400 产品的显微组织均主要由铁素体和少量珠光体组成,晶粒度为 11.0 ~ 11.5 级。采用工艺 1 退火后产品的显微组织分布更加均匀,等轴铁素体组织比例增加,平均晶粒尺寸由 7.31 μm 下降到 6.53 μm。采用工艺 2 退火后产品的显微组织存在扁平形铁素体晶粒,晶粒等轴化较差,工艺 2 退火产品再结晶不完全。

由图 3、图 4 可见优化后晶粒尺寸主要分布范围由优化前的 3 ~ 15 μm 缩小到优化后的 3 ~ 12 μm,优化后产品显微组织分布更加均匀。

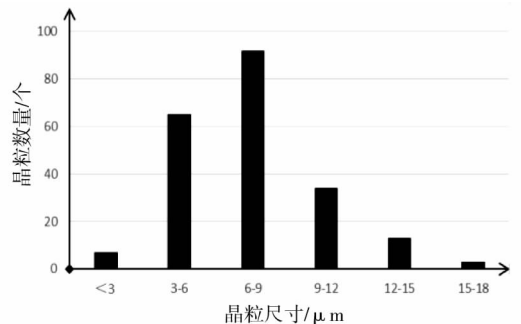


图 3 优化前 HG400 晶粒尺寸分布

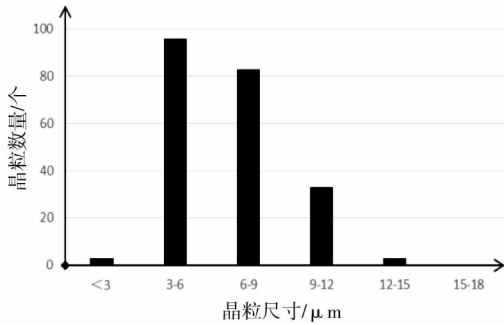


图 4 优化后 HG400 晶粒尺寸分布

### 3.3 优化后产品力学性能

优化后的产品力学性能见表 7。

表 7 HG400 工艺优化后产品性能

工艺	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	伸长率/%
工艺 1	323	431	31.5
工艺 2	327	436	28.0

由表 7 可见,工艺 1 产品屈服强度为 323 MPa,抗拉强度为 431 MPa,较优化前变化不明显,断后伸长率由优化前的 22.5%~26.5% 提高到 31.5%,产品断后伸长率提高明显,达到退火工艺优化目的。工艺 2 产品屈服强度为 327 MPa,抗拉强度为 436 MPa,较优化前变化不明显,断后伸长率由优化前的 22.5%~26.5% 提高到 28.0%,产品断后伸长率提高不明显。结合图 2 中的显微组织及晶粒尺寸分布情况,可以确定在现有成分体系下,工艺 1(即退火温度目标值为 685 ℃、对应的平整机延伸率为

1.4%)为最佳退火工艺。目前滑轨用连退钢带 HG400 产品已稳定生产并广泛应用。

## 4 结论

(1)以 C 元素设计范围为 0.17%~0.19%、Mn 元素设计范围为 0.35%~0.45% 的成分体系生产出的 HG400 产品的力学性能满足产品技术要求。

(2)HG400 连退钢带的显微组织主要由铁素体和少量珠光体组成,晶粒度为 11.0~11.5 级。

(3)针对原工艺产品断后伸长率普遍偏低的问题,通过调整退火工艺和平整机延伸率使 HG400 产品断后伸长率明显提高,现有成分体系下,退火温度目标值为 685 ℃、对应的平整延伸机率为 1.4% 的工艺为最佳退火工艺。

## 参 考 文 献

- [1] 熊涛涛,陈新城,陈江锋. 550 MPa 级冷轧滑轨用钢的开发[J]. 轧钢,2020,37(2):79-82.
- [2] 段承轶,刘朋成,李人杰,等. 家具家电用 400 MPa 级冷轧滑轨钢的研制[J]. 轧钢,2020,46(1):50-53.
- [3] 于宁,黄秋菊,王义栋,等. 大型冰箱用 500 MPa 级重型冷轧滑轨钢研究[J]. 鞍钢科技,2014,(3):19-22.
- [4] 刘晓春. 轿车座椅高强度钢板冲压滑轨的冲压工艺研究[D]. 长春:吉林大学,2014.
- [5] 张鑫杰,李佳,黄伟,等. 重型汽车座椅舒适性研究[J]. 汽车实用技术,2017,(19):45-48.

(上接第 26 页)

## 5 结束语

顶燃式热风炉燃烧器煤气入口塌砖后需及时对耐火内衬进行修复避免烧穿。顶燃式热风炉烟道抽力小,采用引风机抽风降温可以有效控制返热。热风炉燃烧器煤气支管内部可以设计 150 mm 喷涂层来替代砌砖,可以完全满足工艺需要。目前采用不定形耐火材料如喷涂、灌浆、浇筑等方式利用高炉短休风时间、热态下在线对管道内衬进行维护性恢复

是采用较多的方法。本文采用的喷涂修复方式可以最大限度地减小高炉因长期休风带来的损失,效果显著。

## 参 考 文 献

- [1] 李智辉,王永忠,石钢,等. 包钢 4 150 m<sup>3</sup> 高炉热风管系温度异常处理[J]. 包钢科技,2020,46(2):8-10.