



# 高强度高精度锚杆钢筋生产工艺优化

肖立军,王长生,徐玉强,马庆水,李俊芳  
(山东石横特钢集团有限公司 轧钢厂,山东 肥城 271612)

**摘要:**高强度高精度锚杆钢筋对尺寸精度和机械性能均提出了较高的要求。石横特钢首先通过控制轧制解决了冲击功差、机械性能不达标的问题;随后通过活套设计选型优化、控制程序优化、轧制工艺优化、轧辊加工标准改进和加热工艺优化等,解决了锚杆钢尺寸稳定性差的问题。成材率由92.62%提高到了97%,轧制速度由13 m/s提高到15 m/s。

**关键词:**锚杆钢筋;尺寸精度;机械性能;成材率

**中图分类号:**TC335.64

**文献标识码:**B

**文章编号:**1004-4620(2012)02-0026-02

## 1 前言

石横特钢2010年12月建成投产棒材生产线,年设计产量50万t,设计速度为4~18 m/s,产品规格为 $\phi 10 \sim \phi 32$  mm,主要品种为细晶粒螺纹钢、锚杆钢、精轧螺纹、链条钢等,共有20架超重载高刚度短应力线轧机。轧机组成为 $\Phi 690 \times 3 + \Phi 580 \times 3 + \Phi 450 \times 8 + \Phi 370 \times 6$ ,平立交替布置,其中第16、18、20架轧机为平立可转换式轧机。采用控轧控冷技术,16架轧机后设置1组两段式穿水管,20架轧机后设计1组5段式穿水管。主电机为交流变频电机。

2010年12月,石横特钢开始生产500 MPa以上级锚杆钢,共生产锚杆钢18 740.159 t,成材率只有92.62%,2011年5月份被迫停止锚杆钢生产。主要问题:1)尺寸宽度稳定性差,头部8~10 m尺寸超差,最大超差长度达到15 m;2)第1个倍尺和倒数第2个倍尺不超差,但比中间尺寸小;3)在尾部20~30 m处尺寸突然变小,低于标准要求;4)MG600采用控轧控冷工艺生产,表面产生轻微马氏体,无法满足客户对锚杆钢挤压成型的要求,挤压过程中表面开裂掉肉;5)MG500因塑性差出现矿井下断裂。

## 2 存在问题分析

### 2.1 锚杆钢筋技术要求

高强度高精度锚杆钢筋对尺寸精度和机械性能均提出了较高的要求。锚杆钢筋是精度要求较高的带横肋不带纵肋钢筋,具有螺纹钢和圆钢的双重特点,要求内径不圆度 $\geq 0.4$  mm,比国标(GB/T 702-2008)规定的圆钢最高精度(1组精度)的允许偏差窄1/3,还要轧有充满度良好的横肋,而高精度的内径和高充满度的横肋之间的孔型设计方向是

收稿日期:2012-01-04

作者简介:肖立军,男,1977年生,1999年毕业于沈阳大学金属压力加工专业;2007年毕业于辽宁科技大学材料科学与工程专业。现为山东石横特钢集团有限公司轧钢厂技术科科长,高级工程师,从事轧钢工艺技术工作。

相反的,锚杆钢尺寸控制难度非常大;高强度钢宽展大,且对综合机械性能要求较高,不但对强度有要求,而且要求良好的延伸率和冲击功。因此,对轧制提出了较高要求。表1、表2分别是高强度高精度锚杆钢筋成品尺寸技术要求和力学性能要求。

表1 不同规格锚杆钢筋成品尺寸技术要求 mm

| 项目     | $\phi 18$      | $\phi 20A$     | $\phi 20$      | $\phi 22D$     | $\phi 22A$     |
|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 内径公称尺寸 | 18.0 $\pm$ 0.2 | 19.5 $\pm$ 0.2 | 20.0 $\pm$ 0.2 | 22.3 $\pm$ 0.2 | 21.9 $\pm$ 0.2 |
| 横肋高    | 1.5 $\pm$ 0.4  | 1.0 $\pm$ 0.3  | 1.5 $\pm$ 0.4  | 0.8 $\pm$ 0.3  | 1.0 $\pm$ 0.3  |

表2 高强度锚杆钢筋力学性能要求

| 牌号    | R/MPa      | R <sub>m</sub> /MPa | A <sub>5</sub> /% | A <sub>k</sub> /J |
|-------|------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| MG500 | $\geq 520$ | $\geq 670$          | $\geq 20$         | $\geq 30$         |
| MG600 | $\geq 620$ | $\geq 800$          | $\geq 20$         | $\geq 30$         |

### 2.2 存在问题分析

1)尺寸不稳定原因:①活套设计时气缸选型偏小,不能迅速、稳定地将钢抬起,且造成钢在运行过程中上下浮动,无法稳住,拉钢导致头部尺寸大。②电气控制程序存在严重缺陷,无法满足高精度产品要求。收套程序存在问题,收套时,活套尾部套量下降,起套辊却仍处于最高抬起状态,造成拉钢,尾部套量下降呈现斜坡下降曲线,而非直角下降,该问题是造成尾部20~30 m尺寸突然变小的直接原因;成套过程漫长,导致轧件前半段处于拉钢状态;中间套量高度自动调整不灵敏;动态速降过大,轧机速度恢复时间长。③精轧轧辊加工精度达不到设计要求,尤其是辊径与辊身同轴度差,径跳值最差达到0.15 mm,导致尺寸周期性超差。④加热黑印严重,不能达到合同要求。

2)MG600采用控轧控冷工艺生产,表面产生轻微马氏体,主要是轧后穿水冷却强度过大。

3)MG500塑性差主要是开轧温度高,晶粒粗大。

## 3 优化改进措施

### 3.1 优化生产工艺

开轧温度由1 000~1050℃降到920~980℃,

精轧入口温度由1 050~1 100 ℃降到930~980 ℃, MG500冷床回火温度由1 080~1 130 ℃降到920~980 ℃, MG600冷床回火温度由730~770 ℃提高到800~850 ℃。工艺优化后,综合机械性能明显提高,冲击功由原来的32~40 J提高到60~90 J,显微组织明显改善,组织由网、块状铁素体+珠光体变为块状铁素体+珠光体,晶粒度由6~7.5级提高到9.5~10.5级,达到细晶粒钢标准要求。MG600无表面马氏体组织。工艺改进后未出现一起因性能原因造成的质量异议。图1是工艺改进前后 $\phi$ 22 mm规格MG500钢筋的金相组织。

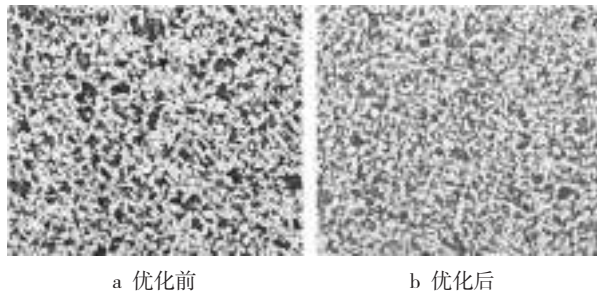


图1 工艺优化前后 $\phi$ 22 mm MG500钢筋金相组织 100 $\times$

### 3.2 优化电气控制程序

通过对传动硬特性调整,实现头部冲击速降在2%以内;通过优化活套收套程序,实现活套收套稳定,消除尾部20~30 m突然拉钢造成尺寸超差的现象;通过对活套程序优化,活套调整灵敏度提高,活套调整盲区由 $\pm$ 10 mm提高到 $\pm$ 5 mm,且调整速度和调整频率明显加快。

### 3.3 制订活套参数技术标准

1)活套高度调整和设定标准:当活套形状出现非弓形时,活套高度按每5~1 mm来逐步提高活套高度,当轧件出现上下浮动,活套辊限位螺栓顶住活套辊,活套辊处于控制活套稳定的边缘状态,此时把活套高度适当下调3~5 mm,活套高度为最佳高度,在扫描仪观察孔处观察轧件应该是水平的。

2)活套起套速度设定标准:首先用手动提速的办法确保起套完成后活套高度尽快达设定高度,正常状态下使用修正功能,起套完成后活套高度即达到设定高度。

3)1<sup>#</sup>~8<sup>#</sup>活套积分时间初步规定为:

1 300/1 300/1 300/1 300/2 000/1 800/2 000/2 500。

4)比例系数初步设定为:

2 200/2 200/2 200/2 200/2 200/2 400/2 500/3 000。

5)全部选用活套自学习功能。

### 3.4 其他改进措施

1)对轧辊加工提出明确的标准要求:锚杆钢K1~K3采用数控车床加工,辊身加工精度 $<$ 0.05 mm,辊颈跳动不超过辊身公差的50%。

2)2011年6月23日利用检修时间,将活套更换为大气缸,气缸缸体内径由150 mm改为180 mm,气缸进气口管径由 $\phi$ 15 mm更改为 $\phi$ 25 mm。

3)考虑到低开轧温度和低温精轧工艺对锚杆钢生产控制难度的增加,对轧制工艺进行优化:①改进轧制路线,由原来的两架精轧工艺改为4架精轧工艺。②K1采用改进后孔型。孔型深度增加,设计小辊缝,辊缝由原来的2.0 mm减少到1.5 mm;扩张弧角度由30°改为25°,以防止对角尺寸超差。③导卫改进。K1、K3由单排滚动导卫改为双排滚动导卫,K2采用单排滚动导卫,提高尺寸稳定性;优化导卫间隙,K1、K2进口插件间隙由7 mm改为4 mm;K3、K4进口插件间隙由9~10 mm改为5~6 mm。

4)加热工艺优化:为了消除黑印,采取二加热段比均热段温度高20~40 ℃的均热加热方法。

## 4 改进效果

采取一系列优化改进措施后,石横特钢高强度高精度锚杆钢筋综合机械性能和尺寸稳定性迅速提高,综合机械性能满足挤压成型要求,全长宽度波动稳定控制在0.25 mm以内,头部尺寸超差控制在3 m以内,尾部尺寸超差控制在0.4 m以内。

自2011年7月份开始,石横特钢锚杆钢成材率逐月提高,达到97%的较高水平,产品检测合格率达到100%;随着尺寸稳定性的提高,轧制速度由原来的13 m/s提高到15 m/s,机时产量、作业率大幅提升,生产批量也由原来的4 000 t提高到13 000 t,提高了产量质量和产品档次,增强了石横特钢高强度高精度锚杆钢筋的市场竞争力,创造了良好的经济效益。

## Production Technology Optimization of High Strength and High Precision Anchor Bar

XIAO Li-jun, WANG Chang-sheng, XU Yu-qiang, MA Qing-shui, LI Jun-fang

(The Rolling Mill of Shandong Shiheng Special Steel Group Co., Ltd., Feicheng 271612, China)

**Abstract:** High strength and high precision anchor bar raises high requirements for dimension precision and mechanical properties. First, Shiheng Special Steel solved the problems of poor absorbed-in-fracture energy and substandard mechanical properties by controlling rolling; and then solved poor dimension stability of the bar by the optimizations of looper design, control program, rolling process and heating process and the improvement of the roller processing standard. The rolling yield was increased to 97% from 92.62% and rolling speed was improved to 15 m/s from 13 m/s.

**Key words:** anchor bar; dimensional accuracy; mechanical property; rolling yield