

400 MPa级热轧碳素结构钢筋盘条的生产实践

孙万信,左茂方,任丽,于荣,何路

(张店钢铁总厂 科技处,山东 淄博 255007)

摘要:张钢采用控轧控冷技术生产400 MPa级热轧碳素结构钢筋盘条,控制轧制采用二阶段变形制度;轧制中间阶段的控制冷却采用设定精轧入口温度和减定径入口温度,轧后一次控制冷却采用设定吐丝温度,二次控制冷却采用开启前6台风机,开口度为85%,三次冷却采用空冷。产品组织为铁素体+珠光体,晶粒细小均匀,屈服强度448.6 MPa,抗拉强度650.8 MPa,伸长率29.5%,完全满足标准要求。

关键词:钢筋盘条;碳素结构钢;控轧控冷

中图分类号: TG335.15

文献标识码: B

文章编号: 1004-4620(2012)06-0020-02

1 前言

400 MPa级热轧碳素结构钢筋是目前乃至今后相当长的时期内国内建筑材料的主体,因而国内钢铁企业对400 MPa级热轧碳素结构钢筋的研究也在深入进行。如何进一步降低生产成本,减少合金料的消耗,减少能源消耗,提高钢材的综合性能是目前棒线材生产研究的主要方向。结构钢材的最新发展方向就是要求材料的强度、韧性和可焊接性能诸方面有比较好的匹配。控制轧制和控制冷却工艺正是能满足这种要求的一种比较合适的工艺。张钢采用控轧控冷技术生产细晶粒400 MPa级热轧碳素结构钢筋盘条,通过控制钢材在轧制过程中的温度变化和轧后冷却过程的工艺参数来实现。

2 设备和工艺

张钢高速线材生产线于2011年10月建成投产,两条生产线年产120万t线材,主要产品钢种有碳素结构钢、优质碳素结构钢、低合金高强度结构钢、焊条钢、冷镦钢、弹簧钢、钢丝及钢绞线等,主要产品规格为 $\phi 5 \sim \phi 22$ mm圆钢盘条和 $\phi 6 \sim \phi 14$ mm螺纹钢盘条。轧线共设置30架轧机,分粗轧、中轧、预精轧、精轧以及减定径机组5组布置。其中预精轧机组、精轧机组、减定径机组以及吐丝机由意大利达涅利公司提供,设备先进,性能可靠。预精轧机组、精轧机组和减定径机组后各设1组水箱,冷却水采用自动控制,每段最大温降可达150℃。吐丝后线圈采用散卷控制风冷工艺,风冷辊道共有22台风机,冷却速度可达0.3~17℃/s。连铸坯规格为150 mm×150 mm×12 000 mm。

生产400 MPa级热轧碳素结构钢筋盘条的主要

收稿日期:2012-05-07;修回日期:2012-11-06

作者简介:孙万信,男,1965年生,1988年毕业于东北大学金属材料及热处理专业。现为张店钢铁总厂科技处高级工程师,从事轧钢工艺管理及产品研发工作。

工艺流程为:转炉炼钢→炉外精炼→连铸方坯→高线轧制→控制冷却→性能检验→打包入库。

3 试生产情况

3.1 试制方案的确定

1)成分及性能。400 MPa级热轧碳素结构钢筋盘条执行钢筋混凝土用钢标准GB 1499.2—2007,该标准与1998版相比,对钢的化学成分中各元素仅规定了上限,对下限不做规定,并且放宽了对合金元素的要求,但对力学性能给出了要求,作为交货检验的最小保证值。采用加合金的方式生产HRB400钢筋盘条,成本较高。采用不加合金的方式以合适的工艺生产HRB400钢筋盘条使其强度满足要求是最为经济、成本最低的方式。因此决定不加合金元素,采用控轧控冷技术生产,利用细晶强化和位错强化使产品的最终性能有足够的强度和良好的韧性塑性配合。考虑到细晶粒产品可能存在时效情况,内控标准规定屈服强度 ≤ 415 MPa。

2)控制轧制。控制轧制采用二阶段变形制度:粗轧在奥氏体再结晶区轧制,通过反复变形及再结晶细化奥氏体晶粒;中轧及精轧在950℃以下轧制,在 γ 相的未再结晶区变形,累计变形量为60%~70%;在 A_3 附近终轧,可以得到具有大量变形带的奥氏体未再结晶晶粒,相变以后能得到细小的铁素体晶粒^[1]。

3)控制冷却。控制冷却包括轧制中间阶段的冷却和轧后冷却。轧制中间阶段的冷却采用的是设定精轧入口温度和减定径入口温度的方式,冷却水采用自动控制;轧后冷却的设置如下:一次冷却采用的是设定吐丝温度,冷却水采用自动控制,二次冷却采用的是开启前6台风机,开口度为85%,风冷辊道起始段速度设为0.8 m/s,三次冷却采用的空冷。对经轧制变形后未再结晶奥氏体进行控制冷却,能够有效细化相变铁素体晶粒,使金属强度提

高的同时不会降低塑性,比直接添加Nb、V等元素细化晶粒的作用更大。变形后未再结晶的奥氏体随着相变温度降低,晶粒内形成的形变带增多,从双晶界面形成的晶粒形核量就更多,从而促进晶粒的细化^[2]。

4)轧制工艺方案如下:钢坯出炉温度1 050 ℃,开轧温度980 ℃,精轧入口温度880~900 ℃,减定径入口温度860~880 ℃,吐丝温度760~780 ℃;水冷控制方式为自动控制;终轧速度95 m/s;风冷辊道

起始段速度0.8 m/s;风机风量1~6号开口度85%;保温罩全部打开。

3.2 试轧结果

2012年4月7日、8日张钢轧钢厂B线进行了试轧,轧制产品牌号HRB400,规格 ϕ 8 mm,共轧制13批,轧制产品的化学成分和力学性能检测均值见表1,力学性能完全满足标准要求。金相组织见图1,金相组织为铁素体(约60%)+珠光体(约40%),晶粒度10.5~11级,晶粒组织均匀。

表1 化学成分和力学性能检测结果

项目	化学成分/%						力学性能		
	C	Si	Mn	P	S	Ceq	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	伸长率/%
设计	0.21~0.25	0.3~0.5	1.2~1.3	≤0.045	≤0.045	≤0.54	≥415	≥540	≥16
实测	0.21~0.24	0.31~0.42	1.20~1.29	0.019~0.035	0.016~0.032	0.42~0.46	439~475	635~672	25~30
	0.23	0.38	1.26	0.02	0.023	0.44	453	653	28.3
标准要求	≤0.25	≤0.80	≤1.60	≤0.045	≤0.045	≤0.54	≥400	≥540	≥16

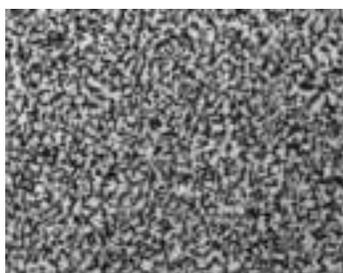


图1 HRB400钢筋盘条的金相组织 ×100

4 生产情况

400 MPa级热轧碳素结构钢筋盘条2012年4月份试轧成功,按照确定的轧制方案,从5月份开始进行大批量生产,5—10月份共生产25.6万t,经抽检屈服强度448.6 MPa,抗拉强度650.8 MPa,伸长率29.5%,力学性能完全能够达到内控标准的要求。

400 MPa级热轧碳素结构钢筋盘条要适当提高主要强化元素C、Mn的质量分数,在国标范围内按上限控制。C、Mn以间隙和置换形式存在于奥氏体和铁素体中,能增强位错抗力,提高屈服强度。提高C的质量分数可增加珠光体含量,有利于提高强度;提高Mn的质量分数,可增强固溶强化,同时Mn

可扩大奥氏体区域,使奥氏体在较低温度下分解,成核率高,长大速度慢,促进铁素体晶粒细化。

控轧控冷工艺是通过控制钢材在轧制过程的温度变化和轧后开冷温度、冷却速度、中冷温度等使轧件获得细小均匀的相变组织,从而得到强度和韧性塑性俱佳的产品。终轧温度愈低,奥氏体晶粒愈细化,铁素体晶粒也就愈细化,最终产品的强度就愈高。因此可以说要提高产品的强度,就要尽量降低终轧温度,特别是当终轧温度降到两相区轧制时,运用形变诱导铁素体相变,可以得到更多更细的铁素体,进一步提高最终产品的强度。

因此在不加合金的情况下,采用控轧控冷工艺低成本生产400 MPa级热轧碳素结构钢筋盘条是完全可行的,最终产品晶粒尺寸细小均匀,金相组织为细小铁素体+珠光体,没有出现异常组织,性能完全满足GB 1499.2—2007要求。

参考文献:

- [1] 王有铭,李曼云,韦光.钢材的控制轧制和控制冷却[M].北京:冶金工业出版社,2008.
- [2] 袁武华,周恒,傅强.控轧控冷工艺参数对B微合金化中碳钢组织的影响[J].特殊钢,2010,31(5):55-57.

Production Practice of 400 MPa Grade Hot Rolled Carbon Constructional Steel Rebar Coil

SUN Wanxin, ZUO Maofang, REN Li, YU Rong, HE Lu

(The Science and Technology of Zhangdian Iron and Steel General Plant, Zibo 255007, China)

Abstract: 400 MPa grade hot rolled carbon constructional steel rebar coil is produced by controlled rolling and controlled cooling technology in Zhangdian Steel and the controlled rolling is adopted two-stage deformation system. The controlled cooling in the intermediate stage of rolling makes use of setting finishing rolling entrance temperature and the reducing sizing entrance temperature, the first controlled cooling after rolling makes use of setting spiting wire temperature, second controlled cooling makes use of 6 first blast engines with 85% opening degree, third controlled cooling makes use of air. The microstructure of product is ferrite and pearlite with tiny and even crystal grain. The yield strength is 448.6 MPa, the tensile strength is 650.8 MPa and the elongation is 29.5%, fully satisfying the requirement of the national standard.

Key words: rebar coil; carbon constructional steel; controlled rolling and controlled cooling