

退火温度对加磷高强 IF 钢 210P1 组织及性能的影响

张 奇,王金超,白晓东

(内蒙古包钢稀土钢板材有限责任公司,内蒙古包头 014010)

摘 要:对加磷高强 IF 钢 210P1 的连续退火工艺进行了试验,采用光学显微镜、扫描电镜、万能拉伸试验机等分析手段,研究了不同退火温度对 210P1 冷轧钢带微观组织及力学性能的影响。结果表明,随着退火温度的升高,晶粒尺寸逐渐增大,未再结晶组织转变为再结晶组织,组织形态由长条状转变为等轴状。210P1 退火组织均为铁素体组织,晶界处存在少量 TiN 析出相,未发现 FeTiP 有害相,证实了连续退火工艺不会导致 FeTiP 相的析出。210P1 随着退火温度的提高,屈服强度与抗拉强度呈现降低趋势,伸长率、 n 值、 r 值呈现升高的趋势,特别是 780 °C 退火后, r 值明显提高。

关键词:加磷高强 IF 钢;连续退火;210P1;晶粒尺寸;析出相

中图分类号: TG156. 24

文献标识码: B

文章编号: 1009 - 5438(2022)02 - 0057 - 03

Effects of Annealing Temperature on Microstructure and Properties of Phosphorous High Strength Interstitial Free (IF) Steel 210P1

Zhang Qi, Wang Jin - chao, Bai Xiao - dong

(Inner Mongolia Baotou Steel Rare Earth Steel Plate Co., Ltd., Baotou 014010, Inner Mongolia Autonomous Region, China)

Abstract: The continuous annealing process of phosphorus high strength IF steel 210P1 is tested. The effects of different continuous annealing temperatures on the microstructure and mechanical properties of cold rolled strip 210P1 are investigated with such analysis methods as optical microscope, scanning electron microscope and universal tensile testing machine. The results showed that the grain size gradually increased, non - recrystallization microstructure transformed to recrystallized microstructure and form of microstructure changed from long strip to equiaxed shape with the increase of annealing temperature. The annealing microstructure of steel 210P1 was all ferrite and there was a small quantity of precipitated phase of TiN at grain boundary. The detrimental phase of FeTiP was not discovered so as to demonstrate the continuous annealing process could not cause the phase of FeTiP to be precipitated. The yield strength and tensile strength tended to decrease, elongation, n value and r value tended to increase as well as r value of steel 210P1 increased obviously especially after the annealing of 780 °C with the increase of annealing temperature.

Key words: phosphorus high strength IF steel; continuous annealing; 210P1; grain size; precipitated phase

汽车行业对材料的要求日益提高,汽车轻量化是产业未来发展的必由之路,降低车身重量的最好

办法是使用高强度钢板,加磷高强 IF 钢在超低碳无间隙原子钢的基础上通过添加 P、Mn、Si 等元素实

现强化效果,同时具有高强度与良好的成形性能^[1-2],符合汽车轻量化及使用安全化的理念。在加磷高强 IF 钢的生产过程中,退火是较为关键的工艺环节^[3],因此研究退火温度对提高其成形性能具有重要意义。本文重点分析了连续退火温度对高强 IF 钢 210P1 组织和性能的影响,为工业生产实践提供理论指导和参考依据。

1 试验工艺及检测

采用钛微合金化开展加磷高强 IF 钢 210P1 试

制研究,工艺流程为:转炉炼钢→RH 精炼→连铸→热轧→冷轧→退火→平整。试样化学成分如表 1 所示,钢带厚度为 0.7 mm,连续退火温度分别选取 680 ℃、730 ℃、780 ℃,具体退火工艺参数如表 2 所示。通过光学显微镜进行组织观察,利用扫描电镜及 EDS 能谱进行析出相分析,采用万能拉伸试验机进行力学性能检测,拉伸试样标距为 50 mm,试样宽度为 25 mm。

表 1 化学成分(质量分数)

C	Si	Mn	P	S	Al _T	Ti	N	O
≤0.008	≤0.10	≤0.5	≤0.06	≤0.008	0.02~0.07	≤0.07	≤0.005	≤0.004

表 2 退火工艺参数

试样编号	加热温度 /℃	均热温度 /℃	炉区速度 /min	平整机延伸率 /%
1#	680	680	150	0.7
2#	730	730	150	0.7
3#	780	780	150	0.7

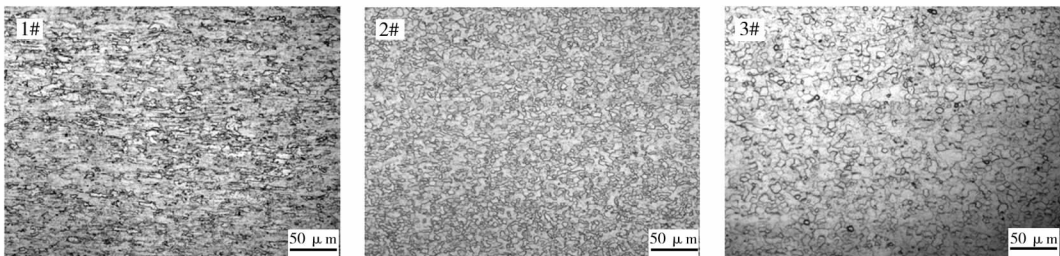
2 试验结果与分析

2.1 金相组织

图 1 为不同退火温度下 210P1 金相组织,1#、2#、3# 试样退火温度分别为 680 ℃、730 ℃、780 ℃,微观组织为铁素体组织。经过晶粒度检测,1# 试样晶粒度为 11 级,2# 试样晶粒度为 10.5 级,3# 试样晶粒度为 9.0 级,1# 和 2# 试样晶粒较 3# 试样晶粒明显细小。从组织照片中看出,680 ℃ 和 730 ℃ 退火时,晶粒长大不够充分,组织未实现完全再结晶,特别是 680 ℃ 退火部分晶粒呈长条状,780 ℃ 退火后晶粒全

部转变为等轴状。随着退火温度的提高,晶粒尺寸增大的主要原因为再结晶的形核和长大,晶粒长大是通过晶界迁移来实现的,迁移过程实际是原子扩散的过程。退火温度较低时,形核长大激活能不足,变形晶粒无法完全回复再结晶,部分长大不充分,晶粒尺寸分布不均;当退火温度较高时,变形晶粒形核长大激活能较高,晶粒长大的速度加快,晶粒分布均匀。

210P1 高强 IF 钢加入较多合金元素,加入合金元素对组织回复再结晶具有显著的延迟效果,主要有两方面原因:一方面,固溶元素如 Mn、P 元素容易偏聚在晶界,引起溶质原子的拖拽作用,抑制晶界的迁移;另一方面,合金元素的碳氮化物在晶界沉淀,沉淀物对晶界具有钉扎作用,从而抑制晶界的迁移。通过不同冷轧连续退火温度试验发现,210P1 需要通过较高的退火温度实现组织完全再结晶,对比 680 ℃、730 ℃、780 ℃ 退火组织,780 ℃ 退火可以实现完全再结晶,晶粒长大较为均匀。



(a) 退火温度 680 ℃

(b) 退火温度 730 ℃

(c) 退火温度 780 ℃

图 1 不同退火温度下 210P1 微观组织

2.2 析出相

对退火试样进行扫描电镜检测,观察是否存在析出相。扫描电镜及能谱分析如图2所示,微观组

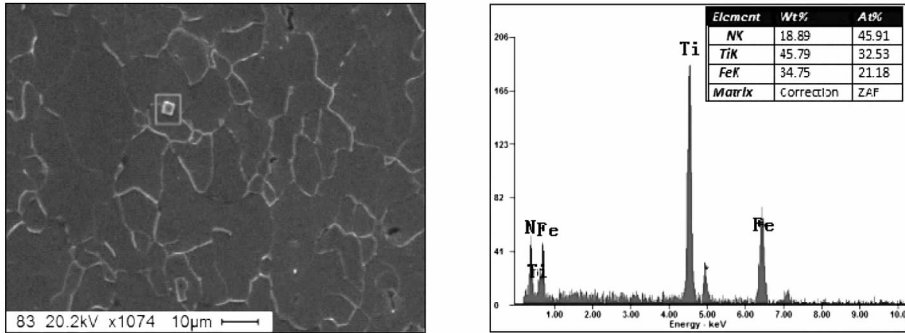


图2 210P1扫描电镜及能谱分析

研究认为TiN在钢的冶炼和连铸过程便已形成(温度大于1300℃),TiN稳定性高,在板坯加热及随后的轧制与连续退火过程均不溶解。当温度在700~800℃保温时将析出FeTiP相(FeTiP相不是具有严格化学计数的化合物,其原子比接近1:1:1),若P元素以FeTiP析出,则减少了固溶P元素量,固溶强化作用也因此减弱,钢的强度和性能也会相应地降低,而且FeTiP相的析出会阻碍再结晶过程的进行,对钢板的r值和深冲性能不利^[4]。本次试验温度均大于660℃,但扫描电镜检测未发现FeTiP相,主要因为Fe、Ti原子会在极短时间内形成团簇,

织为铁素体,晶界处存在微量TiN析出相,未发现FeTiP析出相,说明P元素很好地固溶于基体中。

而P原子扩散速度慢,需要更长的时间以形成FeTiP,在温度高、时间短的连续退火过程中P原子来不及扩散,显著抑制了冷却过程中磷化物的析出^[5-6]。

2.3 力学性能

退火温度为680℃、730℃、780℃时,钢带的力学性能如表3所示。随着退火温度的提高,屈服强度与抗拉强度呈现降低趋势;随着退火温度的提高,延伸率、n值、r值呈现升高的趋势,特别是780℃退火后r值明显提高。

表3 退火后钢带力学性能对比

试验编号	厚度/mm	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	屈强比	延伸率/%	n值	r值
1#	0.7	283	435	0.65	38.5	0.20	1.75
2#	0.7	272	432	0.63	39.0	0.21	1.75
3#	0.7	245	413	0.59	40.0	0.21	2.30

相比680℃和730℃退火,780℃退火后力学性能最优,这与组织再结晶程度有关,680℃与730℃退火,晶粒均未发生完全再结晶,加工硬化、内应力未完全消除,因此表现为强度相对高,韧性差。780℃退火后,晶粒发生完全再结晶,晶粒长大充分,且合金元素固溶效果良好,加工硬化及内应力完全消除,因此强度适中,屈强比低,塑性韧性明显提高,有利于产品冲压大变形零件。随着退火温度的升高,析出相在再结晶退火中对晶粒长大的钉扎作用减小,平行于{111}晶面的晶粒得到充分长大,

可以获得较高的n值、r值^[7-8]。

3 结论

(1)随着退火温度的升高,210P1晶粒尺寸随之增大,未再结晶组织转变为再结晶组织,组织形态由长条状转变为等轴状。

(2)210P1微观组织为铁素体,晶界处存在微量TiN析出相,TiN稳定性高,随后的连续退火过程均不溶解。

(下转第77页)

4.4 泵体不排油的处理

泵体不排油主要有以下三种情况导致:①泵体吸油故障,检查液压系统管路密封是否良好,有无漏点;检查液位及吸油管路、滤油器等是否堵塞;检查油液是否变质、油温是否在规定范围内、泵体内部是否混入空气。②泵体驱动轴不转,首先检查泵轴与驱动电机的连接情况,再检查泵体内各部件之间的配合情况,检查柱塞球头是否完好,检查驱动电路和控制器的连接情况,检查并清理泵体吸油腔及排油腔。③泵体驱动轴反转,检查驱动电机的接线情况及液压泵驱动轴连接情况,杜绝线路反接及安装错误。最后,可适当提高泵轴转速。

5 结束语

综上所述,轴向柱塞泵的故障多种多样,泵体过热、密封不良、油液污染、噪音、流量不足、零部件磨损等问题,这些都制约着产线及设备的正常运转。本文所讲述的故障诊断方法,可快速有效地找到问题原因,因地制宜地解决轴向柱塞泵的各种故障,减少轴向柱塞泵及液压系统导致的停机时间,提高产

线的轧制节奏及设备使用寿命,为机组降低事故率,为产线稳产高产提供技术支持。此外,每天的设备巡检及定期的维护与保养,是轴向柱塞泵稳定运行的前提,要贯彻“早发现,早治疗”的设备维检原则,将故障隐患遏制在初始阶段,为轴向柱塞泵及其液压系统的稳定运行提供保障,延长液压系统使用周期及设备使用寿命。

参 考 文 献

- [1] 杨秀荣. 液压泵常见故障分析及排除方法[J]. 电子测试, 2013, (8): 149 - 150.
- [2] 朱振华, 苏勋家, 侯根良, 等. 轴向柱塞液压泵常见故障诊断与处理方法[J]. 液压气动与密封, 2010, 30(10): 5 - 7.
- [3] 杨孟庚. 液压泵常见故障的诊断与监测[J]. 中国高新技术企业, 2012, (17): 100 - 102.
- [4] 刘忠, 杨国平. 工程机械液压传动原理、故障诊断与排除[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.

(上接第 59 页)

(3) 连续退火工艺未导致 FeTiP 相的析出, 主要原因为 P 原子扩散速度慢, 连续退火过程中 P 原子来不及扩散, 显著抑制了冷却过程中磷化物的析出。

(4) 随着退火温度的提高, 屈服强度与抗拉强度呈现降低趋势, 延伸率、n 值、r 值呈现升高的趋势, 780 °C 退火时 r 值明显提高。

参 考 文 献

- [1] 夏明生, 李桂兰, 张洪波, 等. 冷轧退火含磷高强 IF 钢的组织性能[J]. 钢铁研究学报, 2015, 27(12): 54 - 57.
- [2] 杨娜, 崔岩, 胡劲. 高强度 IF 钢的研究进展[J]. 物理测试, 2009, 27(3): 1 - 5.
- [3] 尹红国, 刘庆春, 郑之旺. 退火方式对 390 MPa 级高强 IF 钢组织及性能的影响[J]. 轧钢, 2013, 30(4): 8 - 11.
- [4] 王亚飞. B250P 含碳高强钢热变形行为及鹤

体区热轧工艺研究[D]. 沈阳: 东北大学, 2014.

- [5] Ghosh P, Ray R K, Bharracharya B. Pricipitation and Texture Formation in Two Cold Rolled and Batch Annealed Interstitial - Free High Strength Steels[J]. Scripta Materialia, 2006, 55(3): 271 - 274.
- [6] Yasuhara Eiko, Sakata Kei, Furukimi Osamu. Effect of Boron on Planar Anisotropy of r - Value in Extra - Low - C Steel Sheet[J]. Tetsu to Hagane, 1999, 85(4): 346 - 351.
- [7] 蒋光炜, 王春柳, 曹宇, 等. 连续退火工艺对 B250P 钢组织性能的影响[J]. 东北大学学报, 2014, 35(10): 1408 - 1412.
- [8] 张功庭. 退火温度对高强 IF 钢平面各向异性的影响[J]. 金属热处理, 2012, 37(11): 87 - 90.