包钢340 MPa级别高强IF钢镀锌板研制*

王金超[1], 惠 鑫[2]

(1. 内蒙古包钢金属制造有限责任公司, 内蒙古 包头 014010;
2. 内蒙古包钢钢联股份有限公司技术中心, 内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章介绍了包钢340 MPa级别高强IF钢镀锌汽车板研制过程, 通过化学成分设计、热轧工艺、镀锌退火工艺制定, 成功开发出340 MPa级别高强IF钢镀锌板, 产品 r 值达到1.5以上, 用户试模成功后, 目前该产品已批量供货。

关键词: 高强IF; 镀锌; 力学性能; 研制开发
中图分类号: TG335.5 **文献标识码**: B **文章编号**: 1009-5438(2020)05-0047-04
DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2020.05.015

Development for 340 MPa Grade High Strength Galvanized Plate with IF Steel of Baotou Steel

Wang Jin-chao[1], *Hui Xin*[2]

(1. *Inner Mongolia Baotou Steel Metal Manufacturing Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*;
2. *Technical Center of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In this paper, it is introduced the development process for 340 MPa grade high strength galvanized auto steel sheet with IF steel of Baotou Steel. It is successfully developed through chemical composition design, formulating hot rolling and galvannealing processes as well as the r value for products reaches over 1.5. After the successful test mold by user, the product has been with supply mass at present.

Key words: high strength IF; galvanized; mechanical property; research and development

随着国内外各大汽车制造商对汽车用钢需求发生了重大转变, 各大汽车制造厂商逐步采用高强度、高成型、防腐蚀材料代替成型性能好的冲压钢作为汽车零件使用。高强IF钢镀锌板具有良好的成型性能和高强度, 可满足汽车厂一些复杂的拉延加工。我国北方寒冷地区, 采用融雪盐除冰, 当汽车行驶时, 盐分会飞溅到汽车部分部件, 采用镀锌板又恰恰能抵抗腐蚀。这一系列综合性能的表现, 开发高强IF钢镀锌板变得势在必行。本文主要阐述了包钢340 MPa级别高强IF钢镀锌板的研制。

1 成分设计思路

高强IF钢的合金成分设计思路是[1]: 通过冶炼和RH处理使钢中C、N、S等杂质元素含量降至最低水平以保证钢质纯净, 通过Ti或Nb处理固定钢种C、N间隙原子以保证其成形性; 同时适当增加置

* **收稿日期**: 2020-07-10
作者简介: 王金超(1992-), 男, 内蒙古包头市人, 助理工程师, 现主要从事产品开发等工作。

中国知网 https://www.cnki.net

换型固溶原子P、Mn、Si的含量，通过固溶强化来保证强度。

P在IF钢中作为置换固溶元素对强度贡献较大，且相对于其他合金元素价格低廉，对于340 MPa以下的高强IF钢，单独添加P元素就可以满足强度要求。结合国内市场以及包钢设备特点，本文设计了Ti+P和Ti+Nb+P两种成分体系的高强IF钢，通过对比不同成分体系下产品性能，最终确定适合包钢的成分和工艺。

2 高强IF钢的试制

2.1 工艺流程

铁水预处理→转炉→RH真空处理→板坯连铸→加热→连轧成材→控制冷却→卷取(原料)→酸洗、冷连轧→连续退火→热镀锌→镀后冷却→光整机→矫直机→(辊涂机)→钝化涂油→卷取→成品检验→包装出库。

2.2 化学成分设计

为了最大程度地提高钢板的强度，同时避免P的加入所引起地脆性，P元素的加入量应控制在0.1%以下[2-3]。

C、N是对深冲性能危害最大的元素，所以在允许范围内应尽可能降低其含量，保证C、N含量控制在0.005%以下[4-5]。

S在高强IF钢中是有害元素，应严格控制在<0.01%[6]。

由于Mn、Si加入使高强IF钢在提高强度的同时，深冲性能下降严重[7]，因此，Mn、Si含量控制在IF钢相同的水平。

Al是冶金工业中重要的脱氧剂，应加入一定量的Al以保证钢中有一定量的酸溶铝。

本实验添加Ti和Nb元素消除钢中间隙固溶的C、N原子。参照国标GB/T 2518—2018[8]，本试验所设计的钢板为Ti+P和Ti+Nb+P高强IF钢，同时根据包钢现有冶炼水平，试验钢化学成分设计如表1所示。

表1 化学成分设计(质量分数) %

试验钢标号	成分体系	C	Si	Mn	P	S	Al_s	Ti	Nb
1#、2#、3#	Ti+P	≤0.003 0	≤0.10	≤0.80	≤0.065	≤0.015	≤0.060	≤0.060	
4#、5#、6#	Ti+Nb+P	≤0.002 8	≤0.10	≤0.55	≤0.060	≤0.015	≤0.050	≤0.045	≤0.035
GB/T 2518—2018[8]		≤0.010 0	≤0.10	≤0.90	≤0.080	≤0.025	≤0.020	≤0.120	

2.3 热轧工艺

热轧工艺制度对产品的最终性能有较大的影响，高强IF钢通常采用低温加热、高温终轧和高温卷取等工艺。低温加热主要是控制钢中的第二相粒子，得到粗大的碳氮化合物的析出物；根据铁碳相图可知，IF钢在单相奥氏体区轧制，终轧温度的选择略高于A_{r_3}。热轧带钢终轧后立刻快速冷却，这样可阻止晶粒长大，细化热轧晶粒，获得均匀的F晶粒，提升成品的r平均值。对于所有IF钢，高温卷取有利于碳氮化物的析出和长大，降低连续退火再结晶温度，提高r值。通过提高出炉温度、增加粗轧末道次温度、精轧开轧温度、穿带速度的稳定性及层流冷却水量大小。结合原理分析并根据包钢现有热轧水平，制定的热轧工艺结合原理分析并根据包钢现有热轧水平，制定的高强炉钢热轧工艺控制制度如表2所示，通过降低出炉温度，增加粗轧末道次温度和精轧开轧温度，稳定穿带速度和层流冷却水量。

表2 热轧工艺控制制度 ℃

名称	板坯出炉温度	终轧温度	卷取温度
高强IF钢	≥1 220	≥900	≥650

2.4 冷轧及镀锌工艺

冷轧工序采用包钢最先进的五连轧酸轧机组，合理的压下率控制可增加有利织构取向密度，从而提高r值。根据包钢先前成功开发冷轧汽车用加磷高强IF钢酸轧压下率控制的经验，结合产线实际情况和钢种特点，压下率控制应不低于70%。退火温度是影响高强度钢板组织再结晶形成的关键因素。在退火过程中要完成铁素体再结晶及晶粒长大，退火工艺的制定直接影响产品强度和冲压性能。实验室研究数据表明[8]，随着退火温度升高，高强IF钢的力学性能稳定性增加。随着投入平整量加大，屈服强度迅速增加，n值和延伸率下降，而抗拉强度变化不大。但过高的退火温度也会造成钢板表面氧

中国知网 https://www.cnki.net

化，直接影响锌层附着力。本试验设计了不同的加热温度和光整延伸率进行对比验证。试验钢镀锌工艺设计如表 3 所示。

表 3　实验钢镀锌工艺设计

实验钢标号	成分体系	加热温度/℃	光整延伸率/%
1#	Ti + P	820	0.8
2#	Ti + P	820	1.0
3#	Ti + P	810	0.8
4#	Ti + Nb + P	820	0.8
5#	Ti + Nb + P	820	1.0
6#	Ti + Nb + P	810	0.8

3　成品性能检验情况

3.1　试验钢力学性能情况

试验钢成品力学性能情况见表 4 所示。检测结果表明，相同工艺条件下试验钢采用 Ti + Nb + P 成分体系较 Ti + P 成分体系，屈服强度略有提高，抗拉强度无明显变化，延伸率、r_{90}、n_{90} 略有下降；增加试验钢退火温度和降低光整延伸率都会使强度降低，产品延伸率提高。从力学性能检验结果看，两种成分体系高强 IF 钢产品抗拉强度达到了 370 MPa 以上，r 值均大于 1.85。

表 4　试验钢成品力学性能情况

试验钢标号	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	伸长率/%	r_{90}	n_{90}
GB/5 2518—2018[8]	220 ~ 280	340 ~ 410	≥32	≥1.5	≥0.17
1#	240	377	38.0	2.0	0.21
2#	248	384	37.5	2.0	0.21
3#	243	381	34.5	2.0	0.20
4#	248	389	35.0	1.90	0.20
5#	274	391	35.5	1.85	0.20
6#	256	384	37.0	2.10	0.20

从试验结果看 Ti + P 成分体系试验钢 2#，Ti + Nb + P 成分体系试验钢 6#，是符合包钢最优的镀锌工艺。

3.2　试验钢产品金相检验结果

试验钢 Ti + P 系金相检验结果见图 1，试验钢 Ti + Nb + P 系金相检验结果见图 2。金相组织显示为铁素体，从图中可以看出晶粒相对比较均匀，组织晶粒度评级为 10 级。

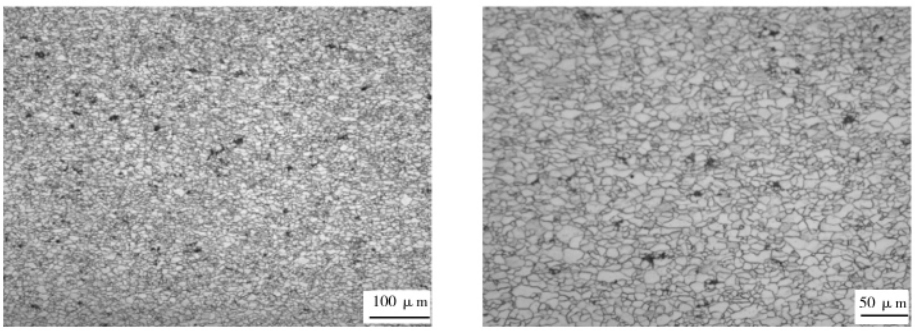


图 1　Ti + P 系显微组织图

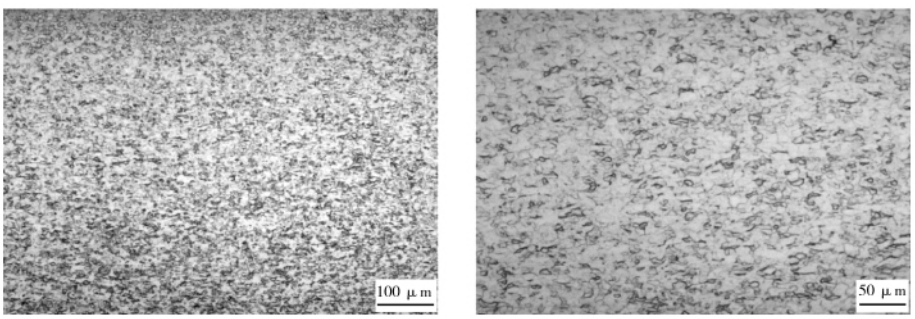


图 2　Ti + Nb + P 系显微组织图

中国知网　https://www.cnki.net

4 应用情况

产品通过拉延、冲孔、折弯、翻边、四序冲压成形。冲压1 700件全部合格，说明包钢开发的340 MPa级别高强IF钢镀锌板完全满足用户的使用要求。

5 结论

(1) 试验钢采用低温加热、高温终轧和高温卷取，能够获得均匀F晶粒，使碳氮化物充分析出和长大，提高成形性能。

(2) 试验钢的冷轧压下率应大于70%，增加有利织构取向密度从而提高r值。退火温度升高，力学性能稳定性增加，试验钢的综合成形性能在退火温度为810～820 ℃时最好，屈服强度符合220～280 MPa，抗拉强度符合340～410 MPa，断后伸长率达到35%以上，n值达到0.20以上，r值达到1.5以上。

(3) 试验钢通过拉延、冲孔、折弯、翻边、四序冲压，成形性能良好，满足用户使用要求。

参 考 文 献

[1] 王先进，王作成，唐狄，等. 成分及工艺对加磷高强IF钢成形性能的影响[J]. 钢铁，1993，28(3)：33－68.

[2] 吴承建，汤晓丽. 铈、钼和磷在钢中的晶界偏聚行为与高温回火脆性[J]. 钢铁，1991，26(12)：31－35.

[3] 赵品. 材料科学基础(第二版)[M]. 哈尔滨：哈尔滨工业大学出版社，2003.

[4] 郭小龙，郑之旺，孙力军. 超深冲IF钢的生产技术与发展概况[J]. 上海金属，2008，30(1)：39－43.

[5] 张鹏，汪凌云，任正德. 微合金化超深冲—无间隙原子(IF)钢生产技术的进展[J]. 特殊钢，2005，26(2)，1－5.

[6] Hiroshi Tskechi. Metallargical A spects on Interstitial Free Sheet Steel[J]. ISIJ International，1994，34(1)：1－8.

[7] 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.

[8] GB/T 2518—2018，连续镀锌和锌合金镀层钢板及钢带[S].

[9] 程国平，袁明生，张红. 连续热镀锌工艺对IF钢力学性能影响[J]. 宝钢技术，2001，(2)：9－13.

(上接第37页)

(2) 采用压制成型制备透水砖的最优配料方案为82%尾矿＋10%石硝＋8%凝胶材料，采用挤出成型工艺制备透水砖的最优配料方案为75%尾矿＋15%石硝＋15%凝胶材料，外配10%高分子聚合物。

参 考 文 献

[1] 唐亮. 会呼吸的砖—透水砖的发展现状和发展趋势[J]. 住宅产业，2010，(9)：23－24.

[2] 赵业兵，张新朋，吴楠，等. 环保免烧结煤矸石透水砖的制备方法及其透水性能[J]. 硅酸盐通报，2014，33(12)：3255－3261.

[3] 何定举，王世槐，高亚雄，等. 基于海绵城市理念的透水性城市道路路面应用研究[J]. 山西建筑，2015，41(17)：112－113.

[4] GB 5085.3—2007，危险废物鉴别标准浸出毒性鉴别[S].

[5] GB 8978—1996，污水综合排放标准[S].

[6] JC 446—2000. 混凝土路面砖标准[S].

[7] GB/T 25993—2010. 透水路面砖和透水路面板标准[S].

中国知网 https://www.cnki.net