

汽车结构用590 MPa级低合金高强度钢热镀锌生产工艺

Hot Dip Galvanizing Annealing Process of 590 MPa Grade Low-alloyed High Strength Steel for Automobile Structural Part

供稿|付东贺 / FU Dong-he

内容导读

为满足汽车轻量化要求,利用Nb、Ti微合金化元素的细晶强化和析出强化机理,开发研制抗拉强度590 MPa级的汽车结构用低合金高强度钢板。研究表明:不同退火温度和热镀锌带钢速度晶粒度差别不大,因而引起钢的力学性能差别的不是晶粒度而是由于随着退火温度的升高Nb的析出物粗化或者溶解减弱了沉淀强化效果。810℃退火时,热镀锌带钢速度控制在75~95 m/min,带状组织不明显,钢板力学性能良好,成形性能良好。热镀锌生产工艺参数的合理控制可得到良好的力学性能和成形性能。

随着人们对汽车减震节能和车身安全性更加重视,国外的中、高档轿车高强度热镀锌钢的应用比例已超过50%,我国汽车用中高档轿车使用高强度钢板的比例也越来越高。590 MPa级低合金高强度钢强度级别较高,力学性能指标能够满足大部分汽车零件的使用要求,而且热镀锌机组生产工艺成本较低,研发出590 MPa级低合金高强度钢,对于生产厂和汽车厂降低成本是双赢的。表1为成品力学性能指标要求。

表1 力学性能要求

屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	断后伸长率/%
420~560	≥590	≥18

试验钢的化学成分

590 MPa级低合金高强钢采用Nb、Ti细化晶

粒,合理设定轧制工艺参数、热镀锌退火温度,形成Nb、Ti第二相粒子的析出沉淀,配合C、Mn等元素的固溶作用,经相变过程提高强度,得到均匀细小的晶粒组织^[1-2],保证高屈服强度和良好的成形性能。试验钢的化学成分见表2。

表2 试验钢的化学成分(质量分数, %)

C	Mn	Si	Als	P	S	Nb	Ti
0.10	1.5	0.2	0.05	≤0.015	≤0.015	≤0.09	≤0.15

热镀锌退火工艺试验

试验方案

通过对590 MPa级低合金高强钢再结晶温度的研究,设定830、810和790℃三种热镀锌退火温度及75和95 m/min两种不同的热镀锌带钢速度在热镀锌机组

作者单位:本钢板材技术研究院,辽宁 本溪 117000

进行生产试验。

试验钢力学性能对比

表3为不同退火温度和带钢速度与材料力学性能之间的关系。表3数据表明，在同一退火温度下，钢板强度随热镀锌带钢速度升高而升高。退火温度830℃时，钢板强度低于590 MPa；退火温度810℃时，钢板力学性能良好。退火温度790℃时，钢板屈服强度高于500 MPa，不利于冲压成形使用。因此合适的退火温度为810℃，热镀锌带钢速度75至95 m/min为热镀锌合理的带钢速度。

表3 不同退火工艺试样的力学性能

编号	退火温度/ ℃	带钢速度/ (m/min)	屈服强度/ MPa	抗拉强度/ MPa	延伸率/ %
1	830	95	424	586	25.0
2	830	75	404	567	27.5
3	810	95	445	615	22.5
4	810	75	429	618	25.5
5	790	95	614	694	16.0
6	790	75	508	653	19.0

试验钢组织对比

表4为不同退火温度和热镀锌带钢速度下试验钢

的金相显微组织和晶粒度，590 MPa级低合金高强钢的显微组织构成为铁素体+珠光体的混合组织。6个试样晶粒度差别不大，此结果是因为带钢退火温度和带钢速度的差别较小，说明晶粒大小对力学性能的差别影响不大。因此屈服强度的变化和晶粒大小关系不大。文献^[3-4]表明，屈服强度的变化是由于随着退火温度的升高，Nb的析出物粗化或者溶解，减弱了沉淀强化效果。

表4 试验钢金相显微组织和晶粒度

试样编号	显微组织	晶粒度(级)
1	F+P	I-II 12.0
2	F+P	I-II 12.2
3	F+P	I-II 12.2
4	F+P	I-II 12.1
5	F+P	I-II 12.3
6	F+P	I-II 12.2

图1为不同退火温度和速度下显微组织。830℃退火时带状组织最严重，810℃和790℃退火时带状组织不明显。由于退火温度降低，C原子和Mn原子的扩散能力减弱，C原子在试样中心部位的偏聚减少，带状组织不明显，这对钢板的使用性能有利^[5]。

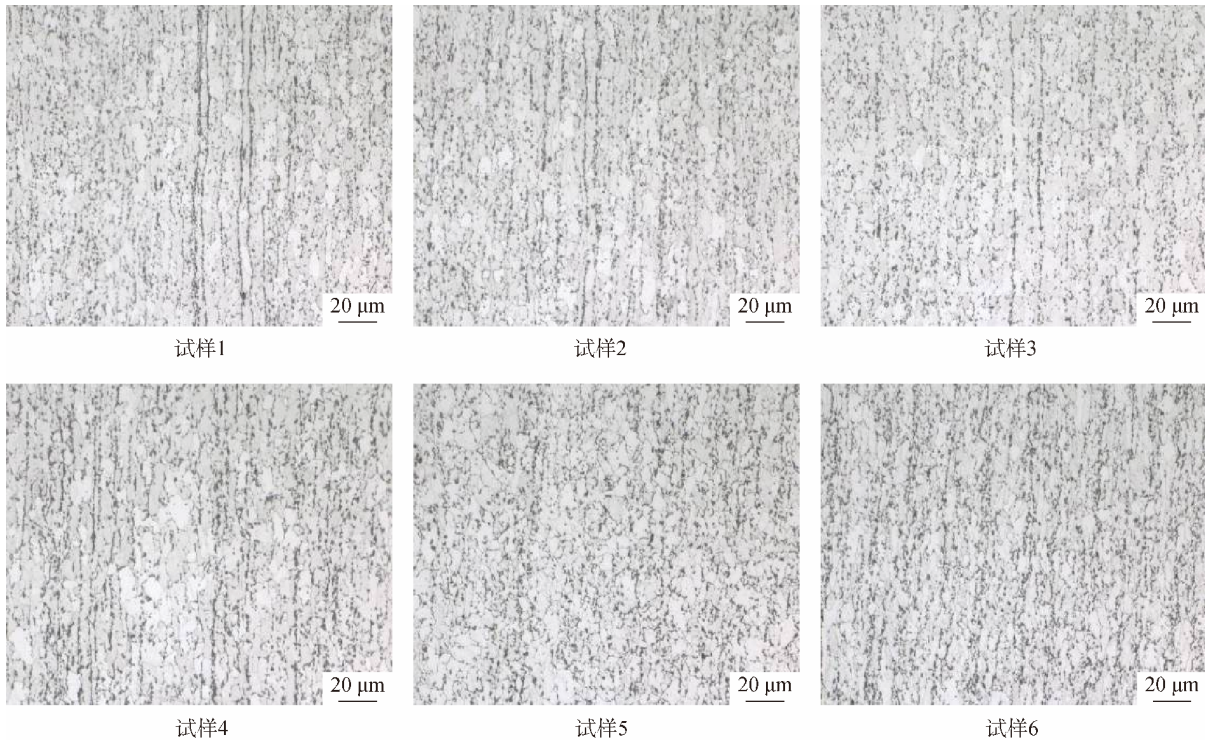


图1 金相组织

冲压成形试验

图2为810℃退火试验材料在某汽车零部件冲压厂制成门槛内侧边梁部件，满足用户使用要求，说明成形性能良好。



图2 材料成形制件

结束语

(1) 采用Nb、Ti复合微合金化成分设计，可生产抗拉强度590 MPa以上汽车结构用低合金高强度钢，满足用户使用要求。

(2) 不同退火温度和热镀锌带钢速度晶粒度差别

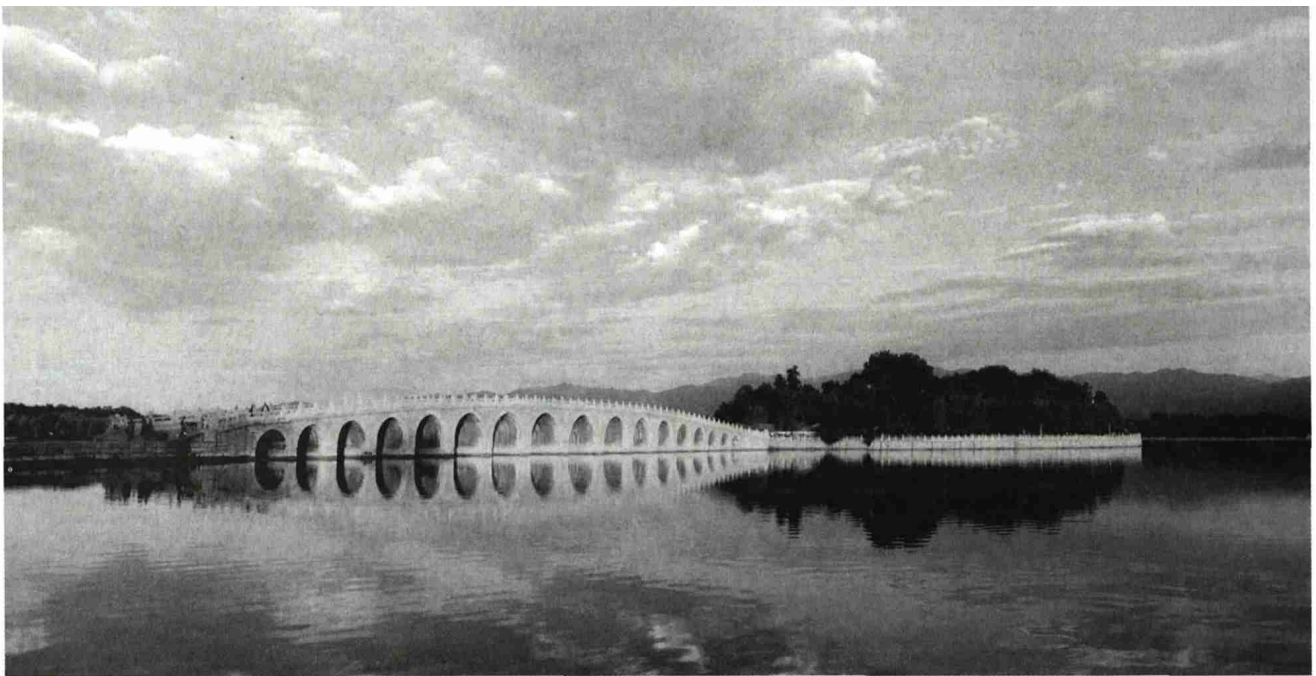
不大，因而引起钢的力学性能差别的不是晶粒度而是由于随着退火温度的升高Nb的析出物粗化或者溶解减弱了沉淀强化效果。

(3) 810℃退火时，热镀锌带钢速度控制在75~95 m/min，带状组织不明显，钢板力学性能良好，成形性能良好。

参考文献

- [1] Gardiola B, Humbert M, Esling C, et al. Determination and prediction of the inherited ferrite texture in a HSLA steel produced by compact strip production. *Materials Science and Engineering: A*, 2001, 303(1-2): 60
- [2] Humbert M, Gardiola B, Esling C, et al. Modelling of the variant selection mechanism in the phase transformation of HSLA steel produced by compact strip production. *Acta materialia*, 2002, 50(7): 1741
- [3] 中信微合金化技术中心. 钕·科学与技术. 北京: 冶金工业出版社, 2003
- [4] 赵勇, 胡学文, 朱涛, 等. 钒微合金化技术在 CSP 线 HSLA 钢生产中的应用. *钢铁研究学报*, 2005, 17(B08): 73
- [5] 施雄樑, 张建平, 刘永刚, 等. 连续退火工艺对低硅型冷轧低合金高强度钢板力学性能的影响. *工程科学学报*, 2008, 30(8): 870

作者简介: 付东贺(1983—), 男, 工程师, 本钢板材技术研究院汽车板研究所涂镀产品研究室研究员。E-mail: fudhe2012@163.com。



摄影 左文燕