

# 镀锌双相钢 HC300/500DPD + Z 研制与应用

宋冉臣, 路璐, 张秀飞, 刘毅

(内蒙古包钢稀土钢板材有限责任公司, 内蒙古 包头 014010)

**摘要:** 镀锌双相钢是汽车板领域应用广泛的高强钢, 为满足汽车生产厂对于轻量化原材料的需求, 基于 2 030 mm 热镀锌生产线特点, 采用 C - Si - Mn - Cr 微合金化成分体系, 并通过合理的热轧、酸轧、退火、热镀锌及光整工艺设计, 成功开发了镀锌双相钢 HC300/500DPD + Z。产品生产过程和用户使用效果表明, 镀锌双相钢 HC300/500DPD + Z 产品力学性能合格, 生产工艺成熟, 具有良好的成形性能, 应用于汽车结构件, 满足用户使用需求。

**关键词:** 汽车结构件; 镀锌双相钢; 光整延伸率

中图分类号: TQ153.1<sup>+5</sup>

文献标识码: B

文章编号: 1009 - 5438(2022)02 - 0053 - 04

## Development and Application of Galvanized Dual Phase Steel HC300/500DPD + Z

Song Ran - chen, Lu Lu, Zhang Xiu - fei, Liu Yi

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

**Abstract:** The galvanized dual phase steel is the high strength steel widely applied in the field of automobile sheet. In order to meet the requirements of lightweight raw material for automobile manufacturer, the galvanized dual phase steel HC300/500DPD + Z is successfully developed through adopting the microalloying composition system of C - Si - Mn - Cr as well as such reasonable process design as hot rolling, pickling, annealing, hot galvanizing and finishing based on the characteristics of 2 030 mm hot galvanizing production line. The production process and using effects of users showed that its mechanical properties were qualified, production process was mature and it was with good formability to meet users' requirements when applied for automotive structural parts.

**Key words:** automotive structural parts; galvanized dual phase steel; elongation of finishing

500 MPa 级镀锌双相钢主要由铁素体和以岛状弥散分布在基体上的马氏体两相组成<sup>[1]</sup>, 由于其良好的强韧性匹配、可焊性和耐腐蚀性能, 应用于需要一定强度要求的汽车结构件中, 起到桥梁和支撑作用。为满足汽车生产厂对于轻量化原材料的需求, 包钢开展镀锌双相钢 HC300/500DPD + Z 的研制和用户应用工作。经过生产试验, 开发的产品化学成

分和生产工艺设计合理, 力学性能合格且稳定, 表面质量良好, 具备批量供货能力, 用户应用效果良好。

### 1 技术要求

参考镀锌双相钢 HC300/500DPD + Z 的相关标准, 结合用户实际需求, 包钢开发的镀锌双相钢 HC300/500DPD + Z 的化学成分、力学性能要求如

表 1 和表 2 所示。

表 1 HC300/500DPD + Z 化学成分技术要求(质量分数) %

C	Si	Mn	P	S	Al <sub>l</sub>
≤0.15	≤0.60	≤2.50	≤0.040	≤0.015	≤2.00

注:可添加 Cr、Mo、B 等合金元素。

表 2 HC300/500DPD + Z 力学性能要求

屈服强度 /MPa	抗拉强度 /MPa	断后伸长率 /%	应变硬化 指数 n <sub>90</sub>
300 ~ 370	≥500	≥24	≥0.15

注:试样为 GB/T 228.1—2010 中的 P6 试样 ( $L_0 = 80 \text{ mm}$ ,  $b_0 = 20 \text{ mm}$ ), 取样方向为横向。

## 2 化学成分、工艺设计

### 2.1 工艺流程

500 MPa 级镀锌双相钢产品生产工序主要为冶炼、热轧、酸轧、退火 + 热镀锌、光整、拉矫, 具体工艺流程如下:

铁水预处理→转炉→LF 精炼→加热炉→粗轧→精轧→层流冷却→卷取→酸洗连轧→退火炉→热镀锌→光整→拉矫→涂油→卷取

### 2.2 化学成分

为保证镀锌双相钢 HC300/500DPD + Z 力学性能满足要求, 需要设计合理的化学成分范围, 不同的合金元素对镀锌双相钢的影响机理不同<sup>[2-3]</sup>。C 元素是通过相变强化得到马氏体组织的最重要元素, 其实际含量不同, 显著影响临界区热处理镀锌双相钢中马氏体的碳含量和马氏体的体积分数, 进而影响产品强度。Si 元素可溶于铁素体和奥氏体, 提高钢的硬度和强度, 具有“净化”铁素体和稳定镀锌双相钢性能的作用, 过高的 Si 含量影响镀锌双相钢表面质量, 所以 Si 含量的设计不宜过高。Mn 元素是奥氏体化稳定元素, 显著提高奥氏体的淬透性。Cr 元素可细化铁素体晶粒, 推迟珠光体和贝氏体转变, 提高钢的淬透性。镀锌双相钢 HC300/500DPD + Z 化学成分设计如表 3 所示。

表 3 HC300/500DPD + Z 化学成分(质量分数)

C	Si	Mn	P	S	Al <sub>l</sub>	Cr
0.06 ~ 0.09	0.10 ~ 0.40	1.50 ~ 1.70	≤0.035	≤0.010	0.015 ~ 0.050	≤0.45

### 2.3 热轧工艺

为保证酸轧工序在设计的压下率范围内, 轧制力分配合理, 500 MPa 级镀锌双相钢的热轧态典型金相组织一般为铁素体 + 珠光体。热轧工艺设计相对较高的加热温度, 可提高钢带表面质量; 为降低带状组织缺陷, 卷取温度设计较低的工艺参数。加热温度控制在 1 200 ~ 1 260 °C, 终轧温度控制在 850 ~ 900 °C, 卷取温度控制在 550 ~ 600 °C, 有利于获得所需的铁素体 + 珠光体金相组织。

### 2.4 酸轧工艺

酸轧工艺中, 压下率参数对镀锌双相钢 HC300/500DPD + Z 的力学性能影响最为明显, 压下率越大, 加工硬化效果越明显, 镀锌双相钢酸洗连轧变形储能能高, 增加后续退火工艺再结晶的驱动力, 再结晶形核位置增多, 易于获得细小的退火组织。考虑到设备保护、不同厚度规格产品等因素, 酸轧压下率实际控制不小于 50%, 同时保证生产顺行及产品力学性能满足要求。

在板宽 1/4 处切取金相试样, 抛光后用 4% 的硝酸酒精溶液腐蚀, 在光学显微镜下观察, 冷硬态镀锌双相钢 HC300/500DPD + Z 金相组织如图 1 所示, 金相组织为铁素体 + 珠光体, 铁素体被压扁呈条状, 珠光体被压扁或压碎。

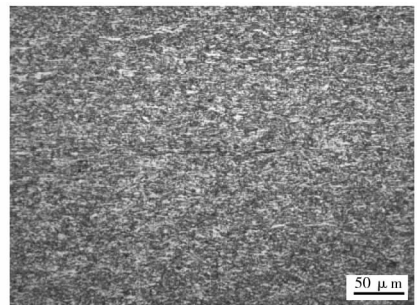


图 1 冷硬态 HC300/500DPD + Z 金相组织

冷硬态镀锌双相钢 HC300/500DPD + Z 力学性能见表 4。

表4 冷硬态 HC300/500DPD + Z 力学性能

屈服强度 /MPa	抗拉强度 /MPa	延伸率 /%	屈强比
837 ~ 867	888 ~ 948	1.0 ~ 2.0	0.89 ~ 0.94

## 2.5 连续退火、热镀锌工艺

连续退火、热镀锌工艺主要包括加热段温度、均热段温度、缓冷段温度、快冷段温度、过时效段温度、入锌锅温度、冷却塔顶温度等,工艺曲线如图2所示。

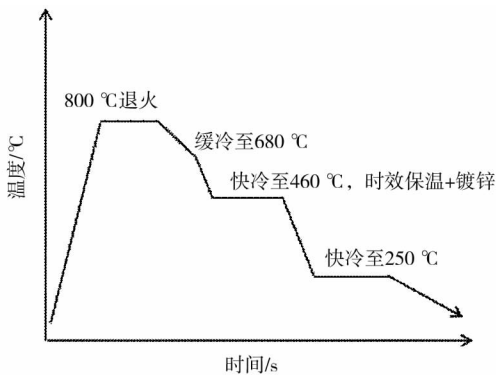


图2 镀锌双相钢 HC300/500DPD + Z 连续退火、热镀锌工艺曲线

退火前,镀锌双相钢冷硬态金相组织为纤维状的铁素体和珠光体,通过加热到两相区温度 800 ℃ 并保温,使钢带部分奥氏体化,随后缓慢冷却至 680 ℃,部分奥氏体转变为铁素体,同时 C、Mn 等元素向奥氏体中聚集,稳定未转变的奥氏体,提高淬透性,随后快冷至 460 ℃,过时效段保温一段时间,有利于碳化物析出,净化铁素体,热镀锌后再冷却至 250 ℃ 以下,稳定马氏体组织,提高镀锌双相钢的塑韧性。

## 2.6 光整工艺

光整延伸率对产品性能有一定影响,为合理确定最佳工艺参数,设计不同光整延伸率(0.4%、0.6%、0.8%),研究不同光整延伸率对产品力学性能的影响。将成品钢带切取成标准拉伸试样,标距为  $L_0 = 80 \text{ mm}$ ,平行部宽度  $b_0 = 20 \text{ mm}$ ,进行力学性能检测。

## 3 不同光整延伸率对产品性能的影响

### 3.1 力学性能

镀锌双相钢 HC300/500DPD + Z 不同光整延伸率的力学性能如表5所示,光整延伸率为 0.4% ~ 0.8%,力学性能指标中,屈服强度为 332 ~ 361 MPa,抗拉强度为 505 ~ 508 MPa,延伸率为 25.0% ~ 27.0%, $n$  值为 0.16,屈强比为 0.66 ~ 0.71,满足技术指标要求。

表5 不同光整延伸率 HC300/500DPD + Z 力学性能

要求及牌号	光整延伸率/%	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	延伸率/%	$n$	屈强比
技术指标		300 ~ 370	$\geq 500$	$\geq 24$	$\geq 0.15$	
HC300/500DPD + Z	0.4	332	505	27.0	0.16	0.66
	0.6	345	507	26.5	0.16	0.68
	0.8	361	508	25.0	0.16	0.71

### 3.2 光整延伸率对力学性能的影响

光整延伸率对产品力学性能指标中的屈服强度、屈强比有明显影响,如图3所示。光整延伸率由 0.4% 提高到 0.8%,产品屈服强度由 332 MPa 提高至 361 MPa,抗拉强度由 505 MPa 提高至 508 MPa,延伸率由 27.0% 下降至 25.0%, $n$  值无明显变化规律,屈强比由 0.66 提高到 0.71。

光整延伸率对镀锌双相钢 HC300/500DPD + Z 产品有一定加工硬化作用,随着光整延伸率由 0.4% 提升到 0.8%,屈服强度明显上升,抗拉强度略有提高,导致屈强比由 0.66 提高到 0.71。为提高产品成型性能及适用性,应保证产品低屈强比,良好强韧性匹配等特点,光整延伸率应设定在 0.4%。

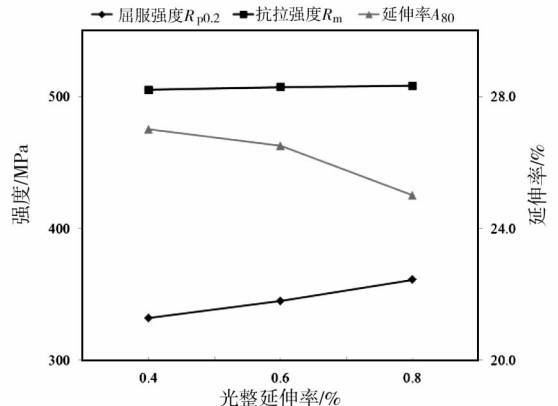


图3 光整延伸率对屈服强度、抗拉强度、延伸率的影响

## 4 产品组织与性能

### 4.1 金相组织

镀锌双相钢 HC300/500DPD + Z 金相组织为铁素体 + 马氏体 + 少量贝氏体,晶粒度约 10.5 级,如图 4 所示。

### 4.2 力学性能

批量供货的产品力学性能如表 6 所示。

由表 6 可知,镀锌双相钢 HC300/500DPD + Z 力学性能合格,满足技术要求。

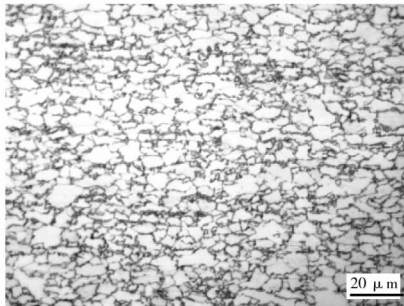


图 4 镀锌双相钢 HC300/500DPD + Z 金相组织

表 6 镀锌双相钢 HC300/500DPD + Z 力学性能

要求及牌号	厚度/mm	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	延伸率/%	n
技术要求		300 ~ 370	≥500	≥24	≥0.15
HC300/500DPD + Z	1.4	327 ~ 358	505 ~ 551	25.0 ~ 33.0	0.15 ~ 0.16

## 5 产品应用情况

批量生产的产品成功供货于某车企,应用于汽车副车架中支架内板,成形性能良好,满足用户使用需求。图 5 为镀锌双相钢 HC300/500DPD + Z 实际应用情况。



图 5 镀锌双相钢 HC300/500DPD + Z 应用情况

## 6 结论

(1)通过采用 C - Si - Mn - Cr 微合金化成分体系及合理的热轧、酸轧、退火、热镀锌及光整工艺设计,成功开发了镀锌双相钢 HC300/500DPD + Z,研

制的产品力学性能中屈服强度为 327 ~ 358 MPa,抗拉强度为 505 ~ 551 MPa,延伸率为 25.0% ~ 33.0%,n 值为 0.15 ~ 0.16,满足技术要求。

(2)光整延伸率影响力学性能指标中的屈服强度以及屈强比。为提高产品成形性能及适用性,应保证产品低屈强比,良好强韧性匹配等特点,光整延伸率应设定在 0.4%。

(3)镀锌双相钢 HC300/500DPD + Z 金相组织由铁素体、马氏体和少量贝氏体组成,晶粒度约 10.5 级。

(4)研制的镀锌双相钢 HC300/500DPD + Z 具有良好的成形性能,应用于汽车副车架中支架内板等汽车内部结构零件,满足用户使用需求。

### 参 考 文 献

- [1] 康永林,邝霜,刘仁东,等. 汽车用冷轧双相钢的生产工艺及组织性能特征[J]. 鞍钢技术, 2008, (4): 1 - 8.
- [2] 张四方,吉飞,李山桐. 超高强双相钢 DP980 冷连轧机组轧制压力模型优化[J]. 金属世界, 2018, (5): 35 - 39.
- [3] 侯美伶. 快速热处理双相钢微观组织及其性能的研究[D]. 沈阳: 东北大学, 2015.