DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2019.05.021

# DC03 微碳铝镇静钢生产工艺控制研究

王　兵[1],戚翠芬[1],高云飞[1],付菁媛[1],高　静[2],张华英[1],杨　颖[1],董中奇[1]

(1. 河北工业职业技术学院 材料工程系,河北 石家庄 050000; 2. 巴音郭楞职业技术学院 冶金与资源学院,新疆 库尔勒 841000)

**摘　要**:采取低碳+铝合金化元素的化学成分设计思路,通过控制冶炼和轧制工艺,降低 X52 管线钢因成分波动而引起的性能变化。结果表明,通过控制冶炼工艺,生产的 DC03 铝镇静钢板化学成分在标准要求范围内;轧后组织为铁素体,各项力学性能均符合标准的要求。

**关键词**:DC03 铝镇静钢;冶炼;轧制

**中图分类号**:TF741　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2019)05-0510-03

## Study on Process Control of DC03 Microcarbon Aluminum Killed Steel

WANG Bing[1], QI Cuifen[1], GAO Yunfei[1], FU Jingyuan[1], GAO Jing[2], ZHANG Huaying[1], YANG Ying[1], DONG Zhongqi[1]

(1. Department of Materials Engineering, Hebei College of Industry and Technology, Shijiazhuang 050000, China; 2. School of Metallurgy and Resources, Bayin Guoleng Technology College, Kurla 841000, China)

**Abstract**: By adopting the chemical composition design of low carbon and aluminum alloy elements and controlling the smelting process and rolling process, the performance change of X52 pipeline steel caused by composition fluctuation can be reduced. The results show that the chemical composition of DC03 aluminum killed steel plate is within the standard range. After rolling, the microstructure is ferrite, and all mechanical properties meet the standard requirements.

**Key words**: DC03 aluminum killed steel; smelting; rolling

在生产过程中合金成分的控制对钢材性能有直接影响[1,2],铝镇静钢 DC03 的力学性能和冶炼工艺受到碳含量和微合金元素的影响。当 C 含量高时,在冶炼过程中 C 的成分难以控制,造成碳含量波动较大,导致 DC03 强度偏高,塑性差,不利于冲压成型,从而导致客户使用性能不稳定。另外,为改善 DC03 的力学性能,采用的添加微量元素 B 的设计思路,一方面微量 B 含量控制增加了炼钢难度,同时也增加了添加合金的成本。为此,采用低碳+铝微合金元素的化学成分设计方案,通过严格控制 DC03 钢冶炼和轧制过程中各项工艺参数,以解决生产中性能波动较大的问题。对于新产品的开发提供重要工艺参数。

**收稿日期**:2018-12-17

**基金项目**:河北省科技厅重点研发计划项目(16214526);河北省高等学校科学青年基金项目(QN2016006、QN2017209);河北工业职业学院项目(ZY2016009、ZY2016006)

**作者简介**:王　兵(1978-),河北石家庄人,副教授,硕士.研究方向:钢铁冶金新材料的应用与开发.

电话:18931176295,E-mail:dongzhongqi@126.com

## 1　生产工艺及相关技术参数

查阅相关文献资料[3,4],DC03 钢制备主要工艺流程为:熔化铁液-转炉冶炼-精炼-连铸-铸坯加热-粗轧-精轧-层流冷却-卷取入库。

## 2　试验结果与分析

### 2.1　冶炼过程中的工艺控制

微碳铝镇静钢 DC03 采用低碳+铝成分设计,铝镇静钢的屈服强度和伸长率随碳含量变化呈反向变化。当铝镇静钢的碳含量为 0.015%~0.055%时,随着碳含量的升高伸长率降低,屈服强度呈上升趋势;但是在碳含量 0%~0.01%时,伸长率呈下抛物线分布;在碳含量大约 0.005%时,伸长率达到最低值,屈服强度呈上抛物线分布;碳含量大约在 0.007%时达到最高值。该现象是由于固溶碳的增加引起的,由于采用过时效得到的固溶碳的沉淀不充分且有大量的固溶碳残留在钢中,导致钢的时效性增大,恶化冲压性。试制的微碳铝镇静钢 DC03 的化学成分列于表 1。较低的 C 含量使得连退过程中析出的碳化物减少,$A_{r1}$、$A_{r3}$ 温度上升。较低的 Si 含量可明显降低钢的屈服强度、抗拉强度,提高钢的韧性。合理的 Al 含

表1 DC03微碳铝镇静钢内控化学成分 $w$(%)
Tab.1 DC03 internal control chemical composition

| | C | Si | Mn | P | S | Al | N |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 原成分标准 | 0.015~0.055 | ≤0.03 | 0.15~0.25 | ≤0.025 | ≤0.01 | 0.020~0.050 | ≤0.005 |
| 判定标准 | 0.010~0.020 | ≤0.01 | 0.12~0.18 | ≤0.012 | ≤0.01 | 0.030~0.050 | ≤0.004 |

量有利于固定钢中的 N,形成 AlN 从而降低 N 的固溶强化作用,提高钢的韧性。钢中 N 含量是影响钢板韧性的主要因素之一,酸溶铝在退火过程中将与 N 结合析出形成 AlN,可降低钢中 N 含量,提高钢板韧性,而且 AlN 有利于形成{111}面织构,提高深冲性。但 AlN 含量不宜过多,在晶界上析出的 AlN 是微裂纹产生源头,对伸长率有害,损害钢板韧性。N 含量应进一步降低,减少钢中 AlN 析出量,提高板卷韧性。通过严格控制冶炼过程中各工序,使研制的 DC03 钢的各元素含量符合标准要求。

### 2.2　轧制工艺控制

在轧钢过程中,采取了控轧控冷工艺。

(1)热轧工艺　DC03 热轧工艺中加热、终轧均与传统铝镇静钢相同,高温加热以利于热轧板形控制和轧制控制,加热温度设定为 1 250±20 ℃。高温终轧,终轧温度设定为 850±20 ℃,保证奥氏体区轧制。

较高的 DC03 热轧卷取温度:710±17 ℃。高温卷取时,碳化物粗大,同时使得铁素体基体更加纯净,在随后的退火中,铁素体的再结晶在碳化物固溶前发生(定向形核理论),容易形成强的{111}织构。高温卷取的目的是通过控制再结晶织构,提高深冲性能促进钢板的软化,并在快速加热和短时间退火的条件下获得晶粒长大。高温卷取可使材料的 AIN 及渗碳体在热轧阶段得到较充分析出、聚集而粗大,并促进形成均匀的铁素体晶粒。碳、氮、铝等元素的充分析出使得晶粒更加纯净,为晶粒在随后的连续退火中有效地长大打下了基础。

(2)冷轧工艺　冷轧压下量愈高,再结晶驱动力愈大,相应的塑性应变比 $r$ 值就越高。图 1 为碳含量与冷轧压下率的关系。可以看出,在碳含量在 0.01%~0.02%范围内,冷轧压下率在 80%~90%时 $r$ 值达到最好。考虑现场生产实际和大部分客户使用厚度≤1.3 mm 进行较为复杂零件的冲压成形,因此一般设定在 75%~77%范围内,对于厚度>1.3 mm 通常采用热轧原料厚度为 5.2 mm。

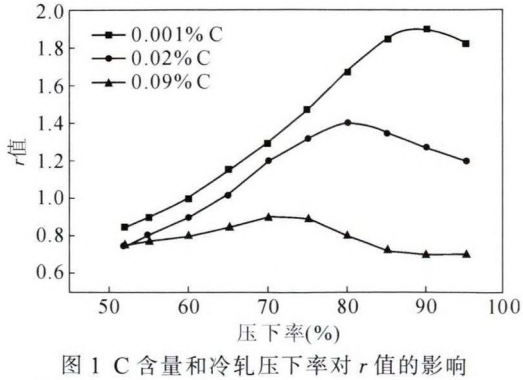



图 1 C 含量和冷轧压下率对 $r$ 值的影响
Fig.1 Effect of C content and cold rolling reduction rate on $r$ value

(3)退火工艺　退火采用连续退火工艺,工艺执行方案如表 2 所示,进行退火后组织为铁素体组织,如图 2 所示,再结晶较为充分,晶粒尺寸以及析出的碳化物级别均正常。

表2 退火工艺
Tab.2 Annealing process

| 均热温度 /℃ | 缓冷 /℃ | 快冷 /℃ | 时效 /℃ |
|---|---|---|---|
| 820±10 | 670±10 | 450±10 | 350±10 |

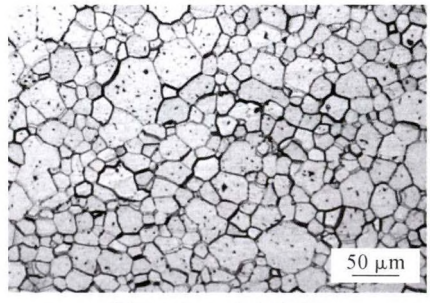



图 2 DC03 金相组织
Fig.2 The microstructure of DC03

表 3 为 DC03 钢板的屈服强度、抗拉强度及伸长率等力学性能试验数据。经与标准要求相比较,发现 DC03 钢板的实际伸长率均高于标准性能,屈服强度和抗拉强度处于标准要求的中限位置,其性能均满足标准要求。统计微碳铝镇静钢 DC03 的实际生产情况,DC03 的屈服强度、抗拉强度和伸长率的均值分别为 178 MPa、308 MPa 和 44%,过程能力 PPK 分别为 1.29、2.25 和 1.34,过程能力良好。屈服强度波动明显变小,更利于客户冲压成型。

表3 DC03力学性能
Tab.3 Mechanical Properties of DC03

| 标准要求及实际控制 | 屈服强度 /MPa | | 抗拉强度 /MPa | | 伸长率(%) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 均值 | 过程能力 | 均值 | 过程能力 | 均值 | 过程能力 |
| 要求 | ≤210 | ≥1 | 270~370 | ≥1 | ≥34 | ≥1 |
| 实际控制 | 178 | 1.29 | 308 | 2.25 | 44 | 1.34 |

## 3　结论

采用低碳+铝微合金元素的化学成分设计方案

生产的 DC03 钢板的组织为铁素体组织，实际伸长率高于标准，抗拉强度和屈服强度处于标准要求的中限位置，其性能均满足标准要求。经实际使用通过成分设计和控制冶炼过程各工序的化学成分，配合控轧控冷工艺生产的 DC03 钢满足客户的要求。

**参考文献：**

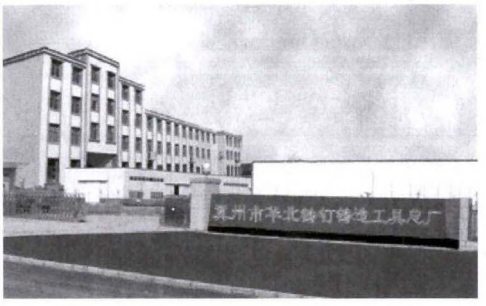
[1] Li X M, Rosas O, Castaned H. Deterministic modeling of API5L X52 steel in a coal-tar-coating/ cathodic-protection system in soil [J]. International Journal of Pressure Vessels and Piping, 2016, 146: 161-170.

[2] Liu M, Wang J Q, Ke W, et al. Corrosion Behavior of X52 Anti-H2S Pipeline Steel Exposed to High H2S Concentration Solutions at 90 ℃ [J]. Journal of Material Science and Technology, 2014, 30(5), 504-510.

[3] 许晓锋，秦长毅，李娜，等. X80 高强度管线钢拉伸试验伸长率变化规律研究[J]. 焊管，2016，39(9): 6-12.

[4] 张龙，张春玲，史东日，等. X52 管线钢热变形行为的研究[J]. 特殊钢，2010，31(1): 6-8.


# 河北省冀州市华北铸钉铸造工具总厂




冀州市华北铸钉铸造工具总厂座落于河北省冀州市城南白庄工业区，紧靠全国大动脉京九、石梅铁路，交通十分便利。我厂是生产铸顶（泥芯撑）、羊毛掸笔、硬扫笔、圆水笔的专业厂家。建厂36多年来,技术设备先进，产品销往全国各地,深受用户欢迎。本厂始终承诺：诚信至上，守信誉,质高价低，实行三包，交货及时，代办发运，可供图订做。热情欢迎国内外来人来电选购。

四同

同类产品比质量　同等质量比价格
同样价格比服务　同等服务比速度

两免

免费为客户提供产品技术咨询
免费为客户提供初期试用产品

一、常用修造工具规格（材质为不锈钢或弹簧钢）

/mm

| 名称 | 型号 | 规格 | 名称 | 型号 | 规格 | 名称 | 型号 | 规格 | 名称 | 型号 | 规格 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 刮刀 | 2# | 160×45 | 秋叶 | 1# | 180×30 | 三角光子 | 2# | 50×30 | 东北压钩 | 1# | 270×50 |
| 尖刮刀 | 3# | 140×35 | 单头钢批 | 2# | 240×22 | 蛋圆光子 | 1# | 75×50 | 圆型钩 | 2# | 200×30 |
| 提钩 | 2# | 350×15 | 单头钢批 | 3# | 210×20 | 压钩 | 1# | 270×50 | 长把压钩 | 1# | 220×30 |
| 提钩 | 4# | 300×10 | 法兰钩 | 1# | 270×14 | 压钩 | 2# | 240×45 | 柳叶钩 | 1# | 240×40 |
| 钢批钩 | 1# | 280×16 | 榔头铲 | 1# | 240×24 | 单齐压钩 | 2# | 240×45 | 单开提钩 | 2# | 320×12 |

二、掸笔、硬扫笔：20～120 mm 10个品种；圆水笔：12～17 mm 3个品种；
三、铸顶（芯撑）有圆、方、长方形，单、双、多柱、异形铸顶等各种铸铁、铸钢用铸顶材质为A3或A3F，表面镀锌、镀锡等；
四、过滤网、木型工具、皮风箱、铸尺、百叶轮、角磨片、树脂油、固化剂、粘结剂、木型锤等。

图中从左至右依次为：1.刮刀 2.尖刮刀 3.压勺 4.单齐压勺 5.提钩 6.单头钢批 7.秋叶 8.单开提钩 9.法兰钩 10.钢批钩 11.掸笔、扫笔 12.圆水笔 13.铸顶

## 诚征各地代理商

厂址：河北省冀州市城南白庄工业区（053200）联系人：白英韩 13831863803 白其水 13582484193（中国农行金穗卡，户名：白英韩 卡号：9559982130332490310）
电话/传真：0318-8682135 网址：www.hbzhz.com E-mail:hbbyh@hbzhz.com 银行汇款：冀州市华北铸钉铸造工具总厂 开户行：市中行 帐号：100148643069

经销处
哈尔滨市铸材门市部 13831863803　包头市铸材经销处 13633184318
杭州市中亚铸材有限公司 13932860882　贵阳市忠信铸材公司 13831888322
长沙市铸材办事处 13831823340　西宁市铸材办事处 13931810511
上海市铸材办事处 13932894585　南宁市铸材办事处 0771-8994686

本单位为一般纳税人，增值发票税率17%。