包钢Q890D高强钢的研制

黄 楠[1,2],任慧平[1],王雪莲[3]

(1. 内蒙古科技大学材料与冶金学院,内蒙古 包头 01410;
2. 内蒙古包钢钢联股份有限公司薄板坯连铸连轧厂,内蒙古 包头 014010
3. 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: 文章介绍了一种高性能Q890D高强钢的成分设计、工艺参数及其试制结果。通过设计合理的化学成分体系,并采用合理的控轧控冷工艺和离线调质热处理工艺,所开发的厚度25 mm高强钢板屈服强度达到930~970 MPa,抗拉强度达到980~1 050 MPa,延伸率达到13%~15%,冲击功值平均大于100 J以上,力学性能优良。

关键词: Q890D; 控轧控冷; 调质; 力学性能

中图分类号: TF762$^+$.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2017)01-0037-03

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2017.01.012

Development of Q890D High Strength Steel in Baotou Steel

HUANG Nan[1,2], *REN Hui-ping*[1], *WANG Xue-lian*[3]

(1. *School of Material and Metallurgy, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou* 014010, *Nei Monggol, China*;
2. *CSP Plant of Steel Union Co. Ltd. of Baotou Steel (Group) Corp., Baotou* 014010, *Nei Monggol, China*;
3. *Technical Center of Steel Union Co. Ltd. of Baotou Steel (Group) Corp., Baotou* 014010, *Nei Monggol, China*)

Abstract: In this paper, the chemical compositions, processing parameters and testing results of Q890D high strength steel were introduced. Through the design of reasonable chemical composition system, control of rolling and cooling process, and off-line quenching and tampering treatment, the high strength plate thickness is up to 25 mm with a yield strength of 930~970 MPa, tensile strength of 980~1 050 MPa, elongation rate of 13%~15%. The impact energy is more than 100 J, and the mechanical properties are excellent.

Key words: Q890D; control of rolling and cooling; quenching and tempering; mechanical properties

随着国家对煤矿、建筑行业人身安全保障条件的逐渐严格,特别是在煤矿井下作为主要支撑的液压支架用钢板强度在逐渐提高,目前,各大煤机厂已开始使用Q890D高强钢。包钢宽厚板生产线投产以来,先后成功开发了Q460C、Q550D、Q690D等工程机械用钢40余万t,在继续开发更高强度级别工程机械用钢方面积累了丰富的经验并打下了坚实基础。经过刻苦攻关,结合市场需求,成功研制开发出了高性能Q890D热轧宽厚板,并已实现批量化供货。

1 试制过程

1.1 成分设计原则

钢中的化学成分直接决定了钢板的各种物理化学性能,包括强度、硬度、韧性、冷成型性、可焊接性、耐腐蚀性能等,因此在进行钢种的成分设计时要充分考虑到各种元素的独特作用及其元素间的相互作用以达到钢板的性能要求。

C是钢中主要的间隙固溶强化元素,C含量的提高将使钢材的碳当量提高,在显著提高钢材强度

收稿日期:2016-11-24

作者简介:黄楠(1981-),男,内蒙古包头市人,在读硕士,工程师,现从事质量管理工作。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

的同时也严重恶化钢材的韧性和焊接性能。从提高钢材综合性能的角度考虑C含量应该严格限制，降C造成的强度损失通过析出强化、固溶强化、细晶强化等方式弥补。因此在进行各牌号成分设计时根据具体牌号的力学性能、焊接性能、厚度规格以及用户的个性化要求慎重选择。w[C]控制在0.15%～0.17%之间。

Si是置换固溶强化元素，Si可以提高钢材基体的强度，同时还可以提高奥氏体中C的稳定性进而增加钢的淬透性，但Si高也会对钢材的韧性产生不利影响，且钢材表面易生成难去除的氧化铁皮，对钢材的表面质量不利。一般w[Si]≤0.5%。

Mn是钢中重要的合金元素，既可通过置换固溶提高材料的强度。又可通过改变钢的相变临界点细化晶粒，提高韧性。Mn还与钢中的S结合成MnS以减弱甚至消除S的不利影响。但Mn在钢中会产生较严重的偏析，因此Mn含量也不宜过高，一般控制不大于2.0%。

P和S是钢中的有害元素，分别会使钢发生冷脆和热脆现象。P在晶界的偏聚会严重恶化钢材的韧性，S会使钢材产生严重的各向异性，并恶化钢材的厚度方向性能。因此在成分设计时，P、S含量的设计应远低于标准要求。一般w[P]控制在0.015%以下，w[S]控制在0.01%以下。

Nb、V、Ti是钢中最常见的微合金化元素。Nb可以显著抑制奥氏体再结晶过程，从而大幅度提高奥氏体未再结晶温度，为在钢材的未再结晶区实施大压下提供了条件。V一般在钢板轧后冷却阶段析出，用于对钢板进行析出强化，同时也提高钢材的回火稳定性。Ti与N形成TiN，TiN在即使1 400 ℃的高温下仍不溶解，因而钢坯在加热过程中TiN可以分布在奥氏体晶粒附近阻止奥氏体晶粒的长大。同时也阻碍钢材在焊接热影响区的晶粒长大。因此，高强钢中复合添加Nb、V、Ti微合金元素，以改善钢材的综合性能[1-2]。

Cr、Mo均能增大过冷奥氏体的稳定性，提高奥氏体的淬透性，提升钢的综合力学性能。Mo对提高过冷奥氏体稳定性的作用尤为明显，是高强度工程机械用钢中主要提高淬透性元素。高强钢中要适量添加其中的一种或两种该合金元素[3-4]。

1.2 工艺参数设定

板坯加热温度设定为1 180～1 250 ℃，温度不宜太高，板坯高温段停留时间不宜太长，避免奥氏体晶粒过度长大。

轧制工艺采用两阶段控制轧制，粗轧开轧温度控制在1 160～1 230 ℃，终轧温度控制在980 ℃以上，为避免在奥氏体部分再结晶区轧制，精轧开轧温度不大于930 ℃，开轧厚度不小于75 mm，终轧温度控制830 ℃以下，高温延伸阶段单道次压下率至少有两道控制在15%～20%，精轧阶段累积压下率控制在65%以上，终冷温度550～620 ℃，冷却速率17～25 ℃/s。

热处理工艺采用调质处理，淬火温度880～930 ℃，在该温度下保温10～30 min，回火温度550～620 ℃，在该温度下保温20～60 min。

2 试制结果

2.1 化学成分

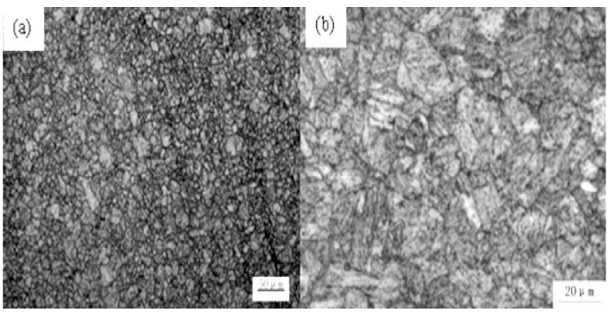
为了保证钢板具有良好的综合性能，并考虑各种元素的独特作用，设计Q890D采用如下的化学成分(见表1)。

表1 试验钢实测化学成分典型值 %

C	Si	Mn	P	S	Nb+Ti+V+Ni+Mo+Cr	CEV
0.14	0.40	1.80	0.008	0.001	适量	0.50

2.2 微观组织

图1为厚度25 mm典型规格原始奥氏体及成品钢板微观组织照片。原始奥氏体采用苦味酸腐蚀、成品钢板微观组织采用硝酸酒精腐蚀。由图可见，试验钢原始奥氏体晶粒细小、均匀，晶粒度达到9.5级；成品钢板经调质后组织为回火索氏体，为钢板优良的综合力学性能提供了基础保障。



(a)原始奥氏体 (b)调质后微观组织

图1 25 mm厚典型规格金相照片

2.3 常规力学性能

表2为25 mm厚度规格试验钢板的典型力学性能。由表可见，试验钢板的力学性能稳定，尤其冲击韧性优良，远超标准要求。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 2　25 mm 厚度规格 Q890D 典型力学性能

厚度/mm	拉伸性能			-20 ℃ V 型纵向冲击功/J
	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	延伸率/%	
25	978	1 050	13.0	132　81.2　111
	972	1 032	14.5	187　204.0　186
	932	980	14.0	184　172.0　194
	930	988	15.0	136　154.0　131
	945	1 004	15.0	145　211.0　80
GB/T 16270—2009 [5]	≥890	≥940 ~ 1 100	≥11	≥47

2.4　冷弯成型性能

图 2 为 Q890D 厚度 25 mm 钢板冷弯照片。试样宽度采用 $B = 35$ mm 宽试样，弯曲角度 180°，弯心直径 $d = 3a$。由图可见，试样的侧面、正面均无任何微裂纹，说明试验钢具有优良的冷加工成型性能。

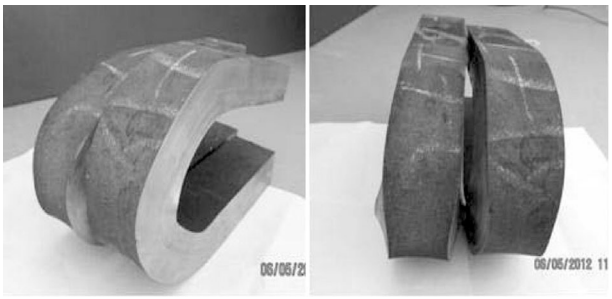


图 2　Q890D 典型规格冷弯照片

3　结论

(1) 试验钢成分设计合理，同时通过控制钢水洁净度，并采用合理的控轧控冷工艺及调质热处理工艺，开发出了具有优良性能的 Q890D 高强钢；

(2) 试验钢原始奥氏体晶粒细小，均匀，淬火态组织为马氏体，回火态组织为回火索氏体，为钢板获得优良的综合力学性能奠定了基础；

(3) 批量试制的 Q890D 钢板力学性能稳定，余量适中，尤其 -20℃ 冲击韧性优异，余量大，且冷弯成型性能良好，为用户后续加工提供了保障；

(4) 开发的 Q890D 钢板综合性能优良，已实现了工业化供货和应用。

参　考　文　献

[1] 雍岐龙，郑鲁. 微合金化钢中 NbC 在铁素体中的沉淀和沉淀强化 [J]. 金属学报，1984，20(1)：12 - 14.

[2] 赵运堂，尚成嘉，贺信莱，等. 低碳 Mo - Cu - Nb - B 系微合金钢的中温转变组织类型 [J]. 金属学报，2006，42(1)：54 - 58.

[3] 尚成嘉，王学敏，杨善武，等. 高强度低碳贝氏体钢的工艺与组织细化 [J]. 金属学报. 2003，39(10)：1019 - 1024.

[4] 王昭东，曲锦波，刘相华，等. 应用控轧控冷工艺开发低碳贝氏体高强钢板 [J]. 宽厚板. 1998，(5)：15 - 20.

[5] GB/T 16270—2009，高强度结构用调质钢板 [S].

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net