正火工艺对65 mm厚Q345E显微组织的影响

李文亚,杨维宇,卢晓禹

(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: 采用光学显微镜研究了不同正火温度及保温时间对65 mm厚Q345E显微组织的影响。结果表明:与控轧控冷(TMCP)态钢板相比,经900 ℃正火的钢,其晶粒细小,全断面组织最均匀。随着保温时间的延长,铁素体晶粒长大不明显,但珠光体含量减少,有球化趋势。

关键词: Q345E; 正火处理; 显微组织

中图分类号: TG115.21 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2017)03-0046-04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2017.03.014

Effect of Normalizing Process on Microstructure for Q345E with 65 mm Thickness

LI Wen-ya, YANG Wei-yu, LU Xiao-yu

(*Technical Center of Steel Union Co. Ltd. of Baotou Steel (Group) Corp., Baotou* 014010, *Nei Monggol, China*)

Abstract: The effects of different normalizing temperature and holding time on the microstructure of Q345E with 65 mm thickness have been studied by optical microscope. The results show that: Compared with the controlled rolling and controlled cooling (TMCP) steel plates, steels normalized at 900 degrees, grains are fine and the whole cross-sections are the most homogeneous. With the prolonging of holding time, ferrite grain growth is not obvious but pearlite content decreases, having spheroidization trend.

Key words: Q345E; normalizing treatment; microstructure

Q345E钢是一种高强度工程结构钢,它具有较高的强度,良好的冷变形能力,较好的塑性与韧性,能抵抗过载,因而被广泛应用于各个领域[1]。控轧控冷(TMCP)工艺是一种有效改善钢材组织和性能的方法[2]。然而对于较厚的工程结构钢采用控轧控冷工艺得到的产品组织通常不均匀,比如产生一些珠光体条带缺陷,导致性能波动。因此需要进行后期的正火处理,以期获得最佳的综合性能。正火加热温度以及保温时间对金属材料热处理后的组织和性能有很大的影响,加热温度过低,则材料尚未完全奥氏体化,存在有部分未转变的铁素体,正火后铁素体仍保留在组织中,加热温度过高,则奥氏体晶粒会显著粗大。国内外对TMCP态宽厚板后期热处理的研究较少,本文主要研究正火工艺对65 mm厚Q345E显微组织的影响,以便获得合理的工艺制度。

1 试验材料及方法

1.1 试验材料

试验所用材料取自钢厂65 mm厚控轧控冷工艺试制的Q345E钢板,试验材料的具体化学成分如

收稿日期: 2017-03-01

作者简介: 李文亚(1980-),女,山西省大同市人,硕士,工程师,主要从事理化检测管理工作。

中国知网 https://www.cnki.net

表 1 所示。试验钢生产工艺: 铁水预处理→210 t 顶底复吹转炉冶炼→LF 炉精炼→RH 真空脱气→板坯连铸→下线缓冷→板坯再加热→高压水除磷→粗轧→精轧→ACC 冷却→矫直→空冷[3]。

表 1　Q345E 化学成分(质量分数)　　%

C	Si	Mn	P	S
0.15 ~ 0.17	0.25 ~ 0.35	1.30 ~ 1.40	≤0.020	≤0.005

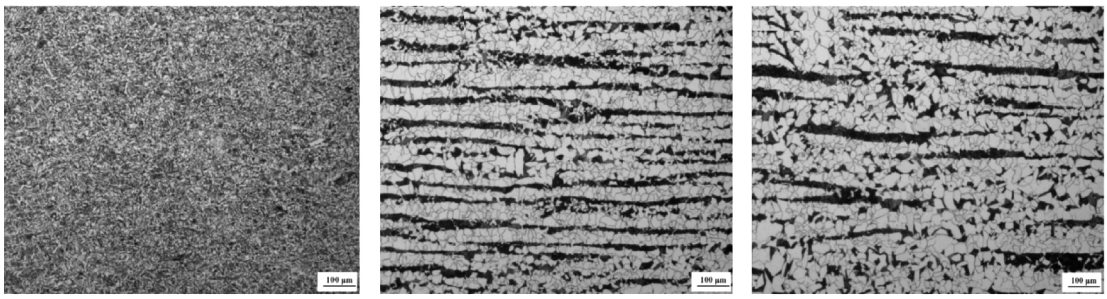
1.2　试验方法

从 65 mm 厚钢板中切割出尺寸为 100 mm × 100 mm × 65 mm 的试块,分别进行 800 ℃、850 ℃、900 ℃、950 ℃和 1 000 ℃下保温 30 min 进行正火处理。另一部分试样在 900 ℃分别保温 1 h、2 h、3 h、4 h、5 h 进行正火处理。金相试样进行研磨、抛光、腐蚀,腐蚀剂采用 4 % 硝酸酒精,利用德国蔡司 Axio observer D1M 型光学显微镜进行显微组织观察和晶粒度评级。

2　实验结果与讨论

2.1　试验钢轧态显微组织

图 1 为试验钢 TMCP 态金相组织。一般情况下,随着钢板厚度的增加,厚度方向的厚度效应会不断增加。图 1(a) 为试样边部组织,因钢板较厚,热轧后喷水冷,所以边部组织为细小的贝氏体和铁素体,图 1(b) 为 1/4 厚度处组织,其中白色组织为铁素体,黑色组织为珠光体,且组织呈带状分布,图 1(c) 为 1/2 厚度处组织,和 1/4 厚度处显微组织相比,铁素体晶粒略显粗大,珠光体带变短变粗。用控轧控冷工艺得到的 65 mm 厚 Q345E 组织不均匀,带状组织严重,铁素体和珠光体分层,沿着轧制方向分布。带状组织形成原因一般为连铸坯在凝固过程中形成的枝晶偏析, Mn 元素偏析是影响带状组织的主要原因,在热变形加工过程中延伸成珠光体与铁素体交替的条带。带状组织使钢板的力学性能呈各向异性,并使其塑性和韧性降低。为了消除带状组织,改善 65 mm 厚 Q345E 钢板的综合力学,通常采用正火工艺来改善钢材的显微组织,目的是提高试验钢的综合力学性能。



(a) 边部　　(b) 1/4 厚度　　(c) 1/2 厚度

图 1　试验钢的轧态显微组织

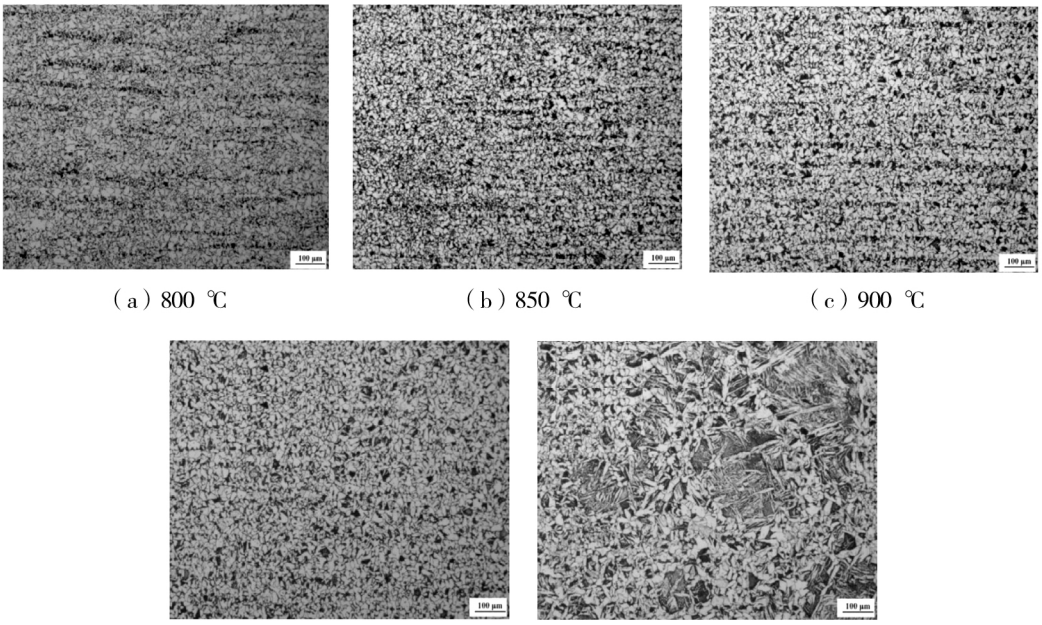
2.2　正火温度对试验钢组织和晶粒度的影响

正火是最基本的热处理工序之一,是将钢材或钢件加热到 A_{C_3}(或 $A_{C_{cm}}$)以上适当温度,保温适当时间后在空气中冷却,得到平衡组织的热处理工艺[4]。通过正火不仅可以消除金属材料的工艺缺陷,而且对改善钢材或钢件的硬度,细化晶粒,获得比较均匀的组织和性能具有重要作用。根据正火热处理的基本原理,即亚共析钢加热到 A_{C_3} + (30 ~ 50) ℃,保温一段时间,空冷后获得细小均匀的等轴铁素体 + 珠光体组织,以改善钢的力学性能。经测定该试验钢的 A_{C_3} 温度为 837 ℃,为了获得试验钢的最佳正火温度,试验温度范围为 800 ~ 1 000 ℃,间隔 50 ℃,保温时间为 30 min。

图 2 为 800 ℃、850 ℃、900 ℃、950 ℃、1 000 ℃正火温度下,试验钢 1/4 厚度显微组织照片。图 2(a) 为 800 ℃正火时 1/4 厚度处的显微组织,为铁素体和少量珠光体,和轧态组织相比,珠光体呈带状的特征不太明显,另外观察该温度下 1/2 厚度处带状珠光体部分溶解,发生了偏聚,出现不规则的珠光体团,显微组织并未均匀化的原因是正火加热温

中国知网　https://www.cnki.net

度偏低，低于其 A_{C_3} 温度。从理论上分析，Q345E 在两相区较高温度加热时组织构成为两相，一相是未发生重结晶的原始铁素体，另一相是由珠光体和铁素体转变而来的奥氏体，如随后冷却过程冷速较低，则奥氏体再次分解为铁素体和珠光体，最终组织由未发生重结晶的原始铁素体、重结晶后的铁素体和珠光体构成。图2(b)为850 ℃正火时1/4厚度的显微组织，为细小的铁素体和珠光体，但是其1/2厚度处的显微组织中珠光体带还未完全消除，因为正火温度略高于其 A_{C_3} 温度，奥氏体化后组织并未均质化，需要继续提高正火温度。图2(c)为900 ℃正火时1/4厚度的显微组织，和该温度下的边部、1/2厚度处的组织相比不同位置的组织差异性小，边部和1/4厚度处都是等轴细小的铁素体和珠光体，1/2厚度处的珠光体带明显弱化。



(a) 800 ℃ (b) 850 ℃ (c) 900 ℃

(d) 950 ℃ (e) 1 000 ℃

图2 试验钢不同正火温度下1/4厚度显微组织

图2(d)可知，950 ℃正火后1/4厚度处的组织除了有铁素体和珠光体外，还有少量的贝氏体。图2(e)为1 000 ℃正火时1/4厚度处的显微组织，从图中可知，试验钢不同位置的组织都严重粗化，出现了混晶，1/4厚度的显微组织除了有细小的铁素体外，还有粗大的贝氏体区域。

表1为Q345E试验钢轧态和不同正火温度下1/4厚度处的晶粒度级别。从表1可知，轧态下晶粒度为8.5级，800 ℃正火后晶粒度基本没变，当正火温度提高到850～900 ℃时，试验钢晶粒得到细化，晶粒度为9.0级，当正火温度升高到950 ℃，试验钢原始奥氏体晶粒长大，晶粒度开始降低，为8.5级，当正火温度升高到1 000 ℃，试验钢出现了混晶，铁素体晶粒为8.5级，贝氏体区域的晶粒为3.5级。综上可知，65 mm厚Q345E的最佳正火温度为900 ℃，该温度下正火全断面组织差异小，晶粒细小，晶粒度为9.0级。

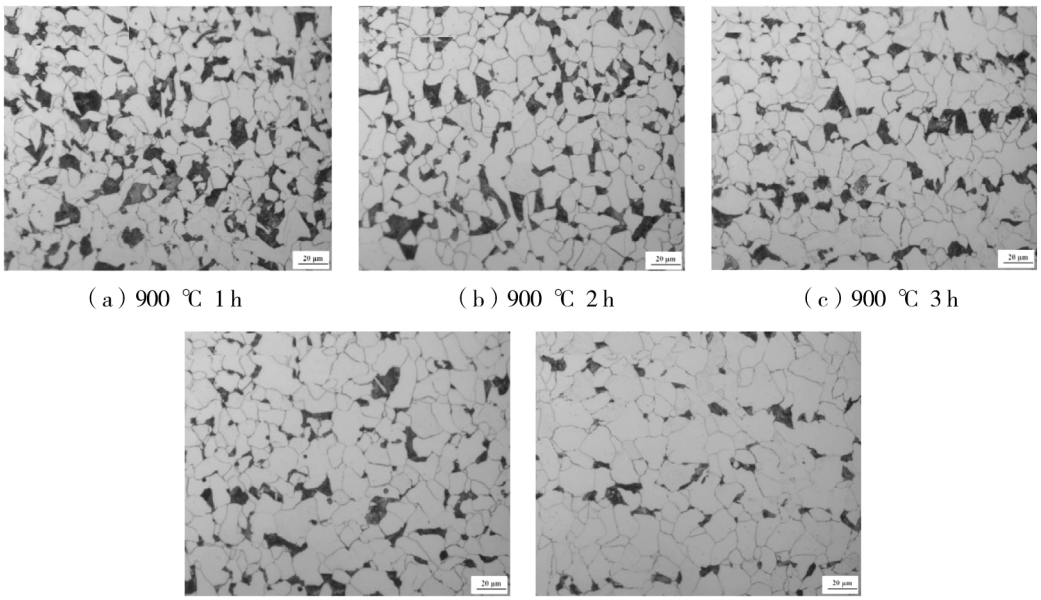
表2 试验钢晶粒度级别

正火温度/℃	轧态	800	850	900	950	1 000
晶粒度/级	8.5	8.5	9.0	9.0	8.5	8.5(F)/3.5(B)

中国知网 https://www.cnki.net

2.3　正火时间对试验钢组织的影响

从 2.2 得知，65 mm 厚 Q345E 的最佳正火温度为 900 ℃，进一步研究在最佳正火温度下，正火时间对试验钢组织和晶粒度的影响。图 3(a)—(e) 为试验钢 900 ℃正火，不同保温时间下板厚 1/4 处的显微组织。图 3(a) 表明当保温时间为 1h 时，板厚 1/4 处的显微组织为均匀分布的铁素体和珠光体。图 3(b)—(c) 表明，随着正火保温时间的增加，铁素体晶粒大小基本保持不变，珠光体含量逐渐减少，且逐渐向晶界偏聚。图 3(d) 显示当正火保温时间延长至 4 h，显微组织中的珠光体除了向铁素体晶界偏聚，部分珠光体还发生了球化。如图 3(e) 所示，当正火保温时间为 5 h 时，大部分珠光体都发生了球化。



(a) 900 ℃ 1 h　(b) 900 ℃ 2 h　(c) 900 ℃ 3 h

(d) 900 ℃ 4 h　(e) 900 ℃ 5 h

图 3　不同保温时间试验钢板厚 1/4 处的显微组织

3　结论

(1) 通过合理的正火处理，可消除原始 TMCP 态存在的带状组织，细化铁素体 + 珠光体晶粒，最佳的正火温度为 900 ℃。

(2) 900 ℃正火时，随着正火保温时间从 1 h 延长到 5 h，试验钢铁素体晶粒长大不明显，但珠光体含量逐渐减少，还出现了球化现象。

参　考　文　献

[1] 张秀芝，王燕，孔换明，等. 奥氏体化温度与保温时间对 Q345E 微观组织及硬度的影响[J]. 热加工工艺，2014，43(24)：198－200.

[2] 侯登义，徐洪庆，宋国栋. 控轧控冷工艺生产 D36 高强度船板钢的生产工艺研究[J]. 宽厚板，2007，13(4)：28－30.

[3] 杨维宇，董瑞峰，高峰，等. 硼对 60 mm 厚 Q690D 钢淬透性和力学性能的影响[J]. 钢铁，2015，50(2)：79－83.

[4] 崔忠圻. 金属学与热处理[M]. 北京：机械工业出版社，2000.

中国知网　https://www.cnki.net