**265MPa级酸洗搪瓷钢的开发与搪瓷性能研究**

高小尧1 宋志岗1 侯明山1 张星1  梅淑文2 王海龙2

（唐山钢铁集团有限责任公司，河北 唐山 063016）

**摘 要:** 随着客户对热水器容量的不同需求，热水器制造商在搪瓷用钢的强度上也有了窄窗口和个性化的要求，唐山钢铁集团有限责任公司研制了热轧酸洗搪瓷钢 TTC265R。介绍了其化学成分设计、热轧工艺的探究，并对其组织和性能进行了研究和改进，同时对其搪瓷性能进行了测试。生产实际表明，TTC265R钢带的组织为铁素体+少量珠光体，屈服强度控制在210-280MPa之间，冷弯性能优良，焊接性及耐压性能够满足用户的加工使用要求，同时实验结果表明，相较于普通酸洗板SPHC氢渗透时间更长，搪瓷性能更加优异。

**关键词:**搪瓷钢；组织；性能；氢渗透

**Development of 265MPa pickling enamel steel and Study on enamel properties**

***Gao xiaoyao1 Song zhigang1 Hou mingshan1 Zhang xing1***

***Mei shuwen2 Wang hailong2***

**Abstract:** With the different requirements of customers for water heater capacity, water heater manufacturers also have narrow windows and personalized requirements on the strength of enamel steel, tangshan Iron and Steel Group Co., Ltd. developed the hot-rolled pickling enamel steel TTC265R. In this paper, the chemical composition design and hot rolling process are introduced, and the microstructure and properties of the enamel are studied and improved. At the same time, the properties of the enamel are tested. The production practice shows that the structure of ttc265r steel strip is ferrite and a small amount of pearlite, the yield strength is controlled between 210-280mpa, the cold bending performance is excellent, and the weldability and pressure resistance can meet the user's processing and use requirements, At the same time, the experimental results show that the hydrogen permeation time of the enamel is longer than that of the SPHC, and the enamel performance is more excellent.

**Key Words:** Enamel steel; structure; properties; hydrogen permeation

0 前言

搪瓷钢板在国民经济中发挥着十分重要的作用，在日常生活中与人们的关系十分密切，广泛地应用于制作厨房用具、卫生洁具、燃烤炉、热水器内胆、建筑饰面板、化工反应罐等，热轧搪瓷钢具有低成本、寿命长、耐蚀性高等特点，增加了与其它材料的竞争力，热水器行业采用搪瓷钢内胆的比例日益增多[1]。针对搪瓷用钢将继续向着个性化方向发展的趋势，唐山钢铁集团有限责任公司为某客户研制了适用于其热水器容量的热水器内胆用热轧酸洗搪瓷钢。

1 成分设计

C 是钢中最经济的强化元素，但提高碳含量将使搪瓷制品烘烤变形增大，并且钢板中的碳原子容易与瓷釉中的氧起反应生成一氧化碳，使搪瓷制品表面产生气泡缺陷[2]。反之，降低碳含量可以增加钢板的塑性与韧性，提高钢板的冷冲压、焊接等成形性能，并且改善钢的可涂搪性。

Si 在钢中起固溶强化作用，可以提高钢的强度，但降低钢的韧性和延展性，使钢难以进行深冲加工，同时过高的含硅量会降低钢与瓷釉的密着性。

Mn 能够提高钢的屈服强度与抗拉强度，起到一定的固溶强化作用，而 Mn 含量增加会降低钢的塑性。Mn 可以与 S 结合生成硫化锰，硫化锰作为第二相粒子可以提高钢的贮氢性能。

P 作为钢中的有害元素，对钢板的深冲性能有较大的影响，含量越低越好，较高的P含量会增加钢带的冷脆性，不利于钢带的加工变形。

S元素会大大增加钢带的热脆性，在其他类钢种中一般要求越低越好，但在搪瓷类钢带中S可以和 Ti、C、Mn 等元素生成相应的化合物，对提高抗鳞爆性有一定的作用。

Ti 不仅能提高强度，而且能和钢中的 C、N、S 等形成化合物，如 TiN、TiC和 Ti4C2S2等。这些化合物作为有效的贮氢陷阱，可以提高钢板的抗鳞爆性能。同时有研究表明氢渗透时间与ω(Ti)/ω(C)有着单调上升的关系[3]。

综合考虑搪瓷钢要满足客户性能要求、抗鳞爆性、密着性、成型性及焊接性等各项要求，同时要满足热水器内胆的使用要求，搪瓷钢的化学成分设计见表 1。

表1 搪瓷钢的化学成分控制范围（质量分数）

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| C | Mn | S | P | Si | Ti | N |
| ≤0.12 | ≤0.60 | ≤0.020 | ≤0.025 | ≤0.08 | 0.020-0.100 | ≤0.0050 |

2 热轧工艺设计

2.1 CCT曲线研究

通过JMatPro软件对设计的成分体系下进行CCT曲线的理论计算，结果如图1所示

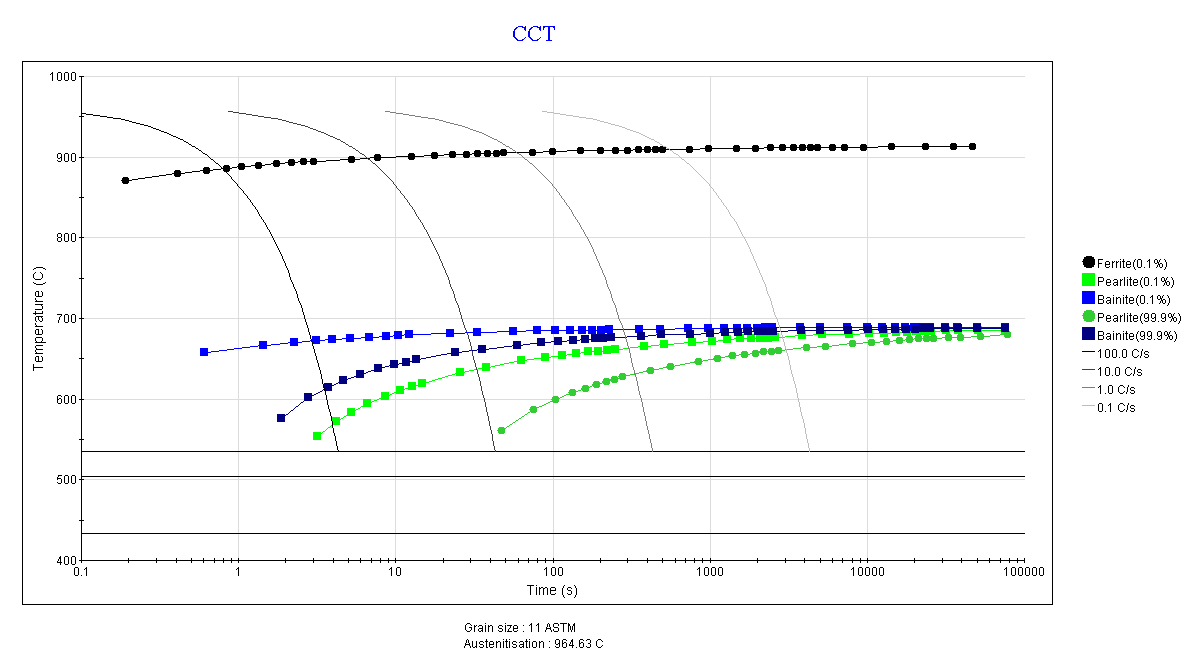


图1 CCT曲线

从CCT曲线的理论计算来看，在设计的成分体系下以及唐钢冷却条件下900℃左右开始析出铁素体，在680℃左右开始析出贝氏体。

2.2 热轧工艺确定

为了充分发挥微合金元素在轧制过程中的强化作用，保证微合金元素充分固溶，同时根据理论计算的CCT曲线以及唐钢其他钢种生产经验设定如表2所示两种热轧工艺。

表2 热轧工艺

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 方案 | 加热温度，℃ | 终轧温度，℃ | 卷曲温度，℃ |
| 方案1 | 1150-1200 | 800-900 | ≤650 |
| 方案2 | 1150-1200 | 800-900 | ≥650 |

3 性能与组织

根据设计的成分体系以及设定的工艺进行了试验生产，轧制规格为2.0mm\*1250mm。

3.1性能

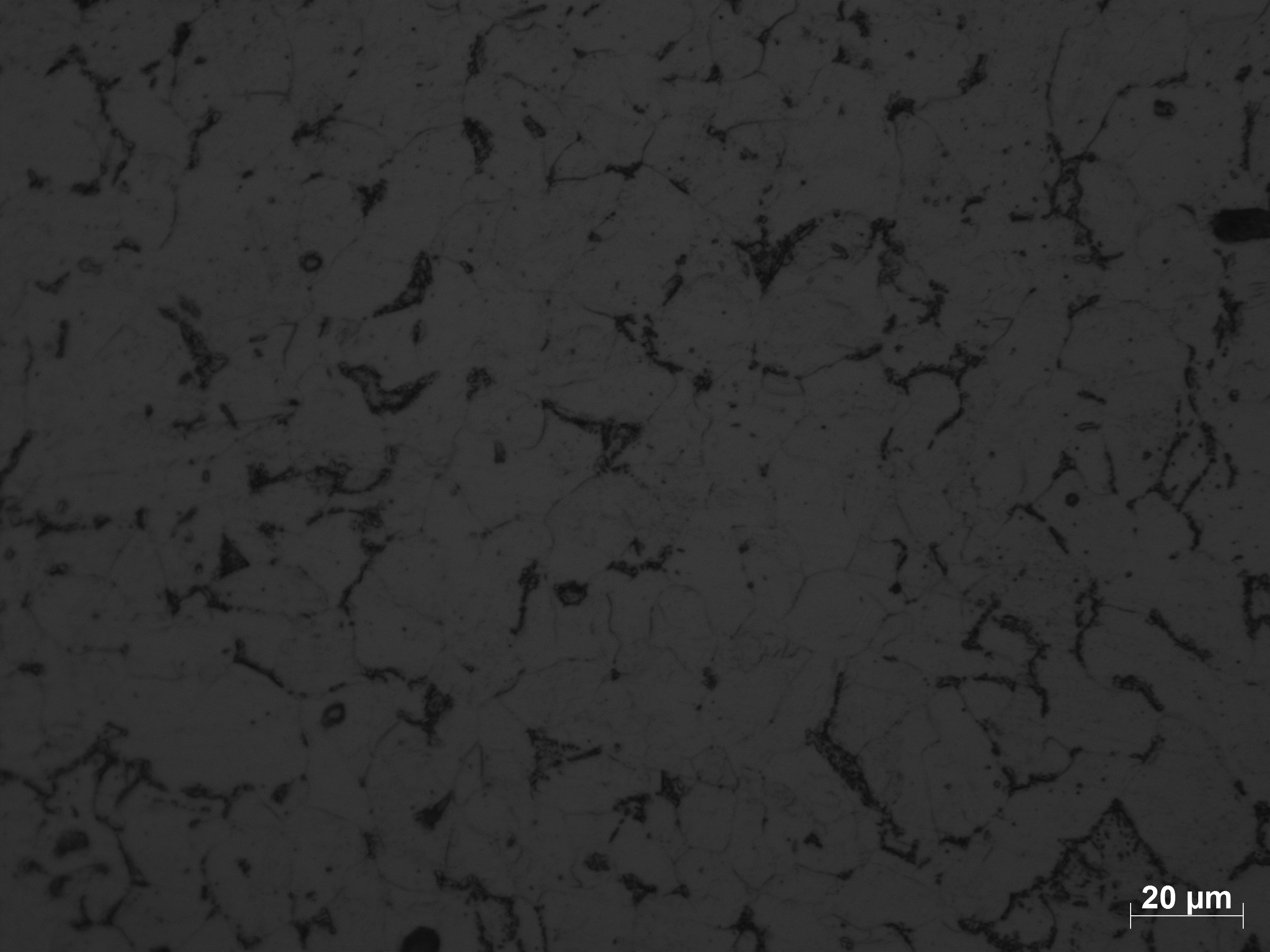
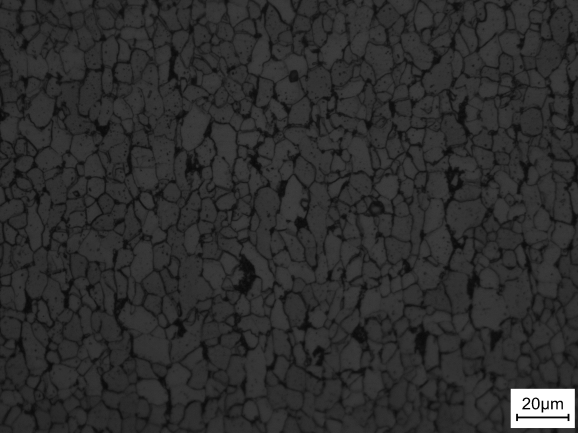
生产的 TTC265R酸洗后带钢力学性能客户要求以及检测后结果如表 3 所示。由表 3 可见，方案1的拉伸性能满足技术条件要求，冷弯试验结果合格，表明钢板具有良好的成型性能，能够满足用户对钢板加工过程中成型性能的要求。但方案2的屈服强度仅为203MPa，低于客户对强度的要求，不能满足客户的使用要求。

表3 TTC265R酸洗后力学性能

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 抗拉强度，MPa | 屈服强度，MPa | 断后伸长率，% | 冷弯（180℃，d=0a） |
| 客户要求 | ≥300 | 210-280 | ≥35.0 | 合格 |
| 方案1 | 358 | 254 | 44.0 | 合格 |
| 方案2 | 340 | 203 | 46.5 | 合格 |

3.2 组织

对方案1与方案2钢带进行组织分析，结果如图2所示，从组织上看两个方案的组织均为铁素体+少量珠光体组织，同时在铁素体晶粒上均存在黑色点状物质，分析为Ti的相关析出物。从晶粒大小上看，方案2 的晶粒明显粗大，对晶粒度进行评级结果显示方案1的晶粒度为11级，而方案2 的晶粒度仅为9.5级。从组织分析上揭示了方案2屈服强度低的原因，由于卷曲温度较高，冷却速率慢，晶粒度较低，晶粒相较粗大，晶粒尺寸增大，那相应的晶界数量就变少，位错滑移遇到晶界，滑移就会加快，这在一定程度上降低了屈服强度[4]。



方案1 500X 方案2 500X

图2 组织对比

4 氢渗透研究

为验证试验生产的酸洗搪瓷钢抗磷爆性能，对试验生产的TTC265R和普通酸洗板SPHC进行了氢渗透试验并进行了对比。氢渗透装置采用双电解池结构，氢渗透试样采用50mm\*80mm方形试样，为保证试验一致性，SPHC试验料片同样为2.0mm厚度，最终测试结果如表4所示，从实验结果上看，TTC265R的氢渗透时间长达8min较SPHC多3min，说明相较于普通酸洗SPHC，TTC265R有更优异的搪瓷性能。

表4 氢渗透试验结果

|  |  |
| --- | --- |
| 钢种 | 氢渗透时间 |
| TTC265R | 8min |
| SPHC | 5min |

5 客户试用

在客户处进行了剪切、卷筒、焊接、搪瓷试验，全部满足要求，同时对搪瓷后的热水器进行了冲击试验，结果如图3所示，根据冲击试验情况，TTC265R的密着性明显优于SPHC。



SPHC冲击试验 TTC265R冲击试验

图3 冲击试验对比

6 结论

1）根据客户设计了以C、Mn、Ti为基本化学元素的265MPa级酸洗搪瓷钢。

2）根据CCT曲线和固溶理论设计了两种热轧工艺，通过结果对比确定了终轧温度800-900℃，卷曲温度≤650℃的热轧工艺。

3）设计的TTC265R氢渗透时间明显高于SPHC，密着性优于SPHC。

参考文献

[1]孙全社.宝钢搪瓷用钢的开发与应用[J].上海金属,2005(06):51-54.

[2]何晋,辛建卿.热水器内胆用热轧酸洗搪瓷钢的研制[J].现代工业经济和信息化,2018,8(15):32-33.

[3]方磊,黄亚鹤.南钢N245RTC搪瓷钢的开发[J].现代冶金,2018,46(02):25-27.

[4]汪福成,浦绍康,罗德信.热轧低碳钢板表面铁素体晶粒异常粗大的试验研究[J].轧钢,1990(06):26-29.