

工艺因素对 5CrMnMo 热锻模具 钢焊接性的影响

大连铁道学院 许鸿吉 张文忠 王积昌

天津机车车辆机械厂 王建国 邵东杰 商贵斌

摘要 用 IIW 最高硬度试验、斜 Y 型小铁研抗裂试验以及金相显微分析等方法研究了预热和后热对 5CrMnMo 热锻模具钢焊接性的影响,并制定了相应的焊修工艺。

关键词 模具钢 焊接 预热 焊后处理

0 前言

5CrMnMo 钢常用来制造中、小型热锻模具,例如万吨级重载列车用 MT-2 型大容量缓冲器的外固定板、固定楔板及楔块等构件的模具。由于热锻模具一般在高温、高速、高负荷、急冷急热、变负荷条件下工作,因此,使用一段时间后往往要产生诸如拉伤、裂纹、掉块等缺陷。为了提高 5CrMnMo 热锻模具的使用寿命,降低生产成本,通常采用焊接方法进行修理。但 5CrMnMo 钢的含碳量高,

焊接性差。文章中通过最高硬度试验、斜 Y 型小铁研抗裂试验以及金相显微分析等方法,研究预热和后热对 5CrMnMo 热锻模具钢焊接性的影响,为生产中制定合理的焊修工艺提供依据。

1 试验材料及方法

1.1 试验材料

试验用钢为 5CrMnMo 热锻模具钢,调质状态供货,其化学成分及机械性能如表 1、表 2 所示。

表 1 5CrMnMo 钢化学成分 %

C	Si	Mn	Cr	Mo	S	P	Cep *
0.5~0.6	0.25~0.60	1.20~1.60	0.60~0.90	0.15~0.30	≤0.030	≤0.030	0.87~1.17

$$* C_{ep} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \left(\frac{Cu}{13} + \frac{P}{2} \right) (\%)$$

表 2 5CrMnMo 钢调质处理机械性能

热处理条件			机械性能			
淬火温度/℃	冷却介质	回火温度/℃	σ_b /MPa	δ /%	ψ /%	α_k /J·cm ⁻²
		450	1640	5.1	14.0	19
850	油	550	1440	10.0	10.5	27
		600	1260	10.0	30.0	43

收稿日期:1996-03-05

焊接材料为新研制 $\phi 4$ mm 热锻模具专用堆焊焊条,焊前经 400 ℃×2 h 烘干。焊接

材料熔敷金属化学成分如表 3 所示。

表 3 焊接材料熔敷金属化学成分 %

C	Mn	Si	Ni	Mo	Nb	W	S	P
0.05	1.52	1.53	5.95	4.80	0.82	0.80	0.015	0.017

1.2 试验方法

1.2.1 工艺试验

表 4 工艺试验规范参数

试件编号	焊接电流/A	焊接电压/V	焊接速度 /mm·min ⁻¹	预热温度/°C	层间温度/°C	后热温度*/°C
1	175	24~26	150	室温	连续焊	不后热
2	160	24~26	150	100	100	不后热
3	160	24~26	150	200	200	不后热
4	160	24~26	150	200	200	200
5	160	24~26	150	200	200	400
6	160	24~26	150	350	350	不后热
7	160	24~26	150	450	连续焊	200
8	160	24~26	150	450	连续焊	400

* 后热处理指焊后立即放入炉中按规定温度保温 0.5 h 后,随炉空冷。

1.2.2 最高硬度试验

对上述工艺试验试件,根据 IIW 最高硬度试验法,测定了接头的硬度分布。测定点间距为 0.5 mm。此外,还用光学显微镜观察了接头的显微组织及裂纹倾向。

1.2.3 斜 Y 型坡口小铁研抗裂试验

根据最高硬度试验结果,用斜 Y 型小铁研抗裂试验法确定了 5CrMnMo 热锻模具钢的抗裂性能。试验用规范参数:焊接电流为 160 A,焊接电压为 24 V~26 V,焊接速度为 150 mm/min。

2 试验分析及结果

2.1 预热和后热对接头硬度的影响

图 1 是不同工艺条件下 5CrMnMo 钢焊接热影响区的显微硬度测试结果。由图 1 可以看出:5CrMnMo 钢焊接热影响区的硬度随预热温度的提高而下降,但仅预热不后热时,焊接热影响区的硬度都比较高;焊后热处理对降低焊接热影响区的硬度有显著效果。

2.2 预热和后热对接头显微组织的影响

图 2 是不同焊接工艺条件下 5CrMnMo 钢焊接热影响区的显微组织。由图 2 可以看

试验是在 5CrMnMo 钢板上进行手工电弧堆焊,试板尺寸为 100 mm×25 mm×20 mm,试验用规范参数如表 4 所示。其目的是为了确定预热和后热对 5CrMnMo 钢焊接性的影响。

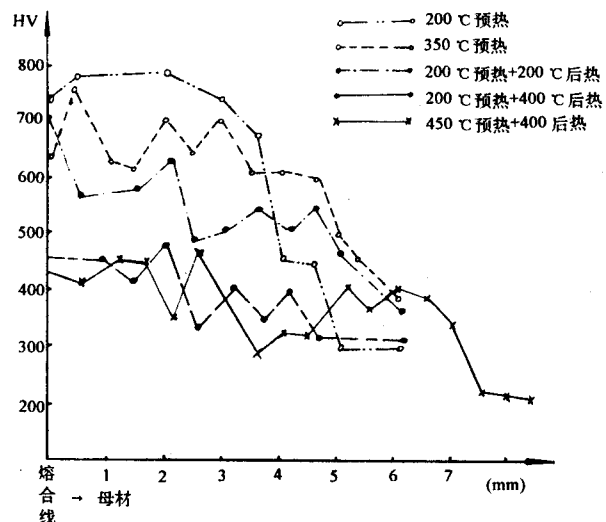
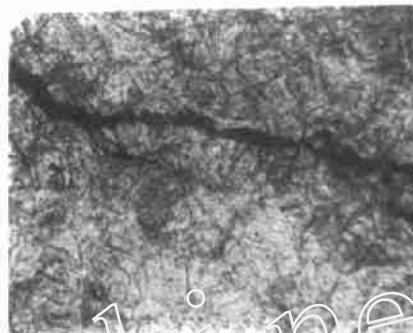


图 1 不同焊接工艺条件下 5CrMnMo 钢焊接热影响区的硬度分布

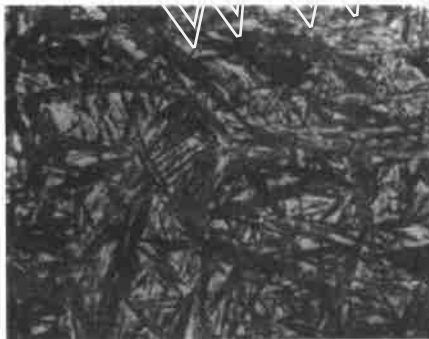
出:不预热和不后热与仅预热不后热时,5CrMnMo 钢焊接热影响区的组织为粗大的马氏体组织,且焊接热影响区均有不同程度的冷裂纹存在(图 2a 和图 2b),该裂纹产生于熔合区,并向母材扩展,焊缝金属中无裂纹,这说明堆焊焊条的抗裂性优于 5CrMnMo



a. 不预热、不后热焊接热影响区 ×400



b. 200 °C 预热、不后热焊接热影响区 ×400



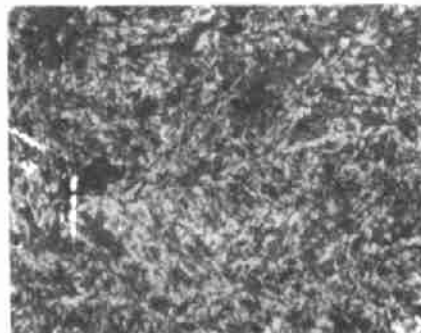
c. 200 °C 预热+200 °C 后热熔合区 ×400



d. 450 °C 预热+200 °C 后热熔合区 ×400



e. 200 °C 预热+400 °C 后热熔合区 ×400



f. 450 °C 预热+400 °C 后热熔合区 ×400

图 2 不同焊接工艺条件下,5CrMnMo 钢焊接热影响区的显微组织

钢母材;200 °C 以上预热+200 °C 以上后热时,焊接热影响区不产生裂纹,但预热和后热温度对 5CrMnMo 钢焊接热影响区的显微组织有明显的影 响,200 °C 后热时,不论预热温度是 200 °C,还是 450 °C,焊接热影响区的熔

合区均有粗大的马氏体组织(图 2c 和图 2d);200 °C 预热+400 °C 后热时,熔合区仅有少量的马氏体组织(图 2e);450 °C 预热+400 °C 后热时熔合区无马氏体组织,而是较粗大的索氏体组织(图 2f),焊接热影响区的

组织与母材组织相近,为细小的索氏体组织。

2.3 合适的工艺参数的确定

试验表明,在较低温度后热时,预热温度即使加热到 450 °C,熔合区仍有大量的马氏体组织,只有进行 450 °C 预热+400 °C 后热才能完全消除熔合区的淬硬组织,使焊接热影响区的硬度最低。但是过高的预热和后热温度,不仅对防止冷裂纹没有必要,而且还会恶化工人劳动强度,甚至出现脆性混合组织,使接头脆化。为此,根据工艺试验、IIW 最高硬度试验结果,用接近生产实际,具有一定拘束度的斜 Y 型小铁研抗裂试验法,研究了预热温度和后热温度对 5CrMnMo 热锻模具钢抗裂性能的影响。试验结果如表 5 所示。由表 5 可以看出:在后热温度为 400 °C 的条件下,当预热温度高于 200 °C 时,斜 Y 型小铁研试件的表面和断面均不产生裂纹。

表 5 斜 Y 型小铁研抗裂试验结果

热处理规范		表面裂纹率	断面裂纹率
预热温度/°C	后热温度/°C	/%	/%
100	400	3.6	2.1
200	400	0	0
300	400	0	0
450	400	0	0

2.4 制定相应的焊修工艺

对重载列车 MT-2 型大容量缓冲器的外固定板、固定楔板等模具用热锻模专用堆

焊焊条,按以下工艺焊接:焊条焊前经 400 °C ×2 h 烘干,放入 100 °C~150 °C 的保温筒中随用随取,焊接电流为 150 A~160 A,焊接电压为 24 V~26 V,焊接速度为 150 mm/min,模具修复前预热到 300 °C,层间温度控制在 200 °C 左右,模具修复后立即放入 400 °C 的炉中保温,则可获得良好的焊接接头,满足大容量缓冲器 5CrMnMo 钢热锻模具的焊修要求。

3 结论

(1) 5CrMnMo 热锻模具钢含碳量高,合金元素较多,其碳当量 C_{eq} 为 0.87~1.17,是一种冷裂倾向较大的钢种,焊接时必须采用合适的预热和后热措施,才能获得优质的焊接接头。

(2) 仅预热或预热+低温后热时,熔合区都不同程度地存在脆硬的马氏体组织。预热温度越低,马氏体组织越粗大;要完全消除熔合区的淬硬组织,须经 450 °C 预热+400 °C 后热。

(3) 用热锻模专用堆焊焊条焊修 5CrMnMo 钢热锻模具时,在正常的焊接规范下,采用 300 °C 预热+400 °C 后热,层间温度控制在 200 °C 左右时,可获得优质的焊接接头。

(上接第 46 页)

多种不同专业的数据,比如:实体模型、工程图、分析数据、加工指令、工艺工装设备、装配要求、工装夹具、检测与质量控制、产品质量跟踪等等。这就需要基于产品类型的数据共享。因此要有集成的产品数据管理系统为支持。

为了使在多个工作站上参与产品设计的技术人员作为一个整体协同工作,即可以同时参与产品的开发过程,缩短并减少资金投

入,就必须在工程数据管理的基础上提供同步工程支持环境。

以上是在我厂 CAD 系统建立中所遇到的一些问题以及为解决这些问题所采取的措施和方法。实践证明,这些措施和方法是切实可行的,在我厂 CAD 系统的建立中起到了一定的作用。另外,对我厂今后 CAD 应用的进一步发展提出的意见,有些已经在工作中付诸实施。