



热模钢堆焊用 金属粉芯管状焊丝

上海斯米克焊材有限公司 (200124) 邓 键

H13 (4Cr5MoSiV1) 是目前国内外广泛应用的一种空冷硬化模具钢, 该钢具有较高的韧性和耐冷热疲劳性能, 不易产生热疲劳裂纹。它既可作压铸模, 又可作热锻模, 是一种强韧兼备质优价廉的钢种。热作模具由于在反复受热和冷却, 并承受着高的单位压力和冲击作用条件下工作, 经过一段工作时间以后, 表面会发生损坏, 此时可采用表面堆焊技术对其修复, 为此需用相应的堆焊材料。

本公司利用金属粉芯管状焊丝制造简单、成分调节容易、质量可靠和成本便宜等特点, 针对热模钢的修复和制造的急需, 进行了 H13 热模钢堆焊用金属粉芯管状焊丝的开发。本文主要讨论焊丝的制造工艺、成分的设计和堆焊层的性能。

1. 焊丝制造工艺

为保证焊丝的质量, 我们比较了机械混合的金属粉和用水雾化制造的合金粉两种填充粉末, 以及有缝管状焊丝和无缝管状焊丝两种制造工艺。试验表明, 采用充填雾化合金粉末的无缝管状焊丝的质量可靠, 操作容易, 堆焊层成分均匀, 含氢量低, 抗气孔能力强。最终确定的焊丝制造工艺流程如图 1 所示。

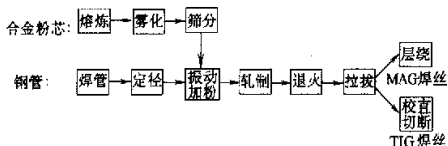


图 1 焊丝制造工艺流程

2. 焊丝成分设计

按 GB1299 标准规定, 4Cr5MoSiV1 热模钢的成分如表 1 所示。

为了保证堆焊金属的综合性能, 必须要使焊丝中各元素的含量保持一定的总量和比例。根据试验的结果表明, 焊丝中各元素对常温硬度的影响程度是不一样的: 碳影响最大; 其次为钒和铬, 钼和硅、锰对硬度的影响小。但为了改善焊接性需适当降低含碳量并增加含锰量。最后确定如表 1 所示的 SH13 焊丝的化学成分。

表 1 钢种及焊丝堆焊层化学成分

钢 种	化学成分 (质量分数,%)								
	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	S	P	Fe
4Cr5MoSiV1 钢	0.32 ~ 0.45	0.80 ~ 1.20	0.20 ~ 0.50	4.75 ~ 5.50	1.10 ~ 1.75	0.80 ~ 1.20	≤ 0.03	≤ 0.03	余 量
SH13 焊丝	0.27 ~ 0.40	0.80 ~ 1.20	0.30 ~ 0.70	4.75 ~ 5.50	1.10 ~ 1.75	0.80 ~ 1.20	≤ 0.03	≤ 0.03	余 量

3. 堆焊合金性能

(1) 堆焊工艺 SH13 焊丝, 可采用 TIG (钨极氩弧焊) 堆焊, 也可采用 MAG (Ar-CO₂ 混合气保护) 堆焊。其焊接规范如表 2、表 3 所示。

表 2 TIG 焊 (直流正接)

焊丝直径/mm	1.0	1.2	1.6	2.0	备注
电流/A	30~80	40~100	50~150	60~200	直条

表 3 MAG 焊 (80% Ar-20% CO₂, 直流反接)

焊丝直径/mm	1.2	1.6	备注
电流/A	80~300	180~450	层绕盘装

(2) 堆焊层硬度 SH13 焊丝堆焊层硬度随热输入及冷却速度的不同略有变化, 通常堆焊一层 HRC 为 45 左右, 堆焊三层 HRC 为 50 左右。

堆焊层经 2h 回火后的硬度变化一例见表 4。

表 4 SH13 焊丝堆焊金属回火硬度

回火温度/℃	焊态	300	400	450	500	550	600	650	700
硬度 HRC	52	52	54	55	56	55	52	45	35

(下转第 8 页)



五、缺陷及防止措施

(1) 表面成分和组织不均, 硬度不一, 出现软点 这种缺陷一般是由焊条变质、焊药脱落, 预热不充分, 或焊接规范选择不当所造成。另外, 因使用的合金部分还处于过渡区域, 如堆焊层数不够, 也易引起组织不均匀, 硬度不一。防止方法是妥善保管焊条, 焊前将模体充分预热, 选择妥当的焊接规范。

(2) 气孔 一般都发生在合金内部, 同堆焊时熔池的化学反应产生的一氧化碳、氧、氮、氢等气体造成的。焊条潮湿, 产生的气孔就更多, 堆焊表面有油脂或电流过大, 也会产生气孔。一般防止方法是在焊前将焊条进行焙烘, 焊接表面要保持清洁, 电流应适当, 每焊完一层, 需检查一遍, 如发现气孔随时补好。

(3) 夹渣 产生原因: 一是焊接时造渣性能不好; 二是焊接表面不够清洁, 或清渣不彻底。如有夹渣时, 可在夹渣部分补焊。

(4) 裂纹 由于模体是高碳钢, 含碳较多, 塑性较差, 在过渡区就容易形成较多的碳化物网络, 加大了对应力的敏感性。冷却不均匀, 或冷却速度太快, 也是产生裂纹的一个重要因素。尤其是产生气孔或夹渣的地方, 应力最易集中, 也易产生裂纹。防止方法是用含碳量低、塑性好的材料做模体, 断面设计要合理、均匀, 焊后放在热砂中缓冷, 或及时回火或退火, 在未进行消除组织应力的回火之前, 不可受到激烈的震动或冲击, 焊接时要尽量避免产生气孔或夹渣。

(5) 过热或烧损 堆焊时熔池温度很高, 基体金属、过渡层都有可能因过热而产生粗晶, 降低力学性能, 严重时甚至使组织烧损自行脱落, 尤其修补时更易烧损, 故堆焊时电流不宜太大。

六、结语

经过实践, 在冲裁模上进行合金堆焊是切实可行的, 且这种方法在生产实际中得到了广泛而有效的应用。

(20030816)

(上接第5页)

(3) 堆焊层金相组织特性 SH13 堆焊层组织为铁素体和马氏体 (见图 2), 但分布不均匀, 个别部位有树枝状的铸态结构。

一般情况下, 当温度高于奥氏体转变点以上才存在 δ 铁素体, 但堆焊时, 冷却速度较大 (大于 $20^{\circ}\text{C}/\text{s}$), δ 相由于来不及转变为奥氏体而保持到室温, 在室温下具有很高的硬度, 它和粗大马氏体共存, 使得堆焊层韧性降低。

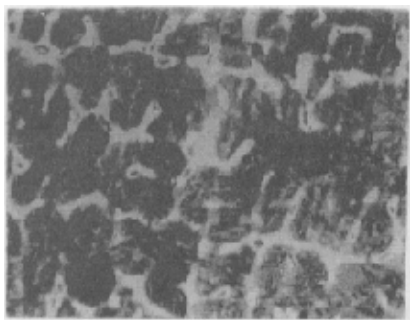


图 2

堆焊层经 600°C 回火后, 观察到组织细化 (见图 3)。块状铁素体和回火马氏体分布比较均匀, 堆焊层性能显著改善。

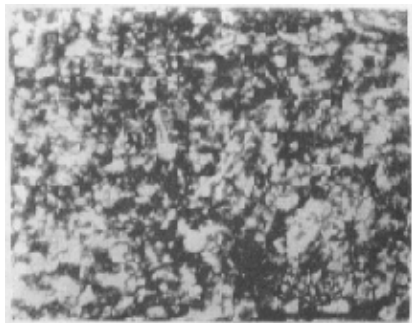


图 3

4. 结语

通过上述探讨可知:

(1) 采用雾化合金粉末填充制造无缝药芯焊丝工艺生产的 SH13 热模钢焊丝成本低、质量可靠。

(2) 采用 TIG 或 MAG 堆焊工艺, 并经回火处理, 可得到较好性能的热模钢堆焊合金。

(20030615)