

模具制造技术

马氏体时效钢金属粉芯焊丝 TIG 堆焊模具制造技术研究

魏 琪¹, 栗卓新¹, 李世敏¹, 张亚平²

(1. 北京工业大学, 北京 100022; 2. 新达工具有限公司, 山东龙口 265718)

摘要: 介绍了马氏体时效钢 TIG 模具堆焊金属粉芯焊丝的特点, 研究了该焊丝堆焊金属的性能, 探讨了堆焊模具的制造方法。研究表明: 马氏体时效钢 TIG 模具堆焊金属粉芯焊丝的焊接工艺性能和熔敷金属力学性能优良, 所制造的热锻模寿命高于 3Cr2W8V 钢模。

关键词: 马氏体时效钢; 金属粉芯焊丝; 堆焊模具

中图分类号: TG315.2 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-2168(2003)03-0051-04

Development of the Die Manufacturing Technology of TIG Surfacing Welding with Maraging Steel Metal-Cored Wire

WEI Qi¹, LI Zhuo-xin¹, LI Shi-min¹, ZHANG Ya-ping²

(1. Beijing Polytechnic University, Beijing 100022, China;

2. NEWSTAR Tool Co., Ltd., Longkou, Shandong 265718, China)

Abstract: The characteristics of the maraging steel metal-cored wire used for dies' TIG surfacing welding were introduced. The properties of the welding metals of the wire were studied and the TIG surfacing welding method for dies' manufacture was discussed. The experimental results show that the welding and mechanical performance of the wire is excellent. The service life of the hot forging die manufactured by TIG surfacing welding with the wire is much longer than that of the die made of 3Cr2W8V steel.

Key words: maraging steel; metal-cored wire; die surfacing

1 引言

目前国内模具堆焊主要采用焊条手工电弧堆焊和进口实芯焊丝钨极亚弧焊堆焊。前者由于焊接质量不高和焊接材料品种缺乏, 已很难适应复杂、高精度模具制造和修复的需求。后者则因为进口实芯焊丝价格极为昂贵且国产化的难度极大, 而不能大批量使用。因此发展新型的高性能模具堆焊材料已迫在眉睫。

马氏体时效钢是一种具有超高强度、高断裂韧性、较高硬度和良好热稳定性的合金钢, 常用于制造各种高性能的模具。近年来, 马氏体时效钢实芯堆焊焊丝在国外被广泛用于模具的制造和修复, 并

取得了良好的效果。但由于其制造工艺复杂, 成本高, 价格昂贵, 很难在国内获得广泛的应用。

本研究利用马氏体时效钢的优异性能和金属粉芯焊丝制造简单、成分控制精确、调节容易的特点, 针对模具制造与修复的急需, 在国内外率先研制成功了马氏体时效钢 TIG 模具堆焊金属粉芯焊丝, 并用这种焊接材料进行了堆焊模具制造技术的探索。

2 马氏体时效钢金属粉芯焊丝的性能

(1) 研究中对马氏体时效钢金属粉芯焊丝的焊接工艺性能进行了认真的考察和改进, 通过试验发现该焊丝焊接时的飞溅极小, 钨极不易被烧损, 使用寿命长, 焊接操作容易, 焊缝成形美观, 焊缝气孔敏感性极低, 适合于复杂和高精度模具的焊接。

(2) 参考马氏体时效钢 (18Ni) 的合金成分作为马氏体时效钢金属粉芯焊丝熔敷金属化学成分的参考指标 (见表 1), 并根据焊接性的要求进行了适当

作者简介: 魏琪 (1953-), 男, 北京人, 硕士, 副教授, 主要从事焊接冶金、金属焊接性及新型焊接材料的研究工作, 地址: 北京工业大学材料学院, 电话: (010)67392168

基金项目: 北京自然科学基金项目 (3992005)

收稿日期: 2002-09-10

调整。

表 1 18Ni(250)马氏体时效钢的化学成分 (Wt %)

C	Ni	Co	Mo	Ti	Al	Si	Mn
<0.03	17~19	7.0~ 8.5	4.6~ 5.2	0.3~ 0.5	0.05~ 0.15	<0.10	<0.10

(3) 焊后熔敷金属硬度较低, 仅为 33HRC 左右, 这便于进行简单的机加工。当进行 $500^{\circ}\text{C} \times 3\text{h}$ 的时效处理后, 熔敷金属硬度大幅度提高, 可达 50HRC 以上, 说明该堆焊焊丝时效硬化效果非常明显, 其硬度能达到模具使用的要求。

(4) 表 2 是马氏体时效钢金属粉芯焊丝熔敷金属时效处理后的力学性能。由表 2 可见, 该焊丝熔敷金属在具有 50HRC 以上硬度的同时还具有超高强度及良好的塑性和韧性。

表 2 马氏体时效钢金属粉芯焊丝熔敷金属的力学性能

σ_b (MPa)	δ_5 (%)	a_k (J/cm ²)	硬度(HRC)	
			焊态	时效处理
1990	5.9	23.7	32.7	52.3

3 堆焊模具的制造

3.1 堆焊模具的概念和意义

采用新型的堆焊模具(亦可称为双金属堆焊模具), 可以根据模具的使用条件, 分别选用合适的基体材料和表面材料, 使模具具有内韧外硬的综合性能和更高的使用寿命。这种堆焊模具不同于普通意义上的模具修补, 而是在选定的基体材料上, 大面积堆焊上特殊的合金材料而制造成的高寿命、综合性能优异的全新的整体模具。

3.2 基体材料的确定原则

模具基体材料的性能对堆焊模具的整体性能有重要的影响。其确定应根据基体材料本身的性能、基体材料与堆焊材料的结合性能以及是否能满足模具整体性能要求而确定, 同时应考虑到模具基体材料的经济性和来源的方便性。充分考虑到上述各因素和堆焊模具在今后的实际应用, 首先确定选用 40Cr、45、3Cr2W8V、H13(4Cr5MoSiV1) 作为所研究的堆焊模具的基体材料。表 3 是马氏体时效钢金属粉芯焊丝在不同基体材料、不同热处理状态下的多层多道堆焊时第 3 堆焊层金属的硬度。焊接时, 每层堆焊 10 条焊道, 一共堆焊 3 层。

由表 3 可见, 马氏体时效钢金属粉芯焊丝可以

适合不同的基体材料, 时效处理后堆焊金属的硬度都能达到 50HRC 以上。而且由于焊丝含碳量极低, 焊接时不产生焊接裂纹, 焊接性良好。

表 3 马氏体时效钢金属粉芯 TIG 焊丝堆焊层金属在不同热处理状态下的硬度 HRC

热处理状态	40Cr	45	3Cr2W8V	H13
焊态	36.0	33.5	38.2	35.2
焊后直接时效处理	53.5	52.3	54.4	51.6
焊后固溶处理	29.7	31.7	34.6	32.4
焊后固溶+时效处理	53.2	53.1	54.3	52.7

3.3 堆焊层数对堆焊金属硬度的影响

由于母材对焊丝成分的稀释作用, 焊接层数对堆焊金属的成分和硬度将产生明显影响。表 4 给出了马氏体时效钢金属粉芯焊丝在 Q235 钢上不同堆焊层时的硬度。由表 4 可见, 在一层和二层时, 堆焊层金属不能达到焊丝熔敷金属的合金成分, 硬度较低, 当第三层时, 堆焊金属(相当于熔敷金属的合金成分)的硬度可达到 50HRC 以上。

表 4 堆焊层数和焊后热处理状态对马氏体时效钢金属粉芯焊丝堆焊层硬度的影响

热处理状态	堆焊层表面硬度(HRC)		
	堆焊一层	堆焊二层	堆焊三层(熔敷金属)
焊态	35.3	35.0	32.7
焊后时效处理	43.8	48.6	52.3

注: 时效处理工艺为: 500°C 保温 3h。

3.4 堆焊层金属的硬度分布

堆焊金属表面硬度的均匀一致是保证堆焊模具具有良好使用性能的关键因素之一。图 1 给出了马氏体时效钢金属粉芯焊丝在 40Cr 钢上进行多层多道堆焊时, 第三层堆焊金属表面沿垂直焊道方向的硬度分布(连续打 10 点硬度, 每两点间的距离为 2mm)。用这种方法考核两相邻焊道之间硬度的均

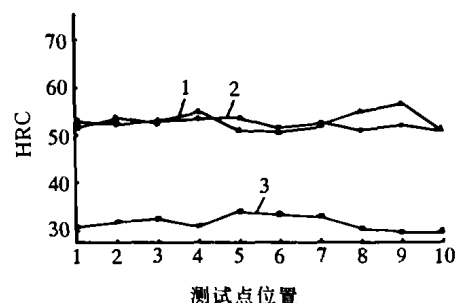


图 1 垂直于焊道方向上堆焊金属的硬度分布

1. 固溶+时效处理 2. 焊后直接时效处理 3. 固溶处理

匀性。由图 1 可见,堆焊层表面的硬度分布是均匀一致的。

3.5 堆焊金属的红硬性

良好的红硬性可以保证热作模具在较高的温度下有更长的使用寿命。本研究采用的红硬性测试方法是:将试样在 650℃ 恒温加热 1h,空冷至室温并测量其硬度,然后再次在 650℃ 恒温加热 1h 后,空冷至室温并测量其第 2 次的硬度,如此反复进行 6 次。图 2 给出了马氏体时效钢金属粉芯焊丝堆焊金属的红硬性与 3Cr2W8V 钢的红硬性对比结果。由实验结果可以看出,马氏体时效钢金属粉芯焊丝堆焊金属的硬度高于 3Cr2W8V 钢的硬度并且下降非常缓慢,经 650℃,6h 加热后,硬度仍然可以保持在 43HRC 以上,而 3Cr2W8V 钢的硬度只有 38.5HRC,说明所研制焊丝堆焊层金属具有更高的硬度和更好的抗回火软化的能力。

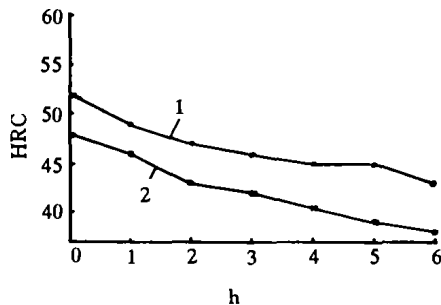


图 2 马氏体时效钢金属粉芯焊丝堆焊层金属与 3Cr2W8V 钢的红硬性对比

1. 马氏体时效钢金属粉芯焊接 2. 3Cr2W8V

3.6 堆焊金属的抗热疲劳性能

热作模具的主要失效形式之一是热疲劳失效。针对这一特点,采用与国产马氏体时效钢试样和 H13 钢实芯焊丝堆焊试样对比的方法,对马氏体时效钢金属粉芯焊丝堆焊金属试样的抗热疲劳性能进行了研究。试样直径为 $\phi 50\text{mm}$,高为 40mm 圆柱,圆柱的端面表层 4mm 为堆焊层。试样分为无缺口试样和有缺口试样。堆焊的基体材料为 Q235。热疲劳试验的方法是:将试件加热至 600℃,然后放入水中冷却,如此反复进行加热→冷却→再加热→再冷却的操作 2 500~3 000 次,直至试件表面出现变形和微小的裂纹。试验结果表明,马氏体时效钢金属粉芯焊丝堆焊金属试样的抗热疲劳性能优于国产 18Ni 马氏体时效钢试样和 H13 钢实芯焊丝堆焊

试样。

3.7 堆焊模具的热处理

在多层多道堆焊时,由于后续焊道对前边焊道的热作用,可能会使堆焊层时效后的硬度和性能产生影响。因此,按照时效硬化合金的使用要求,焊后应对堆焊层金属先进行固溶处理,然后再进行时效处理,以此保证堆焊层金属性能的均匀一致。但在实际模具的堆焊时,模具使用单位不接受从焊接→固溶处理→时效处理的加工工艺。其主要原因是因为这样的工序太复杂,模具的加工成本因此而大幅度增加,特别是当模具体积比较大时,很多模具使用单位无法对模具进行整体的固溶处理。因此,简化热处理工艺,省去固溶处理过程,降低模具加工成本,是时效硬化类堆焊焊丝和堆焊模具能否走向实际应用的关键。为此,在研究中特意针对模具焊接的实际情况,进行了焊后直接时效处理,与焊后先进行固溶处理然后再进行时效处理两种加工方法堆焊层金属硬度的对比实验,见表 3。由表 3 可知,这两种热处理方法堆焊层金属的硬度基本是一致的,这一结果使马氏体时效钢金属粉芯焊丝堆焊模具向生产的实际应用又靠近了一步。

4 热锻堆焊模具的制造及生产应用

原零件毛坯采用热冲压成形方法制造,模具材料为 3Cr2W8V 或 H13。由于热锻模加工条件恶劣,模具使用寿命较低,平均为 2 000 多件,生产中模具更换频繁,修复量大,影响了生产的顺利进行。

采用所研制的马氏体时效钢金属粉芯焊丝,在 3Cr2W8V 钢上进行 TIG 堆焊制造的新型堆焊模。这种堆焊模具的具体制造方法是:在 3Cr2W8V 钢模体上按型腔尺寸向外加工掉 5mm→将模具预热 400℃→采用马氏体时效钢金属粉芯焊丝进行 TIG 堆焊(层间温度控制在 400℃,堆焊高度为 6~7mm)→焊后进行 920℃ 保温 1h 的固溶处理→500℃ 保温 3h 时效处理→采用电火花加工型腔→对零件进行热冲压成形加工。新型堆焊模具在实际生产加工中达到 3 000 多件,比用 3Cr2W8V 钢模具的使用寿命提高了约 50%。堆焊前后的模具如图 3 和图 4 所示。

5 结束语

(1) 马氏体时效钢金属粉芯 TIG 模具堆焊焊丝

GJW 35 钢结硬质合金的组织与性能

尤显卿, 王文芳

(合肥工业大学, 安徽合肥 230009)

摘要: GJW35 钢结硬质合金是一种新型硬质模具材料, 可用于冷作模具, 又可用于热作模具。论述了这种材料的组织、锻造工艺、热处理工艺及室温和高温下的力学性能。

关键词: 钢结硬质合金; 模具; 热处理; 组织; 性能

中图分类号: TF125.3⁺2 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-2168(2003)03-0054-04

The Microstructure and Properties of the Steel-Bonded Carbide GJW35

YOU Xian-qing, WANG Wen-fang

(Hefei University of Technology, Hefei, Anhui 230009, China)

Abstract: The steel-bonded carbide GJW35 is a new kind of hard die material, can be used to make not only cold work dies, but also hot work dies. The microstructure of the carbide, the forging and heat treatment processes for the carbide, and the mechanical properties of the carbide under both ambient and high temperature were stated.

Key words: steel-bonded carbide; die; heat treatment; microstructure, property

1 引言

钢结硬质合金以它具有的高硬度、高强度及高焊接工艺性能和熔敷金属力学性能优良, 熔敷金属在焊后硬度较低(33HRC 左右), 便于进行简单的机加工。时效处理后硬度大幅度提高, 达 50HRC 以上, 可用于模具的堆焊制造和修复。

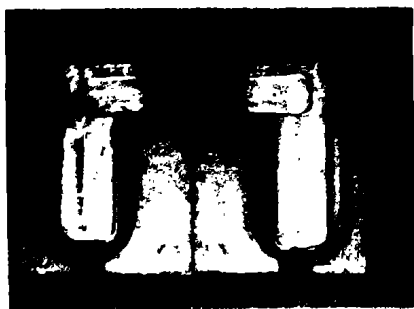


图 3 堆焊模具焊前的照片

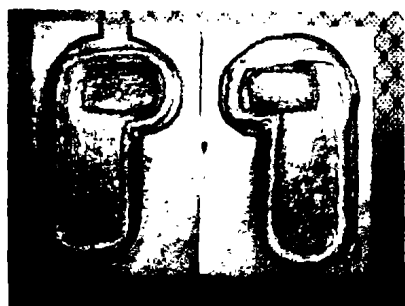


图 4 堆焊模具焊后的照片

耐磨性等性能上的优势和可锻造、可热处理及可机加工等工艺上的特点而被模具行业所关注。20 余年

(2) 马氏体时效钢金属粉芯 TIG 模具堆焊焊丝适合于多种模具基体材料的堆焊, 焊接性良好, 焊接接头不易产生焊接裂纹, 经适当的热处理后, 堆焊金属硬度均匀一致, 硬度和红硬性优于 3Cr2W8V 钢, 抗热疲劳性能优于国产马氏体时效钢和 H13 实芯焊丝。

(3) 所研制的马氏体时效钢金属粉芯焊丝热锻堆焊模具的性能优于 3Cr2W8V 钢模具, 寿命提高约 50% 左右。

参考文献:

- [1] 杨 铿. 用好国际财税优惠政策进一步提高模具工业生产技术水平[J]. 模具工业, 1998, (3)
- [2] Kalyanov V N. Weldability of the martensite steels with tool steels[J]. SVAROCHNOE PROIZVODSTVO, 1998, (4)
- [3] Subramanian C. Three-body abrasion of surface engineered die steel at elevated temperatures[J]. WEAR, 1997, (3)
- [4] 中国机械工程学会焊接学会. 焊接手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1992.