

不同焊接参数对 ZG29MnMoNi 钢表面堆焊过渡层组织的影响

陶亚平, 周杰, 曹金豆

(重庆大学材料科学与工程学院, 重庆 400044)

摘要:在 ZG29MnMoNi 钢基体堆焊 RMD142 焊材制造模具,通过控制变量法探讨了堆焊电流、堆焊电压和堆焊速度不同参数对过渡层组织和晶粒的影响,使过渡层获得最佳的显微组织和性能。试验结果表明,过渡层组织随着堆焊电流的增加变得粗大,马氏体数量明显减少,铁素体数量增多,但随堆焊电压的增加变化不大;堆焊速度越慢,过渡层的组织越粗大,但堆焊速度越大,残留奥氏体增多导致硬度下降。最佳的堆焊参数为:堆焊电流为 400 A、堆焊电压为 32 V 和堆焊速度为 500 mm/min。

关键词:ZG29MnMoNi 钢;堆焊电流;堆焊电压;堆焊速度;显微组织

中图分类号:TG455 **文献标志码:**A **文章编号:**0254-6051(2015)08-0164-04

Effect of welding parameters on microstructure of surfaced transition layer on ZG29MnMoNi steel

Tao Yaping, Zhou Jie, Cao Jindou

(School of Materials Science and Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: Surfacing experiment was carried out on ZG29MnMoNi steel using RMD142 welding material for die making. Effects of welding current, welding voltage and welding speed on microstructure of the surfaced transition layer were investigated by control variable method and preferable microstructure and properties of the surfaced transition layer were obtained. The experimental results show that with the welding current increasing, grain size of the surfaced transition layer becomes coarse, the martensite content reduces and the ferrite content increases, and with the welding voltage increasing, the microstructure not change much; with the welding speed reducing, the microstructure becomes coarse, however with the welding speed increasing, the residual austenite increases which results in the decrease of hardness. It is concluded that the suitable welding parameters should be 400 A for welding current, 32 V for welding voltage and 500 mm/min for welding speed.

Key words: ZG29MnMoNi steel; welding current; welding voltage; welding speed; microstructure

堆焊是通过焊接熔敷一层或数层焊接材料,从而使零件表面得到强化,获得耐磨损、耐热疲劳、耐腐蚀等特殊性能,或者是为了起到改变零件的表面尺寸作用^[1]。目前堆焊技术已经广泛地应用于各工业领域零件的修复与再制造^[2]。通过对失效的模具进行堆焊再修复,从而有效改善模具型腔表面或亚表面的性能,而不需要对模具整体进行处理,就可以很好地提高模具使用寿命,大大降低零件制造成本^[3]。

目前使用较多的模具制造材料是 5CrNiMo、5CrMnMo 钢,因此,现如今研究主要集中在 5CrNiMo、5CrMnMo 钢模具失效修复上^[4]。为了进一步节约 Ni、Mo 等合金元素,制造高质量低成本的模具,提出利用

低合金 ZG29MnNiMo 钢基体堆焊制造锻模。但由于 ZG29MnNiMo 钢在性能上比 5CrNiMo 钢差较多,因此,希望通过双金属强化能够弥补这方面的不足,即通过堆焊性能优良的工作层来达到模具使用的性能要求^[5]。在双金属堆焊制造模具时,过渡层在基体和强化层之间发挥连接过渡的作用,过渡层的组织和性能直接影响模具的使用寿命,影响过渡层组织和性能的主要因素为堆焊时的焊接参数。因此,本文为了获得最佳的过渡层的组织和性能,在确定堆焊金属厚度的基础上,研究探讨最佳的堆焊过渡层工艺参数。

1 试验材料及方法

1.1 试验材料

试验选用的基体材料为中碳低合金高强度铸钢 ZG29MnMoNi,焊丝选用目前在各领域都广泛应用的药芯焊丝 RMD142 进行堆焊^[6],化学成分如表 1 所示。由表 1 可以看出焊材含碳量为 0.23%,合金元素的总含量为 12.79%,属于马氏体合金堆焊材料,这种堆焊材料的焊态组织为马氏体,广泛应用于 5CrNiMo 和 H13 钢等制造的压力机锻模和小型锤锻模桥部等强磨

收稿日期:2014-12-17

基金项目:国家自然科学基金面上项目(51275543);国家科技部重大专项(2012ZX04010-081)

作者简介:陶亚平(1990—),男,硕士研究生,主要从事模具 CAD/CAE/CAM 和模具表面强化方面的研究,发表论文 2 篇。联系电话:15320436225, E-mail:taoyaping11@163.com。通讯作者:周杰,教授,博士生导师,联系电话:13983198835, E-mail:zhoujie_cqu@126.com

doi:10.13251/j.issn.0254-6051.2015.08.034

损部位的堆焊制造或修复^[7]。

表1 基体材料和焊材的化学成分(质量分数,%)

Table 1 Chemical composition of ZG29MnMoNi steel and the deposit metal (mass fraction, %)

材料	C	Mn	Cr	Mo	Ni	Si	P	S	V	Fe
ZG29MnMoNi 钢	0.29	1.2	0.126	0.89	0.40	0.35	0.016	0.013	—	余量
RMD142 焊材	0.23	2.44	4.54	1.46	1.9	0.79	0.014	0.012	0.18	余量

1.2 试验方法

本次试验采用 CO₂ + Ar 气体保护焊,焊条牌号为 RMD142,直径为 $\phi 2.4$ mm。ZG29MnMoNi 钢试板尺寸为 50 mm × 100 mm × 150 mm,焊接试验条件:焊前运行 350 °C 预热,分别采用 4 种不同的焊接电流、焊接电压及焊接速度进行焊接,如表 2 所示,研究不同堆焊参数对过渡层组织的影响。堆焊工序结束后立即进行回火热处理,回火温度设定为 550 °C,回火时间设定为 2 h。回火出炉后,把模具用石棉包覆放入沙坑中缓冷至 180 °C,最后取出空冷。

表2 堆焊工艺参数

Table 2 Welding process parameters

编号	焊接电流/A	焊接电压/V	焊接速度/(mm · min ⁻¹)
1	400	32	500
2	450	32	500
3	500	32	500
4	550	32	500
5	450	28	500
6	450	30	500
7	450	34	500
8	450	32	450
9	450	32	550
10	450	32	600

2 试验结果分析

2.1 基体母材组织分析

焊接完成后,对铸钢基体制备金相试样进行分析,母材的微观组织如图 1 所示,可以看出母材主要由铁素体和珠光体构成,含碳量比较低,属于亚共析钢。母材受到焊接热影响比较小,因此不会发生奥氏体相变,而且母材未经冷加工变形,所以看不到由于再结晶导致的组织结构的变化。

2.2 堆焊工艺参数对 RMD142 堆焊层组织影响

2.2.1 堆焊电流对 RMD142 堆焊层组织影响

图 2 为堆焊电流对 RMD142 堆焊层组织影响的试验结果,堆焊电压 32 V 与堆焊速度 500 mm/min 在试

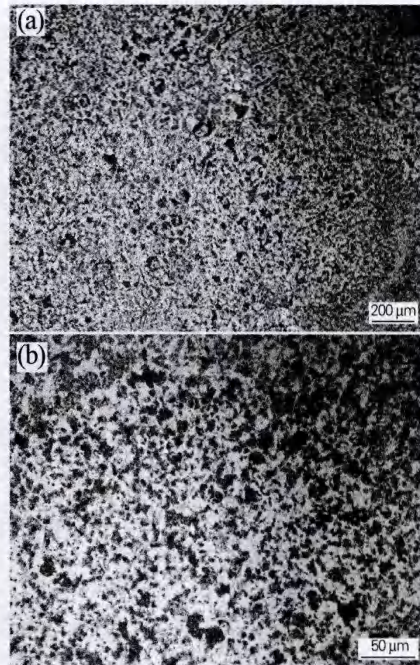


图1 母材 ZG29MnMoNi 钢的微观组织

Fig. 1 Microstructure of the base metal ZG29MnMoNi steel

验中保持不变。当焊接电流为 400、450、500 及 550 A 时,如图 2 所示,RMD142 堆焊组织为马氏体、粒状贝氏体与铁素体及少量的碳化物,并随着堆焊电流的增加,晶粒开始粗化,马氏体的数量明显减少,特别是电流增大到 500 A 及 550 A,铁素体的数量开始增多。这是因为电流增大以后,母材对堆焊金属的稀释率增大,同时电流增大,合金元素的烧损就会相对多一些,这都会造成堆焊过渡层中 Cr、Mn、Mo、Ni 等含量的降低,而合金元素对马氏体的形成起促进作用。堆焊电流增大,焊接热输入量增大,熔池存在时间变长,焊缝在高温区停留的时间也相应变长,冷却速度变慢,奥氏体有充分的时间长大,所以晶粒变得粗大。同时,在高温区停留时间长,会有更多的铁素体产生。因此,400 A 为最佳堆焊电流。

2.2.2 堆焊电压对 RMD142 堆焊层组织影响

图 3 为堆焊电压对 RMD142 堆焊层组织影响的试验结果,堆焊电流 450 A 与堆焊速度 500 mm/min 并保持不变,当电压由 28、30、32 V 到 34 V 逐渐增大的过程中,堆焊组织并没有变化,都为马氏体、铁素体、粒状贝氏体及少量碳化物,但是在组织的均匀性上面会有差别,如图 3(a)、(b)、(c) 所示。当电压为 32 V 时,相对其它几个电压值得到的组织更为均匀,这主要是因为电压会影响焊接过程的稳定性与冶金反应,在组织上表现为不均匀性,如图 3(d) 所示,因此 32 V 为

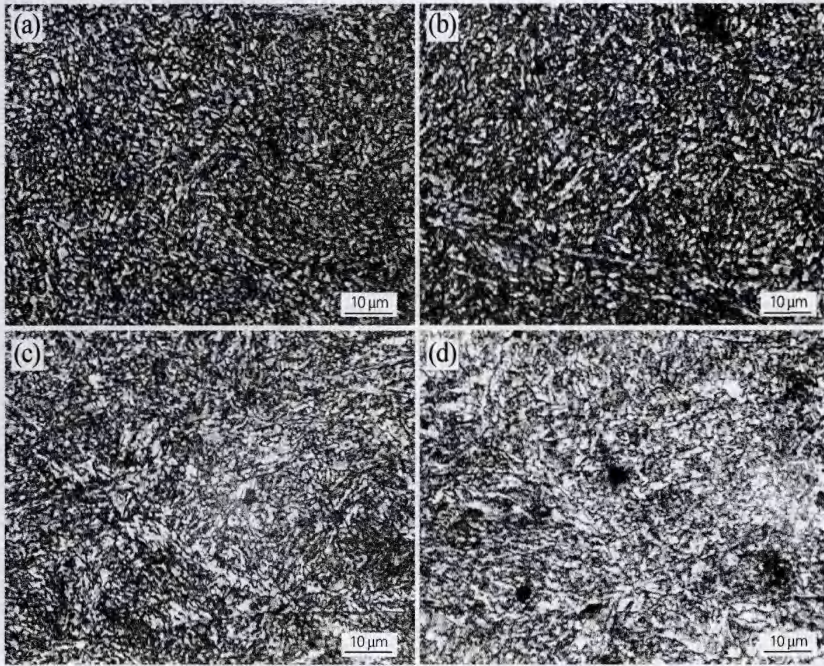


图2 焊接电流对 RMD142 堆焊层组织的影响
 Fig. 2 Effect of welding current on microstructure of the RMD142 surfaced layer
 (a) 400 A; (b) 450 A; (c) 500 A; (d) 550 A

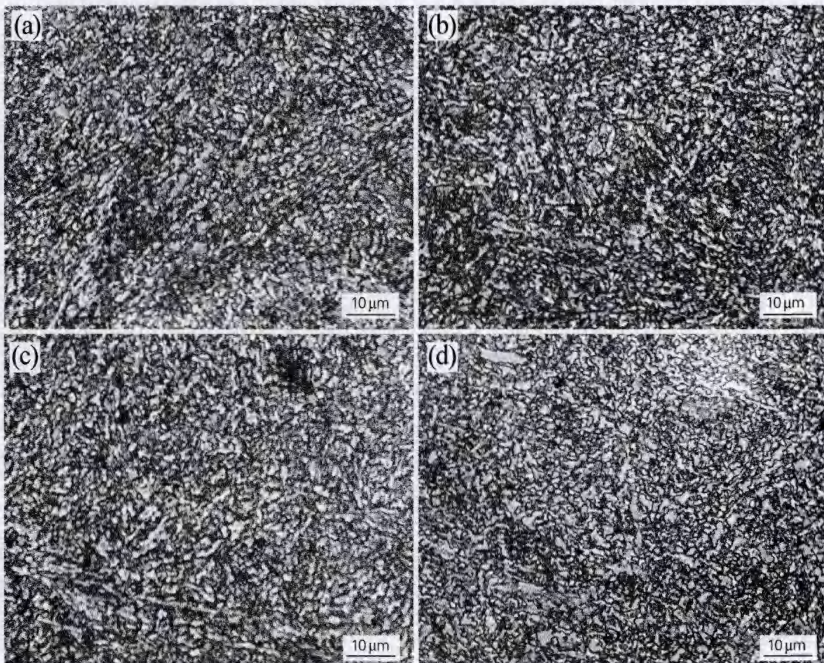


图3 堆焊电压对 RMD142 堆焊层组织的影响
 Fig. 3 Effect of welding current on microstructure of the RMD142 surfaced layer
 (a) 28 V; (b) 30 V; (c) 32 V; (d) 34 V

最佳堆焊电压。

2.2.3 堆焊速度对 RMD142 堆焊层组织影响

图4 为堆焊速度对 RMD142 堆焊层组织影响的试

验结果,堆焊电压 30 V、堆焊电流 450 A,并在试验过程中保持不变。如图 4(a)、(b)所示,组织为马氏体,粒状贝氏体、铁素体及少量碳化物,且在450 mm/min

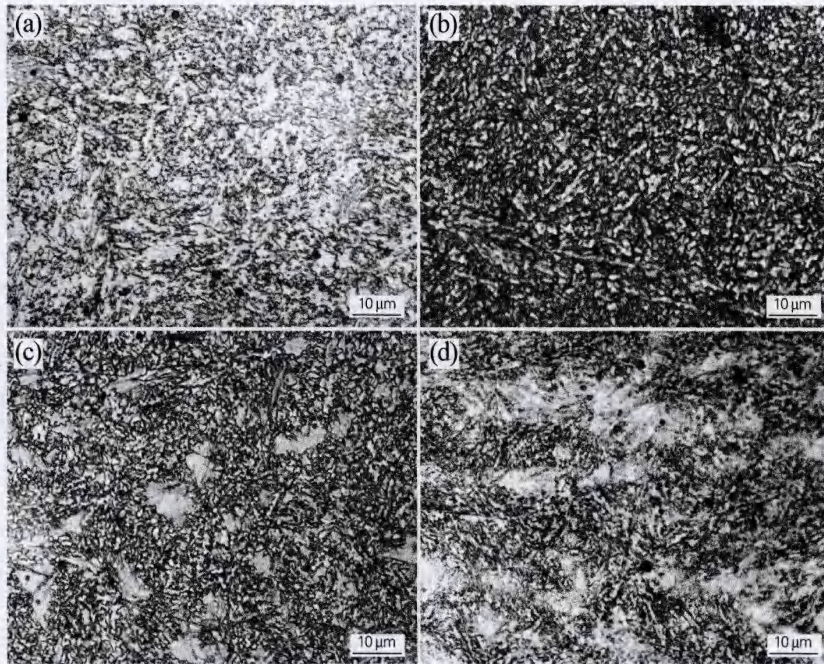


图4 堆焊速度对 RMD142 堆焊层组织的影响

Fig. 4 Effect of welding speed on microstructure of the RMD142 surfaced layer
(a) 450 mm/min; (b) 500 mm/min; (c) 550 mm/min; (d) 600 mm/min

时,产生了大量的粒状贝氏体与铁素体。当堆焊速度较慢时,过冷度小,冷却速度也较慢,试样在高温区停留的时间变长,铁素体与粒状贝氏体就会越多,同时奥氏体也有充分的时间长大,所以组织显得比较粗大。图4(c)、(d)所示,当焊接速度较快时,产生了大量的残留奥氏体,且以大块状聚集。主要原因是随着冷却速度的变化,在奥氏体转变为马氏体的过程中,由于滞后的原因,会形成残留奥氏体,而过冷度越大,则滞后越严重,有可能导致残留奥氏体的增多,从而使硬度下降。因此,500 mm/min 为最佳堆焊速度。

3 结论

1) ZG29MnMoNi 钢体在堆焊 RMD142 焊材后,通过微观组织分析发现基体受到的热影响比较小,没有发生奥氏体相变,组织主要为铁素体和珠光体。

2) 通过控制变量法分析,晶粒随着堆焊电流的增加开始粗化,RMD142 堆焊层马氏体的数量明显减少,铁素体的数量增多,最佳的堆焊电流为 400 A。

3) RMD142 堆焊层组织随着堆焊电压的增加变化不大,但堆焊电压为 32 V 时,组织更加均匀。堆焊速度越慢,堆焊层的组织越粗大,但堆焊速度越大,残留奥氏体越多而导致硬度下降,最佳的堆焊速度为

500 mm/min。

参考文献:

- [1] Fuhrich T, Berger P, Hügel H Marangoni. Effect in laser deep penetration welding of steel[J]. *Journal of Laser Applications*, 2001, 13: 178-186.
- [2] 王 娟. 表面堆焊与热喷涂技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 17-23.
- [3] 李亚江, 张永喜, 王 娟, 等. 焊接修复技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009: 7-16.
- [4] 卢 顺, 周 杰, 李梦瑶, 等. 双金属层堆焊法制备铸钢基体大型锻模[J]. *金属热处理*, 2013, 38(10): 58-61.
Lu Shun, Zhou Jie, Li Mengyao, et al. Large forging die manufactured with dual hardfacing metal layer on cast steel matrix [J]. *Heat Treatment of Metals*, 2013, 38(10): 58-61.
- [5] 李梦瑶, 周 杰, 余盈燕, 等. 铸钢基体堆焊模具服役前后基体的组织与性能[J]. *金属热处理*, 2014, 39(3): 113-116.
Li Mengyao, Zhou Jie, Yu Yingyang, et al. Microstructure and properties of cast steel matrix of surfaced die before and after serviced [J]. *Heat Treatment of Metals*, 2014, 39(3): 113-116.
- [6] Menon R. Recent advances in cored wires for hard facing[J]. *Welding Journal*, 2002, 81(11): 53-58.
- [7] 潘 攀. 几种热作模具堆焊金属组织与性能的对比如研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2009
Pan Pan. Comparative study on the microstructure and performance of several deposited metal of hot working dies [D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2009.