

P20 模具钢表面合金化组织与性能^{*}

张 伟^{1,2}

(1. 浙江机电职业技术学院 机械工程学院, 杭州 310053; 2. 浙江大学 计算机科学与技术博士后科研流动站, 杭州 310027)

摘 要: 在 P20 模具钢表面进行激光合金化, 利用金相显微镜、维氏硬度计等设备检测了合金化层的组织和性能。试验表明, 激光合金化可在材料表面获得组织致密, 晶粒细化, 深度大, 与基体结合牢固的强化层。合金化区的硬度范围为 635~699 HV_{0.2}, 热影响区硬度范围为 441~474 HV_{0.2}。激光合金化试样的耐磨损性能比预硬化的 P20 钢提高了 35%。采用激光合金化对模具表面进行强化, 将大大提高模具的使用寿命。

关键词: 激光合金化; P20 钢; 表面改性; 显微组织; 硬度

中图分类号: TG174.44 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9289(2012)03-0068-03

Microstructure and Properties of Laser Alloying on the Surface of P20 Die Steel

ZHANG Wei^{1, 2}

(1. Mechanical Engineering Branch Institute, Zhejiang Institute of Mechanical & Electrical Engineering, Hangzhou 310053; 2. Computer Science and Technology Post - doctoral Mobile Station, Zhejiang University, Hangzhou 310027)

Abstract: The experiments of laser alloying on the surface of P20 mold steel were conducted. The microstructure and properties of laser alloying specimens were studied. The research shows that laser alloying layer has better properties such as superfine crystals, deeper layer, and good metallurgical bonding with matrix. The hardness of the alloying zone was between 635 HV_{0.2} and 699 HV_{0.2}, and hardness of the heat affected zone was between 441 HV_{0.2} and 474 HV_{0.2}. The anti-abrasive performance of alloying specimen increased by 35% more than that of P20 steel. The mold useful life may significantly increase by using laser alloying on the surface of mold.

Key words: laser alloying; P20 steel; surface modification; microstructure; hardness

0 引 言

P20 钢属于预硬型塑料模具钢, 目前被广泛应用于大、中型精密塑料模具制造^[1]。P20 钢淬火-回火预硬后的硬度可达 31 HRC。一般 P20 钢预硬化后, 直接加工成模具, 而不再进行最终热处理^[2-3]。由于模具硬度较低, 使用过程中因熔融塑料中杂质、硬质填料等的不断冲刷, 模具型腔磨损, 表面变粗糙, 需不断抛光。多次抛光后型腔尺寸过小, 导致模具失效。因此, 对于精

密注塑模, 需要对模具受力面采用特殊的工艺强化, 以提高模具寿命。传统的模具强化方法, 如渗碳、氮化、淬火等, 存在材料适应性差, 强化层薄, 与基体结合度低, 型腔易变形等缺陷^[4]。

激光合金化是一种新的表面改性工艺。它以激光为热源加热基体表面, 使基体表层及预置在表层上的合金粉末同时熔化, 形成表层微型熔池, 当激光束移开后, 熔融金属迅速凝固, 从而在基体表层形成具有特定成分的合金层。通过激

收稿日期: 2012-03-15; **修回日期:** 2012-03-29; **基金项目:** * 浙江省教育厅科研项目(Y201120211); 浙江省高等学校优秀青年教师资助计划(2010299)

作者简介: 张伟(1980-), 男(汉), 山东泰安人, 讲师, 博士后; **研究方向:** 激光加工

网络出版日期: 2012-05-23 21:01; **网络出版地址:** <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.3905.TG.20120523.2101.009.html>

引文格式: 张伟. P20 模具钢表面合金化组织与性能 [J]. 中国表面工程, 2012, 25(3): 68-70.

光表面合金化,可在一般基体表层获得高性能合金层。由于加热和冷却速度很快,合金层一般为过饱和的非平衡相或亚稳相,同时晶粒高度细化,合金化层可具有极高强度、硬度、耐蚀、耐磨及其他特殊性能^[5-7]。此外,激光合金化还具有加工精度高、热变形程度小、自动化程度高等特点,在模具表面强化领域具有极大的应用潜力。

1 试验过程及材料

试验所用的基材为淬火后回火的 P20 模具钢,其热处理工艺为 860 °C 淬火 2 h,660 °C 回火 6 h,化学成分见表 1。选用 38 μm 的 Fe 基合金粉(成分如表 2),采用 10 kW CO₂ HANSGS 型激光器进行试验;将树脂粘结剂与合金粉末按质量比 1 : 5 调成膏状刷涂在 P20 钢表面,厚度 2 mm;激光功率 3.6 kW,扫描速率 400 mm/min,光斑尺寸 10 mm×2 mm;试验完成后,制备金相分析试样;利用 XH-500DC 金相显微镜观察合金化试样显微组织,利用 HXS-1000AY 型硬度仪(载荷 200 g,保荷 30 s),测适合合金化试样的硬度,利用 MPX-2000 型销盘式摩擦试验机测量试样的耐磨损性能,试样为直径 5 mm,高 10 mm 的棒状,摩擦副为直径 50 mm,厚 20 mm 的淬火

GCr15 轴承钢圆盘。摩擦磨损试验机的压紧载荷为 900 N,上轴转速 1 100 r/min。

表 1 P20 钢的元素成分(质量分数/%)

Table 1 Chemical composition of P20 steel (w/%)

Element	C	Cr	Si	Mn	Mo	Cu	Fe
w/%	0.35	1.67	0.58	0.95	0.39	0.06	Bal.

表 2 合金粉末的元素成分(质量分数/%)

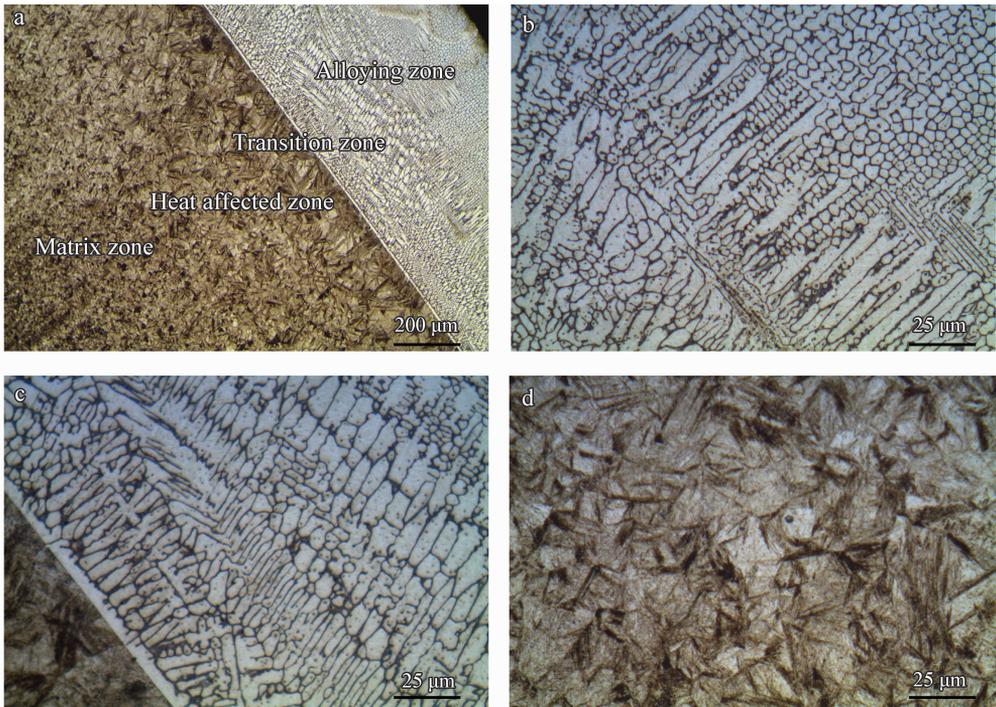
Table 2 Chemical composition of alloy powder (w/%)

Element	C	Cr	Ni	Si	Mo	B	Fe
w/%	≤1.5	15	12	4.5	5	3	Bal.

2 试验结果与分析

2.1 显微组织形貌

图 1(a)为激光合金化试样横截面全貌,按照组织类型及位置的不同,可分为合金化区、过渡区、相变硬化区(热影响区)和基体 4 个区域;右上方白亮带(比其他区域更耐腐蚀)为合金化层,其放大图像如图 1(b)所示,可看出合金化区组织为胞状树枝晶。合金化区下方为过渡区,如图 1(c)所示,从图中可看出合金化区与基体 P20 钢为冶金结合。



(a) Full view of cross section (b) Allying zone (c) Transition zone (d) Phase-change hardened zone (heat affected zone)

图 1 试样横截面金相显微组织

Fig. 1 Microstructure of laser alloying specimen

图1(d)为基体的相变硬化区,呈现针状组织。该区域在合金化过程中温度略低于熔点,未发生熔凝,但是由于下部冷态基体的导热、冷却速度非常快,产生“自淬火效应”,形成淬火马氏体组织。基体的放大形貌如图1(a)左下部所示,在白色基体上分布着许多细小颗粒,结合基体的热处理工艺(860℃淬火2h,660℃回火6h),为回火托氏体组织(铁素体+颗粒状渗碳体)。

金相组织表明,激光合金化层组织致密,晶粒超细化,没有裂纹、气孔等缺陷。由于激光合金化主要靠基体导热,存在较大温度梯度,合金化层组织主要为定向生长的胞状树枝晶。

2.2 显微硬度

图2是激光合金化试样横截面的显微硬度曲线。合金化层(0~0.5 mm)的硬度范围为635~699 HV_{0.2},比基体平均硬度(340 HV_{0.2})提高了1倍。激光合金化层的高硬度是由细晶强化、固溶强化共同作用的结果。激光加热和冷却速度非常快,合金化层晶粒超细,晶界较多,能阻碍位错运动,起到细晶强化作用。合金化层奥氏体晶粒为多元固溶体,因冷却速度很快,溶质元素来不及析出,呈过饱和状态,起到固溶强化作用。相变硬化区(0.7~1.1 mm)的硬度范围为441~474 HV_{0.2}。因为冷却速度较快,马氏体超细化,硬度高于常规淬火。

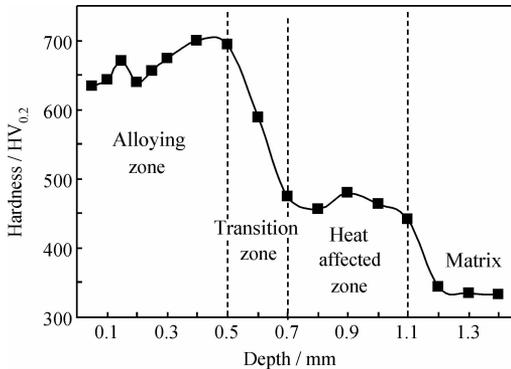


图2 P20钢激光合金化试样的显微硬度曲线

Fig. 2 Microhardness curves of laser alloying specimen

2.3 耐磨性

P20钢基体和激光合金化试样的磨损失重曲线如图3所示。测试结果表明,激光合金化试样的耐磨损性能比P20基体提高了35%。

激光合金化试样磨损性能的提高有2个原因:①是合金化层的硬度高,更耐磨;②激光合金

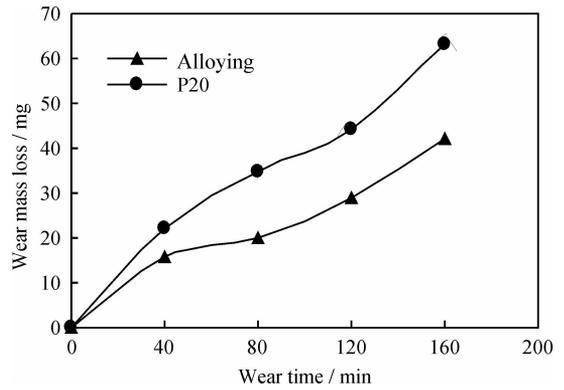


图3 磨损对比曲线

Fig. 3 Abrasion comparison curves

化层的晶粒细化,晶界较多,能抵抗塑性变形,韧性较好,在长时间的摩擦磨损过程中,不容易发生疲劳磨损。

3 结论

(1)P20钢经激光合金化后,合金化层为致密的胞状树枝晶组织,晶粒超细化,更耐腐蚀,无裂纹、气孔等缺陷。

(2)激光合金化层的硬度范围为635~699 HV_{0.2},比P20基体提高了1倍,激光合金化层的耐磨损性能比P20基体提高了35%。

参考文献

- [1] 宋冬利,顾剑锋,胡明娟,等. 预硬型塑料模具钢P20和718等温转变曲线的测定与分析[J]. 金属热处理, 2008, 23(12): 27-29.
- [2] 朱义全,于健,刘宗昌,等. P20塑料模具钢的回火组织与硬度[J]. 包头钢铁学院学报, 2003, 22(3): 42-45.
- [3] 赵新. P20钢预硬化热处理工艺的研究[J]. 热加工工艺, 2009, 38(14): 130-134.
- [4] 张伟,石淑琴,陈云祥,等. 激光熔覆WC颗粒增强Ni基金属组织性能的研究[J]. 应用激光, 2012, 32(1): 18-21.
- [5] 张伟,石淑琴,陈云祥,等. 激光熔覆Ni-Cr-B-Si高温合金组织与性能的研究[J]. 金属热处理, 2012, 27(5): 34-38.
- [6] 葛亚琼,王文先. 不同激光功率下镁合金表面激光熔覆Ni60合金涂层的显微组织和磨损性能[J]. 中国表面工程, 2012, 25(1): 45-50.
- [7] 马世宁,王翔,王晓明. 表面纳米化7A52铝合金在油润滑条件下的耐磨性能[J]. 中国表面工程, 2012, 25(1): 28-32.

作者地址: 杭州市滨江区滨文路528号

310053

浙江机电职业技术学院 机械工程学院

Tel: (0571) 8777 2613

E-mail: zhangweihz@sina.cn