

文章编号: 1004-0609(2003)02-0454-06

激光熔覆含 B_4C_p , SiC_p 钴基合金涂层的组织与耐磨性能^①

斯松华¹, 何宜柱¹, 袁晓敏¹, Je-Hyun Lee², Mark T. Lusk³

(1. 安徽工业大学 激光加工研究中心, 马鞍山 243002;

2. Department of Materials Science and Engineering, The Changwon National University,
9 Sarianr-dong, Changwon 641-773, South Korea;

3. Division of Engineering, Colorado School of Mine, Golden, CO 80401, USA)

摘 要: 运用激光熔覆技术在 16Mn 钢表面制备了钴基合金涂层 (Co55)、含 20% SiC_p (体积分数, 下同) 的钴基合金涂层 (CoSiC) 以及含 20% B_4C_p 钴基合金涂层 (CoB₄C), 比较研究了合金涂层的组织、相结构、显微硬度及滑动磨损性能。结果表明: 合金涂层由涂层结合区的胞状共晶组织及涂层区的树枝状亚共晶组织组成, CoSiC 涂层及 CoB₄C 涂层的树枝晶比 Co55 涂层的更细小; B_4C_p 及 SiC_p 在熔覆过程中完全熔解, 其分解出的 B, C, Si 与涂层中的合金元素结合形成了更多的化合物, Co55 涂层由 γ -Co 和 (Cr, Fe)₇C₃ 组成, CoSiC 涂层由 γ -Co, Cr₇C₃, Cr₂₃C₆, CoSi₂, Cr₃Si 和 Si₂W 组成, CoB₄C 涂层由 γ -Co, Cr₇C₃, Cr₂₃C₆, CrB, CrB₂ 和 Fe₂₃(C, B)₆ 组成; 3 种激光熔覆涂层的显微硬度及耐磨性由高到低的顺序为 CoB₄C → CoSiC → Co55。对涂层的强化机理进行了分析。

关键词: 激光熔覆; 钴基合金; SiC ; B_4C ; 组织; 耐磨性

中图分类号: TG 142.33

文献标识码: A

激光熔覆由于能够在普通基材表面上获得具优异的耐磨、耐蚀及抗高温等性能的涂层, 从而成为材料激光表面改性中非常活跃的研究领域^[1-3]。目前常用的激光熔覆材料主要有铁基、镍基及钴基合金粉末等。钴基合金不仅具有良好的高温性能和耐蚀性能, 且具有较好的耐磨性能, 在工业生产中已获得了广泛的重视^[4-6]。由于陶瓷材料具有高熔点、高硬度、耐磨性好、高温强度高和优良的热稳定性等特点, 往往在熔覆合金中加入一定量的陶瓷颗粒以进一步提高熔覆合金涂层的性能。 WC_p , TiC_p 及 SiC_p 等常作为加入到熔覆合金中的陶瓷相, 它们在激光熔覆合金涂层的行为除与熔覆材料以及陶瓷相本身的特性密切相关外, 主要受熔覆工艺参数的影响^[7-15]。加入的陶瓷粒子在激光熔覆时合金涂层中的存在形式主要有两种类型: 一是熔覆后部分熔解, 熔解后分解出的原子除固溶于固溶体外, 还能重新结晶形核长大或与其它合金元素形成化合物^[7-14]; 二是熔覆时完全熔解, 固溶于固溶体中或形成其它一些化合物^[15]。目前 WC_p , TiC_p 及 SiC_p 等加入到镍基合金中提高熔覆合金涂层性能的研究报道较多^[9-12], 而加入到钴基合金中的研究报道相对较少, 尤其是 B_4C 陶瓷加入到钴基合金中的研究。

本文作者利用 5kW CO_2 连续波激光器在 16Mn 钢材表面制备了钴基合金涂层 (Co55), 含 20% SiC_p 钴基合金涂层 (CoSiC) 以及含 20% B_4C_p 钴基合金涂层 (CoB₄C), 比较研究了 3 种合金涂层的组织、相结构、显微硬度及滑动磨损性能。

1 实验方法

1.1 实验材料及试样制备

基体材料为正火态 16Mn 钢, 试样尺寸为 100 mm × 50 mm × 10 mm, 待熔覆表面磨光。钴基合金粉末的平均化学成分 (质量分数, %) 为: 2.0 C, 25 Cr, 2 Si, 3 Ni, 5 Fe, 1 Mo, 7 W, 余为 Co。Co 基合金粉末粒度为 58~104 μm 。 B_4C_p 的粒度为 49~74 μm , SiC_p 的粒度为 52 μm 。采用钴基合金粉末, 加入 20% SiC_p 的钴基合金复合粉末以及加 20% B_4C_p 的钴基合金复合粉末作为预涂覆材料, 复合粉末经充分研磨混合均匀。用火棉胶和醋酸正戊酯作粘结剂, 将 3 种粉末分别均匀地涂覆在基材试块表面, 厚度约 1 mm。

用 5 kW CO_2 连续波激光器对钴基合金粉末预涂层、含 SiC_p 及 B_4C_p 钴基合金复合粉末预涂层分别

① 基金项目: 中韩政府间国际合作资助项目 (2002009) 和安徽省科技厅中美国际合作资助项目 (01088013)

收稿日期: 2002-05-24 修订日期: 2002-08-08

作者简介: 斯松华 (1966-), 男, 副教授, 硕士。

通讯联系人: 斯松华, 安徽工业大学激光加工研究中心

进行单层多道熔覆处理, 得到激光熔覆钴基合金涂层($Co55$), 含 SiC_p 钴基合金涂层($CoSiC$) 及含 B_4C_p 的钴基合金涂层(CoB_4C), 熔覆工艺参数为: 搭接率为 40%~50%, 光斑直径为 3.5 mm, 激光输出功率为 3 kW, 扫描速度为 2.5 mm/s。熔覆时用 N_2 保护熔池。

取合金涂层表面及垂直于激光扫描方向的合金涂层的横截面制得金相试样用于光学显微镜及扫描电镜组织观察, 尺寸为 15 mm × 10 mm × 10 mm; X 射线衍射分析用试样尺寸为 25 mm × 25 mm × 10 mm, 合金涂层表面磨光; 滑动磨损试验磨损试样尺寸为 30 mm × 6.5 mm × 6.5 mm, 表面磨光, 磨损面(合金涂层)为 30 mm × 6.5 mm。

用 Olypums - PME3 光学显微镜(OM) 及 JSM - 35C 扫描电镜(SEM) 进行组织形貌观察; 用 DMAX-II 型 X 射线衍射仪(XRD) 进行组成相分析; 用国产 HVA-10A 型维氏硬度计测量合金涂层和基体的显微硬度。

滑动磨损试验在 MM200 环-块式滑动磨损试验机上进行, 载荷为 15 kg, 转速为 400 r/min, 对磨时用 1:500 的乳化液冷却。对磨试样为低温回火马氏体 9CrSi, 硬度为 HRC56, 其外径为 40 mm, 内径为 10 mm, 宽 10 mm。用感量为万分之一的分析天平称其质量。每磨损 10 min 称量, 计算磨损量($\Delta m_i = m_i - m_0$, $i = 1, 2, \dots, 6$, m_0 为磨损试样初始质量), 磨损量越小, 耐磨性越好。

2 结果与讨论

2.1 激光熔覆合金涂层的显微组织

图 1 为激光熔覆 $Co55$ 合金涂层沿垂直于激光扫描方向剖面及合金涂层表面的典型的低倍组织形貌。从图 1(a) 可见, 自上向下可分为合金涂层区, 结合区, 基材热影响区及基材基体区。结合区表现为一条明显的“白亮带”, 显示出熔覆层与基体能达到良好的冶金结合。结合区下面为基材热影响区, 主要由马氏体组成, 这是因为熔覆时熔池底部的基体温度高于临界点 A_{c3} , 依靠基体的传热发生淬火得到马氏体组织。随着离开结合区的距离增加, 加热温度不断降低, 由相变区、部分相变区最后过渡到基体组织。合金涂层区主要表现为明显的枝晶生长特征, 且枝晶的生长方向大致沿垂直于热流方向向上生长^[4]。

图 1(b) 是激光熔覆涂层表面两熔覆焊道搭接区处的组织形貌。可看出焊道组织主要是沿激光扫

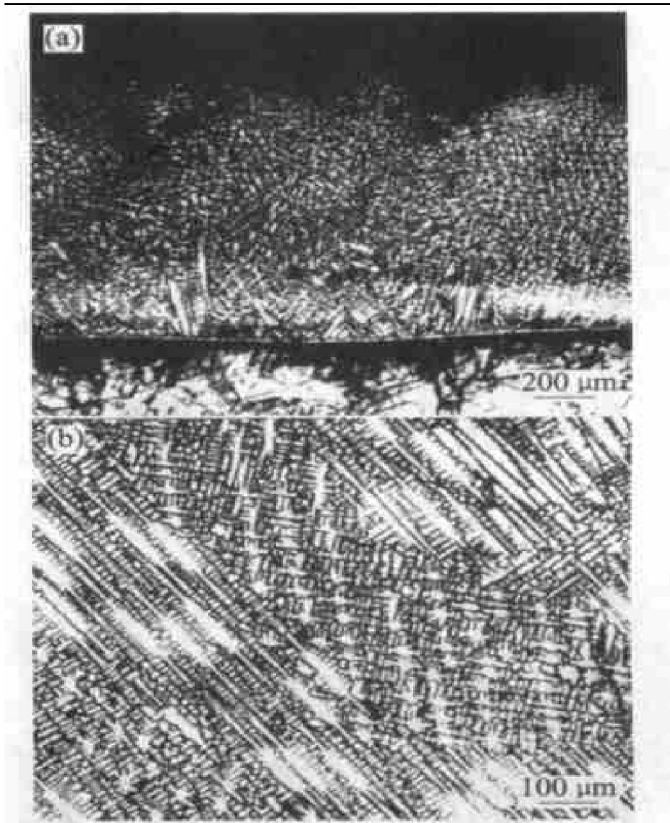


图 1 激光熔覆钴基合金涂层的低倍组织形貌

Fig. 1 OM microstructure of laser

clad alloy coating($Co55$)

(a) —Cross-section; (b) —Surface

描方向生长的树枝状晶, 而两焊道搭接区的树枝状晶生长方向并不与激光扫描方向平行, 表现出相对的杂乱, 这主要是由于在搭接区熔池成分温度的不均匀性以及先凝固结晶焊道对后凝固结晶焊道的影响所致。

图 2 所示为激光熔覆 $Co55$, $CoSiC$ 及 CoB_4C 合金涂层与基材的结合区附近的 SEM 组织形貌。从图 2 可看出合金涂层区实际上主要由两部分组成^[15]: 涂层结合区和涂层区。涂层结合区呈典型定向快速凝固特征, 在涂层与基材界面存在一熔合带状区, 宽度约几微米, 在带状区前沿为约 10 μm 至 200 μm 宽的沿热流方向生长的细密胞状共晶组织, 与 $Co55$ 涂层相比, $CoSiC$ 涂层的细密胞状枝晶区较窄(图 2(b)), 而 CoB_4C 涂层的较宽(图 2(c)); 在涂层细密胞状枝晶区的上方为树枝状亚共晶组织, 且 3 种激光熔覆涂层的树枝状枝晶的大小有明显的不同。 $Co55$ 涂层的枝晶较粗大, $CoSiC$ 涂层次之, CoB_4C 涂层的枝晶最细小。

图 3 所示为激光熔覆 $CoSiC$ 涂层区的 SEM 高倍组织的典型形貌。可以看出涂层与基材界面的熔合带状区上方的涂层结合区为细密胞状共晶组织(图 3(a)); 而涂层区主要以亚共晶方式结晶, 在初

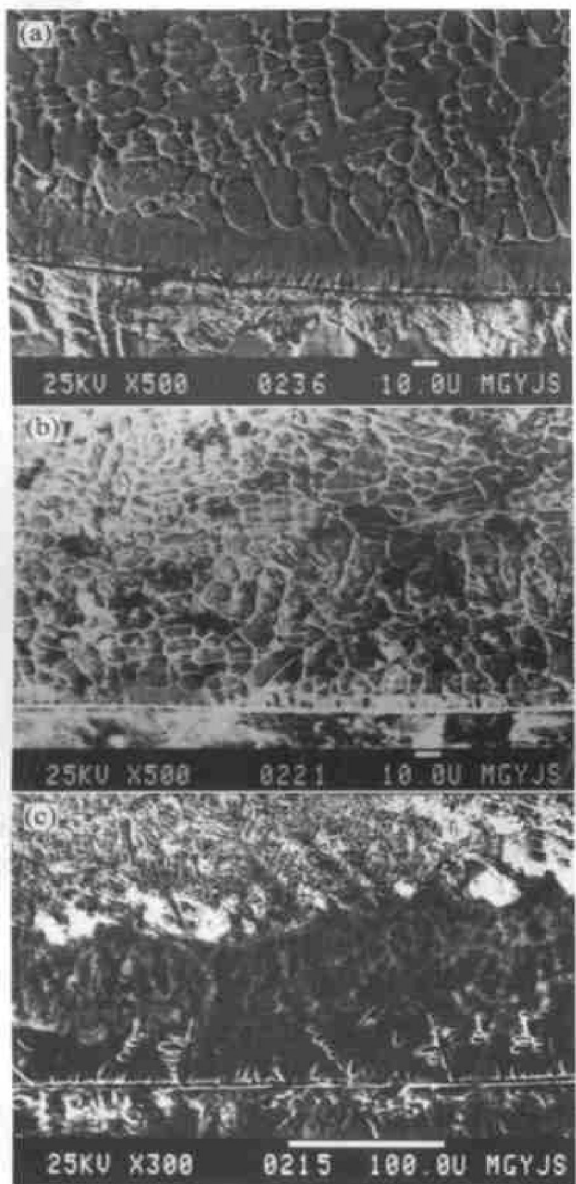


图2 激光熔覆涂层结合区的显微组织 SEM 形貌

Fig. 2 SEM microstructures of bonding zone of different laser clad coatings
(a) —Co55; (b) —CoSiC; (c) —CoB₄C

生树枝状枝晶间存在大量细小的共晶组织，而共晶组织实际上也是由更细小的枝晶固溶体与共晶化合物所组成。

激光熔覆过程是快速加热快速凝固过程，凝固组织生长形态主要由固液界面稳定因子 (G/R) 决定，其中 G 为温度梯度， R 为凝固速率。在激光熔覆扫描速度一定时，激光熔池中从熔池的底部到顶部， G 由最大值逐渐减少，而在同一截面上的晶体生长速度从最小逐渐增大。因此在熔池与基材的结合区 G/R 极大，此时固液界面的生长经低速平界面的方式进行，最终在熔池与基材的结合部出现无偏析的组织，即“白亮带”。它是由于熔覆合金与基体金属在激光束作用下交互扩散面形成的固溶结合

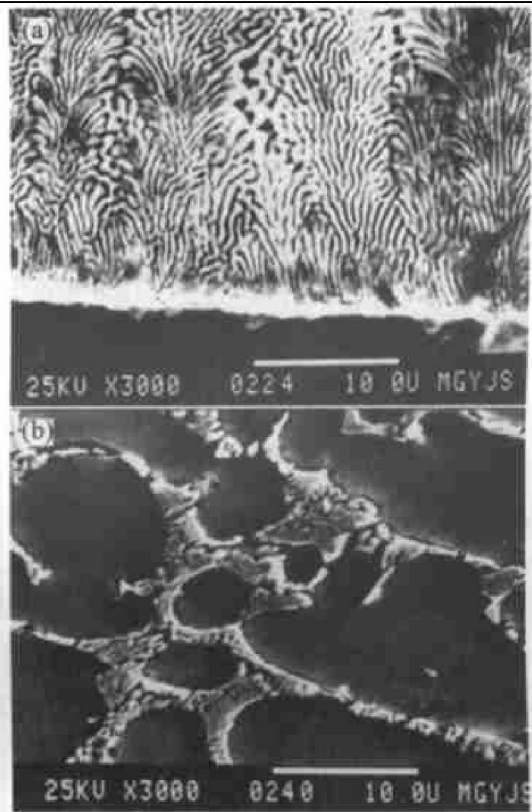


图3 激光熔覆 CoSiC 涂层组织的 SEM 形貌

Fig. 3 SEM morphologies of laser clad CoSiC coating
(a) —Fine cellular crystal; (b) —Dendrite crystal

层。随着离熔池底部距离的增加， G/R 减少，则平界面失稳，出现胞状晶区以及树枝晶组织，且受很大的温度梯度的影响，胞状晶及树枝晶组织大都沿逆热流方向外延生长^[6, 15]。

值得注意的是在钴基合金粉末中加入 SiC 及 B₄C 陶瓷粉末后激光熔覆 CoSiC 及 CoB₄C 涂层中的树枝晶比 Co55 涂层中的树枝晶明显细小。分析认为由于陶瓷的熔点比钴基合金粉末的熔点高得多，加入 SiC 及 B₄C 陶瓷粉末后，在激光扫描时钴基合金粉末应比陶瓷粉末颗粒优先熔化，而激光熔覆过程是快速加热快速凝固过程，陶瓷粉末熔化处合金成分浓度高，温度却相对较低，这样就提供了结晶所需要的成分起伏和温度起伏条件，导致结晶核心增多，从而有利于枝晶细化。B₄C 陶瓷熔解后分解出的 B 原子是一个晶界偏聚元素，能够偏聚在奥氏体的晶界，降低了奥氏体晶界的表面能，较大地抑制了枝晶的生长，从而使 CoB₄C 涂层中枝晶组织最细小。

2.2 激光熔覆合金涂层的 X 射线衍射分析

图4所示为激光熔覆 Co55, CoSiC 及 CoB₄C 3 种合金涂层表面的 X 射线衍射谱。

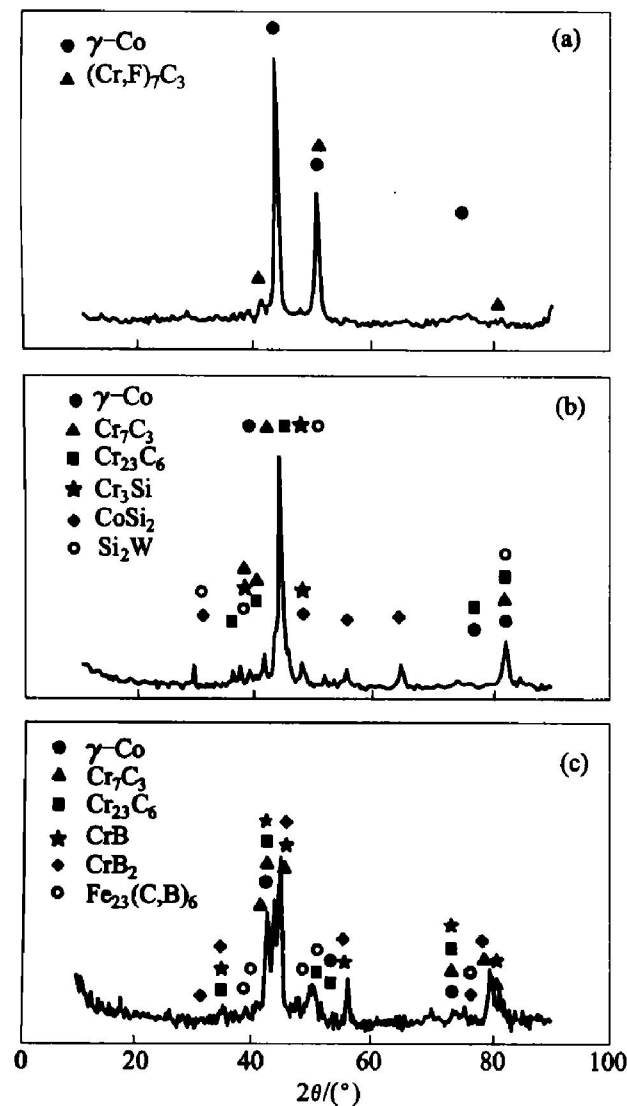


图4 3种激光熔覆涂层的X射线衍射图

Fig. 4 XRD patterns of three laser clad coatings (a) —Co55; (b) —CoSiC; (c) —CoB₄C

可见 Co55 涂层主要由 γ -Co 固溶体及 $(Cr, Fe)_7C_3$ 化合物组成, CoSiC 涂层主要由 γ -Co 固溶体和 Cr_7C_3 , $Cr_{23}C_6$, $CoSi_2$, Cr_3Si 及 Si_2W 等化合物组成, CoB₄C 涂层主要由 γ -Co 固溶体和 Cr_7C_3 , $Cr_{23}C_6$, $Fe_{23}(C, B)_6$, CrB 及 Cr_2B 等化合物组成。从 X 衍射结果可知, 加入 B_4C_p 和 SiC_p 后在 CoSiC 及 CoB₄C 涂层中并不存在 SiC_p 和 B_4C_p , 组织中也没能观察到未熔的 SiC_p 和 B_4C_p (图 2), 说明所加入的 SiC_p 和 B_4C_p 在激光熔覆过程中已经完全熔解, 且分解出的 Si, B, C 原子在快速凝固过程中也没有形成 B_4C 和 SiC 。

钴基合金粉末中主要存在 C, Cr, W 等元素, 其中 Cr 含量较高, 在涂层凝固过程中, 先析出固溶合金元素的初生 γ -Co 固溶体, 然后在初生固溶体间形成 γ 枝晶与 $(Cr, Fe)_7C_3$ 的共晶体。加入 SiC_p 和 B_4C_p 后, 其完全熔解所分解出的 Si, B 及 C 原子与

钴基合金中的 Cr, W, Co, Fe 等元素形成各种化合物。

2.3 激光熔覆合金涂层的显微硬度及耐磨性

图 5 表示 Co55, CoSiC 及 CoB₄C 涂层沿激光扫描方向剖面的显微硬度与涂层层深的关系, 图 6 表示 3 种合金涂层磨损量与磨损时间的关系。

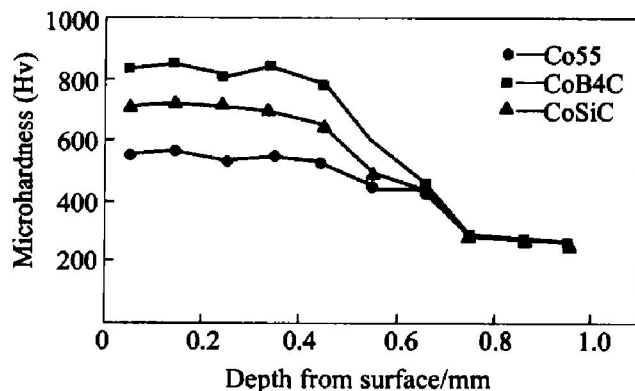


图5 3种合金涂层的显微硬度与层深的关系

Fig. 5 Relationship between microhardness of three coatings to depth from coating surfaces

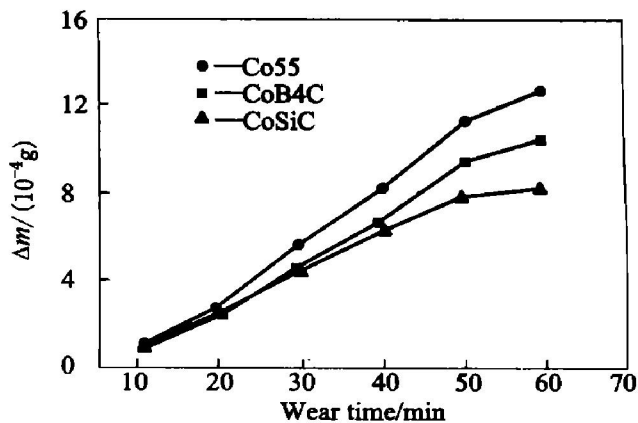


图6 激光熔覆合金涂层磨损量与磨损时间的关系

Fig. 6 Relationship between wear mass loss of coatings to wear time

3 种涂层的显微硬度分布都呈 3 阶梯式, 表征着合金涂层、基体热影响区马氏体及基体组织的硬度值。在 3 种合金涂层中 CoB₄C 涂层硬度最高, CoSiC 次之, Co55 硬度最低(图 5)。合金涂层的磨损量由小到大的顺序依次为: $CoB_4C \rightarrow CoSiC \rightarrow Co55$ 。说明在钴基合金中加入 SiC_p 及 B_4C_p 后, 耐磨性都明显提高(图 6)。

Co 基合金粉末中存在大量 Cr, Si, C 及 W 等合金元素, 激光熔覆后熔池快速凝固使涂层结晶后的晶粒细小所产生的细晶强化作用, 合金元素溶入枝晶形成过饱和固溶体所产生的固溶强化作用以及存在于枝晶间的 $(Cr, Fe)_7C_3$ 共晶化合物所产生的第二

相强化作用, 都使激光熔覆 Co55 涂层本身具有较高的硬度(Hv550 左右)。在钴基合金粉末中加入一定量的 SiC_p 及 B_4C_p 后, CoSiC 及 CoB_4C 涂层中的 SiC_p 及 B_4C_p 虽然完全熔解, 但陶瓷添加物的加入使复合涂层的枝晶更加细小, 增强了涂层的细晶强化作用; 陶瓷熔解后分解出的 Si, B, C 原子在 γ 枝晶中的固溶增强了其涂层的固溶强化作用; 同时 B, Si, C 与 Cr, Co, W 及 Fe 等合金元素形成更多的化合物, 且化合物随枝晶的细化变得更加细小及均匀, 从而极大地增强了复合涂层的第二相强化作用, 因此 CoSiC 及 CoB_4C 涂层的显微硬度和耐磨性都明显高于 Co55 涂层。由于 CoB_4C 涂层枝晶比 CoSiC 涂层的枝晶更细小, 化合物的第二相强化作用也更加突出, 且 B 比 Si 的原子半径要小, 作为间隙原子固溶在枝晶固溶体中, 具有较强的固溶强化作用, 这些都使 CoB_4C 涂层具有比 CoSiC 涂层较高的硬度和耐磨性。

3 结论

1) 激光熔覆 Co55, CoSiC 及 CoB_4C 涂层组织主要由两部分组成: 涂层结合区为大致沿热流方向生长的胞状细密共晶组织组成; 涂层区为树枝状亚共晶组织, 初生树枝晶间存在着共晶组织, CoSiC 涂层尤其是 CoB_4C 涂层的树枝晶比 Co55 涂层的枝晶更细小。

2) CoSiC 及 CoB_4C 涂层中所添加的 SiC_p 以及 B_4C_p 均已全部熔解, 其分解出的 B, C, Si 与涂层中的合金元素结合形成了更多的化合物。Co55 涂层由 $\gamma\text{-Co}$ 和 $(\text{Cr}, \text{Fe})_7\text{C}_3$ 组成, 而 CoSiC 涂层由 $\gamma\text{-Co}$, Cr_7C_3 , Cr_{23}C_6 , CoSi_2 , Cr_2Si 和 Si_2W 等组成, CoB_4C 涂层由 $\gamma\text{-Co}$, Cr_7C_3 , Cr_{23}C_6 , CrB , CrB_2 和 $\text{Fe}_{23}(\text{C}, \text{B})_6$ 等组成。

3) 激光熔覆 CoSiC 及 CoB_4C 涂层比 Co55 涂层具有较高的硬度和较好的耐磨性, CoB_4C 涂层的硬度和耐磨性最高。

REFERENCES

- [1] 张 松, 张春华, 康煜平. 钛合金表面激光熔覆原位生成 TiC 增强复合涂层[J]. 中国有色金属学报, 2001, 11(6): 1026 - 1030.
ZHANG Song, ZHANG Chun-hua, KANG Yur-ping, et al. Mechanism of in-situ formation of TiC particle reinforced Ti-based composite coating induced by laser melting[J]. The Chinese Journal of Nonferrous Metals, 2001, 11(6): 1026 - 1030.
- [2] 马乃恒, 梁工英, 苏俊义. 激光熔覆工艺参数对 TiC_p/Al 表层复合材料的影响[J]. 中国有色金属学报, 2001, 11(6): 1041 - 1044.
MA Nai-heng, LIANG Gong-ying, SU Jun-yi. Influence of technological parameters on interface bonding and structure uniformity of in-situ synthesis TiC_p/Al composites in laser cladding process[J]. The Chinese Journal of Nonferrous Metals, 2001, 11(6): 1041 - 1044.
- [3] YANG Yong-qiang. Microstructure and properties of laser clad high-temperature wear-resistant alloys[J]. Applied Surface Science, 1999, 140: 19 - 23.
- [4] 张 松, 张春华, 孙泰礼. 激光熔覆钴基合金组织及其抗腐蚀性能[J]. 中国激光, 2001, 28(9): 860 - 864.
ZHANG Song, ZHANG Chun-hua, SUN Tai-li, et al. Study on microstructure and corrosion resistance of laser cladding Co-based alloy[J]. Chinese Journal of Lasers, 2001, 28(9): 860 - 864.
- [5] 曾大文, 王毛球, 谢长生. Co 基合金激光熔覆层的局部组织特征[J]. 稀有金属材料与工程, 1998, 27(2): 87 - 91.
ZENG Da-wen, WANG Mao-qiu, XIE Chang-sheng. Microstructural characteristics of a laser clad Co-based alloy[J]. Rare Metal Materials and Engineering, 1998, 27(2): 87 - 91.
- [6] Przybylowicz J, Kusinski J. Laser cladding and erosive wear of Co-Mo-Cr-Si coating[J]. Surface and Coating Technology, 2000, 125: 13 - 18.
- [7] Przybylowicz J, Kusinski J. Structure of laser clad tungsten carbide composite coatings[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2001, 109: 154 - 160.
- [8] Fishman M R, Rabkin E, Levin P, et al. Laser produced functionally graded tungsten carbide coatings on M2 high-speed tool steel[J]. Materials Science and Engineering A, 2001, A302: 106 - 114.
- [9] WU Xiao-lei, HONG You-shi. Microstructure and mechanical properties at TiC_p/Ni alloy interfaces in laser-synthesized coatings[J]. Materials Science and Engineering A, 2001, A318: 15 - 21.
- [10] Li Q, Lei T C, Chen W Z. Microstructural characterization of WC_p reinforced Ni-Cr-B-Si-C composite coatings[J]. Surface and Coatings Technology, 1999, 114: 285 - 291.
- [11] 斯松华, 何宜柱, 袁晓敏. 激光熔覆含陶瓷镍基合金涂层的组织与性能[J]. 中国激光, 2002, 29(8): 759 - 762.
SI Song-hua, HE Yi-zhu, YUAN Xiao-min, et al. Microstructures and properties of laser clad Ni-based metal-ceramics layers[J]. Chinese Journal of Lasers, 2002, 29(8): 759 - 762.

- 759 - 762.
- [12] 李 强, 陈彦斌, 雷廷权. 激光熔覆 $WC_p/Ni-Cr-B-SiC$ 自熔合金复合涂层的显微结构及干滑动磨损[J]. 中国激光, 1999, 26(2): 186 - 192.
- LI Qiang, CHEN Yanyin, LEI Ting-quan, et al. Microstructure and dry sliding wear of laser clad $WC_p/Ni-Cr-B-SiC$ alloy composite coatings [J]. Chinese Journal of Lasers, 1999, 26(2): 186 - 192.
- [13] 李玉红, 张思玉, 郑克全. 不同扫描速度下 A_3 钢表面 $B_4C-TiN-Co$ 激光组织和性能的研究[J]. 激光技术, 1999, 23(4): 126 - 128.
- LI Yuhong, ZHANG Siyu, ZHANG Kequan. $B_4C-TiN-Co$ surface microstructure and performance of A3 steel by laser cladding at different scanning speed [J]. Laser Technology, 1999, 23(4): 126 - 128.
- [14] 李 强, 雷廷权, 王富耻. 激光表面熔覆 $SiC_p/Ni-Cr-B-SiC$ 涂层的组织演化及其相确定[J]. 中国激光, 1999, 26(1): 80 - 84.
- LI Qiang, LEI Ting-quan, WANG Fur-chi, et al. Microstructural evolution and phase identification of the laser surface clad $SiC_p/Ni-Cr-B-SiC$ coating [J]. Chinese Journal of Lasers, 1999, 26(1): 80 - 84.
- [15] 陈传忠, 于慧君, 侯 勇. 45 钢表面激光熔覆 WC/Co [J]. 陶瓷学报, 1998, 19(3): 137 - 143.
- CHEN Chuangzhong, YU Huijun, HOU Yong, et al. Laser cladding WC/Co metal ceramics on 45 steel [J]. Journal of Ceramics, 1998, 19(3): 137 - 143.

Microstructure and wear-resistance of laser clad Co-based alloy coatings with B_4C_p and SiC_p

SI Song-hua¹, HE Yizhu¹, YUAN Xiaomin¹, Je-Hyun Lee², Mark T. Lusk³

(1. Research Center for Laser Processing, Anhui University of Technology,
Maanshan 243002, China;

2. Department of Materials Science and Engineering, The Changwon National University,
9 Saryum-dong, Changwon 641 - 773, South Korea;

3. Division of Engineering, Colorado School of Mine, Golden, CO 80401, USA)

Abstract: The laser surface cladding technique was used to form Co-based alloy coating, 20% SiC_p Co-based composite coating ($CoSiC$) and 20% B_4C_p Co-based composite coating (CoB_4C) on the 16Mn steel substrate by 5kW CO_2 continuous wave laser. Microstructure, phase constitution, micro-hardness and sliding wear properties of the coatings were studied. The results show that the microstructures of the coatings are consisted of the cellular eutectic structures of bonding zone and the dendrites of coating zone. The dendrites of $CoSiC$ and CoB_4C coatings are much finer than that of Co55 coating. SiC_p and B_4C_p are completely dissolved in Co-based alloy during laser cladding processing, and more eutectic compounds exist in the $CoSiC$ and CoB_4C coatings. Co55 coating is consisted of $\gamma-Co$ and $(Cr, Fe)_7C_3$, but CoB_4C is consisted of $\gamma-Co$, Cr_7C_3 , $Cr_{23}C_6$, $Fe_{23}(C, B)_6$ and CrB and $CoSiC$ coating is consisted of $\gamma-Co$, Cr_7C_3 , $Cr_{23}C_6$, $CoSi_2$, Cr_3Si and Si_2W . Microhardness and sliding wear resistance of the three coatings are in the order of $CoB_4C \rightarrow CoSiC \rightarrow Co55$ from high to low. The strengthen mechanism of the coatings is simplify analyzed.

Key words: laser cladding; Co-based alloy coating; B_4C ; SiC ; microstructure; wear resistance

(编辑 龙怀中)