

TiAl 基合金的渗碳处理^①

黄伯云 曲选辉 贺跃辉 孔高宁

(中南工业大学粉末冶金研究所, 长沙 410083)

摘 要

研究了渗碳处理对 TiAl 基合金室温力学性能和抗氧化性的影响。实验发现: 渗碳处理能够提高 TiAl 基合金的室温抗弯强度和挠度, 同时也能使合金的抗氧化性能得到改善。X 射线衍射分析结果表明: TiAl 基合金试样经 900 ℃, 2 h 渗碳处理后, 其表层形成一层由 $\text{Al}_2\text{Ti}_4\text{C}_2$ 和 Al_4C_3 相组成的渗碳层。

关键词: TiAl 基合金 渗碳 抗氧化性 力学性能

TiAl 基合金具有比重小、高温强度高等优点, 是一种理想的、极有研究开发前景的航空航天高温结构材料^[1, 2]。然而, 它的大规模实用化却面临许多问题, 其中最主要的障碍是室温脆性和难加工成型^[3-5]。为了解决这些问题, 人们从多种不同的途径进行了大量的工作。桥本健纪等^[5]的研究表明: TiAl 基合金的室温力学性能受试样表面状况的影响。本文研讨表面渗碳处理对这种合金性能的影响。

1 试验过程

本研究所用原料为 99.7%Ti 和 99.9%Al。合金在非自耗电弧炉内熔炼而成, 氩气气氛保护。合金锭块的名义化学成分为 Ti-34 wt.-%Al, 其外观形态为纽扣状, 重量为 30 g。使用电火花线切割机从该铸锭中截取抗弯试验样, 尺寸为 2 mm×4 mm×30 mm。抗弯试验的跨距为 25 mm, 压头下降速率为 0.2 mm/min。试样经过机械抛光后进行固体渗碳处理。按照标准方法制备金相试样, 选用 kroll 腐蚀剂对试样进行腐蚀处理。使用 X650 扫描电子显微镜进行显微组织和断口形貌分析。采用 X 射线衍射光谱仪进行渗碳层相结构分析。氧化增重试验在

Du Pont 9900 型热分析仪上进行。

2 试验结果

2.1 室温力学性能

表 1 列出了经过不同表面处理的 TiAl 基合金的室温抗弯试验结果。结果表明: 通过合适的渗碳处理, TiAl 基合金的室温力学性能可得到显著提高。与铸态试样比较, 900 ℃, 2 h 渗碳处理后合金试样的抗弯强度提高了 26%, 挠度提高了 75%, 抗弯延性提高了 75%。但 900 ℃, 4 h 渗碳处理未能使合金室温力学性能进一步提高。图 1(a) 的 SEM 照片表明: 900 ℃, 2 h 渗碳得到的渗碳层是致密、均匀的单层。在 900 ℃下渗碳至 4 h, 渗碳层显著加

表 1 Ti-34 wt.-%Al 合金不同
表面状态下的室温抗弯性能

合金试样 表面状态	抗弯强度 /MPa	挠度 /mm	延性 /mm
铸 态	801.0	0.41	0.20
900 ℃, 2 h 渗碳	1 008.8	0.72	0.35
900 ℃, 4 h 渗碳	856.3	0.52	0.26

厚, 并出现多层结构(图 1(b))。试样表层的 X 射线衍射分析结果表明: 900 ℃, 2 h 下渗碳时, 表面单层渗碳层主要是由 $\text{Al}_2\text{Ti}_4\text{C}_2$ 和 Al_4C_3

① 国家“863”计划资助项目 收稿日期: 1994 年 9 月 27 日

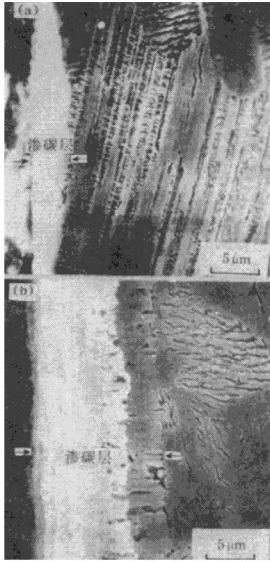


图 1 Ti-34wt.-%Al 合金试样经过 900 °C, 2h(a)和 900 °C, 4h(b)渗碳处理的表层组织 SEM 像

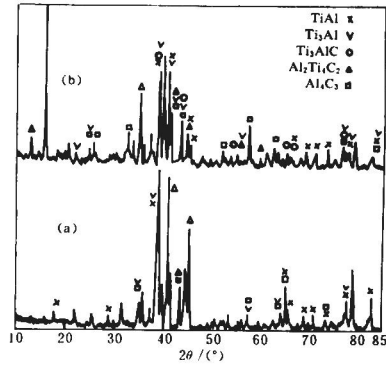


图 2 Ti-34wt.-%Al 合金经过 900 °C, 2h(a)和 900 °C, 4h(b)渗碳处理后的 X 射线衍射图

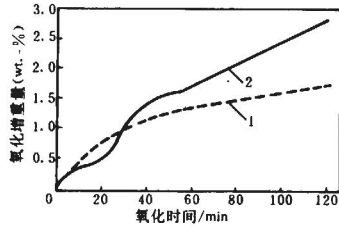


图 3 铸态和渗碳处理 900 °C, 2h 试样在 900 °C 静态空气中氧化增重试验曲线
1—渗碳试样; 2—铸态试样

相组成,而在 900 °C, 4h 条件下渗碳,表层的多层结构除了以上两相之外,还出现 Ti_3AlC 相。图 2 的 X 射线衍射谱表明了上述结果。

2.2 抗氧化性

图 3 示出了 900 °C, 2h 渗碳样品和铸态试样的氧化增重曲线。氧化试验在 900 °C 静态空气中进行。经过 900 °C, 2h 氧化后,铸态试样单位面积上氧化增重量为 900 °C, 2h 渗碳试样的 1.4 倍,铸态试样氧化增重速率是表面渗碳试样的 1.6 倍。

3 讨论

TiAl 基合金经过渗碳处理后,在试样表面

形成一层均匀、致密的渗碳层,并且与基体紧密结合。该渗碳层大大提高了试样的表面质量,能够阻止裂纹在试样表面形成。许多研究者已经指出, TiAl 基合金试样表面裂纹对材料的力学性能产生重要影响。还要指出的是这种单层渗碳层还能阻止体内裂纹向表面扩展。图 4 的扫描电镜象表明,体内的一些裂纹终止在单层渗碳层处,没有穿过表面渗碳层。

因此,相对未经过处理的铸态试样来说,表面渗碳正是由于上述原因,大大提高了 TiAl 基合金的室温力学性能。然而,当渗碳时间增

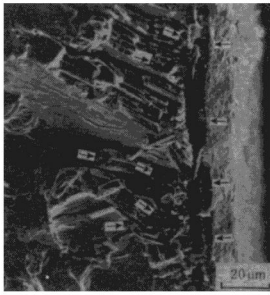


图4 TiAl 基合金渗碳处理试样渗碳层对体内裂纹
(箭头所示)扩展的阻碍现象

加到 4h, 渗碳层变厚并呈多层结构状时, 其质量远不如单层结构, 它与基体的结合强度也不太好。此种多层结构的渗碳层不能很好地阻止裂纹形成和扩展, 因而其样品的室温力学性能不如单层结构。在抗氧化性能方面, 由于致密的单层渗碳层能够阻止氧原子向试样内扩散, 阻碍氧与基体相接触。因此, 表面渗碳处理, 特别是形成单层的表面渗碳层能提高 TiAl 基合金的高温抗氧化性。

4 结 论

(1) TiAl 基合金经过渗碳处理后, 在试样表面形成一层渗碳层。

(2) 均匀、致密的单层渗碳层能够有效地阻止表面裂纹形成和阻碍体内裂纹向表层扩展, 同时也改变了试样表面应力状态, 因此能改善 TiAl 基合金的室温力学性能。

(3) 致密且与基体结合牢固的渗碳层, 能够阻止氧与基体相接触, 由此提高 TiAl 基合金的高温抗氧化性。

参考文献

- 1 Kim Y W, Dimickuk D M. JOM, 1991, 8, 0—47.
- 2 Huang S C, Hall E L. Metall Trans, 1991, 22A, 427—439.
- 3 Shechtman D et al. Metall Trans, 1974, 5, 1373—1381.
- 4 Minoru Nobuk et al. J Japan Inst Metals, 1986, 50(9), 804—844.
- 5 Semiatin S L et al. Scripta Metall, 1990, 24, 1403—1408.
- 6 Koral Hashimoto et al. J Japan Metals, 1984, 48(5), 489—495.