

度, 从而对 α_s 相产生影响。 β 锻造后初生 α_p 相含量较其他 2 种锻造工艺明显减少, 亚稳 β 相相对不稳定, α_s 相易形核和长大, 易形成较大长宽比的次生 α 相, 这种组织断裂时更容易使裂纹发生偏折, 合金的断裂韧性提高。

3 结论

(1) 锻造工艺对 Ti-1300 合金棒材显微组织影响较大, 不同锻造工艺下初生 α 相的形貌、尺寸均有所不同。 $\alpha + \beta$ 锻造后的初生 α 相为细小等轴状, 近 β 锻造后多为短棒状, β 锻造后为沿晶界形成尺寸较大的块状 α 相。

(2) Ti-1300 合金棒材经不同工艺锻造及相同条件热处理后表现出的性能差异是初生 α 相和次生 α 相共同作用的结果。近 β 和 β 锻造后合金的抗拉强度高于 $\alpha + \beta$ 锻造约 40 MPa。 β 锻造后合金表现出较高的断裂韧性, 近 β 锻造次之, $\alpha + \beta$ 锻造最低。本实验条件下, 经 β 锻造的 Ti-1300 合金棒材抗拉强度达到 1390 MPa, 断裂韧性超过 $70 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$, 是最优的锻造工艺。

参考文献 References

[1] 陈福文, 徐广龙, 周科朝, 等. Ti-55531 升温条件下球状和片状 α 生长及回溶动力学[J]. 稀有金属材料与工程, 2020, 49(4): 1220 - 1226.

[2] 王凯旋, 王涛, 邵晖, 等. 细小等轴 α 相对 Ti-55531 合金静态再结晶行为的影响[J]. 钛工业进展, 2020, 37(6): 1 - 6.

[3] Jones N G, Dashwood R J, Jackson M, et al. β phase decomposition in Ti-5Al-5Mo-5V-3Cr[J]. Acta Materialia, 2009, 57: 3830 - 3839.

[4] 付艳艳, 惠松骁, 叶文君, 等. 冷却速度对 VST55531 钛合金的显微组织和力学性能的影响//第十四届全国钛及钛合金学术交流会论文集(下册)[C]. 上海: 中国有色金属学会, 2010: 134 - 138.

[5] 赵永庆. 我国创新研制的主要船用钛合金及其应用[J]. 中国材料进展, 2014, 33(7): 398 - 404.

[6] 周义刚, 张宝昌. 钛合金近 β 锻造研究[J]. 航空学报, 1989, 10(1): A60 - A66.

[7] 赵兴东, 魏鑫, 曾卫东, 等. β 锻造工艺对 TC17 钛合金显微组织的影响[J]. 钛工业进展, 2019, 36(5): 13 - 17.

[8] 葛鹏, 周伟, 赵永庆. 热处理制度对 Ti-1300 合金组织和力学性能的影响[J]. 中国有色金属学报, 2010, 20(S1): S1068 - S1072.

[9] 万明攀, 赵永庆, 曾卫东, 等. Ti-1300 合金室温变形行为研究[J]. 稀有金属材料与工程, 2015, 44(10): 2519 - 2522.

[10] 戚运莲, 辛社伟, 杜宇, 等. Ti-1300 钛合金挤压管材组织性能研究[J]. 有色金属材料工程, 2019, 40(4): 6 - 12.

[11] 刘晰. Ti-1300 合金组织转变研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2015.

[12] 王世洪, 沈桂琴. Ti-10V-2Fe-3Al 合金的固溶时效及其组织与性能[J]. 稀有金属材料与工程, 1990, 19(4): 26 - 35.

[13] 雷锦文, 曾卫东, 朱知寿, 等. TC21 钛合金 β 锻造大块 α 相研究[J]. 材料热处理学报, 2009, 30(5): 14 - 18.

[14] 张旺峰, 曹春晓, 李兴无, 等. 钛合金断裂韧性与屈服差的关系初探[J]. 稀有金属材料与工程, 2005, 34(4): 549 - 551.

[15] 李鹤飞. 高强度钢断裂韧性与裂纹扩展机制研究[D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2019.

2020 年 7—12 月日本海绵钛产销数据统计

日期	海绵钛产量/t	国内海绵钛出货量/t	国外海绵钛出货量/t	海绵钛出货量合计/t
2020 年 7 月	4003	689	386	1075
2020 年 8 月	3676	505	183	688
2020 年 9 月	3299	913	346	1259
2020 年 10 月	3158	568	851	1419
2020 年 11 月	2683	758	1028	1786
2020 年 12 月	2706	876	993	1869
合计	19 525	4309	3787	8096