

W 含量对 Ti-48Al 合金组织及力学性能影响

晏江飞^{1,2} 朱冬冬² 董 多² 王 刚¹ 马腾飞² 王晓红²

(1.安徽工程大学材料科学与工程学院;2.衢州学院浙江省空气动力装备技术重点实验室)

摘 要 采用真空电弧熔炼技术制备了 Ti-48Al-*x*W 合金,研究了 W 含量对 Ti-48Al 合金组织及力学性能的影响。结果表明,添加 W 元素后,合金组织为典型的树枝晶形貌,在枝晶内部有 B2 相析出。随着 W 含量增加,树枝晶组织逐渐细化,B2 相体积分数也逐渐增加。室温压缩试验结果表明,合金的抗压强度和压缩率随 W 含量的增加呈现先上升后下降的趋势。其中,W 含量为 4% 的合金压缩强度最高,为 1 750.07 MPa,W 含量为 2% 的合金压缩率最优,为 29.15%。

关键词 TiAl 合金;钨(W);枝晶偏析;B2 相;力学性能

中图分类号 TG146.2;TG113.25 **文献标志码** A

DOI:10.15980/j.tzzz.2023.04.022

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Effects of W Content on the Microstructure and Mechanical Properties of Ti-48Al Alloy

Yan Jiangfei^{1,2}, Zhu Dongdong², Dong Duo², Wang Gang¹, Ma Tengfei², Wang Xiaohong²

(1.School of Materials Science and Engineering, Anhui Polytechnic University;

2.Key Laboratory of Air-driven Equipment Technology of Zhejiang Province, Quzhou University)

Abstract: Effects of W content on the microstructure and mechanical properties of Ti-48Al alloy fabricated by vacuum arc melting were investigated. The results indicate that the alloy is characterized by typical dendrite morphology with B2 phase precipitation inside after W addition. With the increase of W content, the dendritic structure is gradually refined and the volume fraction of B2 phase is gradually increased. The room-temperature compression test results reveal that the compressive strength and compressibility of the alloy present a trend of increasing firstly and then decreasing with the increase of W content, where the compressive strength of 4% W alloy reaches 1 750.07 MPa, and the optimal compressibility is 29.15%.

Key Words: TiAl Alloy, Tungsten, Dendrite Segregation, B2 Phase, Mechanical Properties

收稿日期:2022-05-11;修改稿收到日期:2022-06-01

基金项目:国家自然科学基金资助项目(52171120,52071188)

第一作者简介:晏江飞,男,1999 年出生,硕士研究生,安徽芜湖(241000),E-mail:yjf16318@163.com

通信作者:朱冬冬,男,1986 年出生,教授,浙江衢州(324000),E-mail:zhudd8@163.com

引用格式:晏江飞,朱冬冬,董多,等. W 含量对 Ti-48Al 合金组织及力学性能影响[J]. 特种铸造及有色合金,2023,43(4):549-553.

YAN J F, ZHU D D, DONG D, et al. Effects of W content on the microstructure and mechanical properties of Ti-48Al alloy[J]. Special Casting & Nonferrous Alloys, 2023, 43(4):549-553.

[26] GIBBS G B, GRAHAM D, TOMLIN D H. Diffusion in titanium and titanium-niobium alloys[J]. Philosophical Magazine, 1963, 8(92): 1 269-1 282.

[27] NAKAJIMA H, KOIWA M. Diffusion in α -titanium[J]. Defect and Diffusion Forum, 1993, 95-98: 775-782.

[28] LIU R, LIU D, TAN J, et al. Textures of rectangular extrusions and their effects on the mechanical properties of thermo-mechanically treated, lamellar microstructure, Ti-47Al-2Cr-2Nb-0.15B[J]. Intermetallics, 2014, 52: 110-123.

[29] 贾志强,曾卫东,王凯旋.TC17 钛合金热变形过程中片状组织球化演变及 Burgers 关系的破坏[J].稀有金属材料与工程,2017,46(10): 2 895-2 899.

[30] ZENG Z, JONSSON S, ROVEN H J. The effects of deformation conditions on microstructure and texture of commercially pure Ti[J]. Acta Mater., 2009, 57(19): 5 822-5 833.

[31] BACHE M R, EVANS W J. Impact of texture on mechanical properties in an advanced titanium alloy[J]. Materials Science and Engineering, 2001, A(319-321): 409-414.

[32] EVANS W J, JONES J P, WHITTAKER M T. Texture effects under tension and torsion loading conditions in titanium alloys[J]. International Journal of Fatigue, 2005, 27(10): 1 244-1 250.

[33] SINGH A K, SCHWARZER R A. Texture and anisotropy of mechanical properties in titanium and its alloys[J]. Z. Metallkd., 2000, 91(9): 702-712.

[34] JONES I P, HUTCHINSON W B. Stress-state dependence of slip in Ti-6Al-4V and other HCP metals[J]. Acta Metall., 1981, 29(6): 951-968.

[35] NEERAJ T, SAVAGE M F, TATALCVICH J, et al. Observation of tension-compression asymmetry in α and α/β titanium alloys[J]. Philosophical Magazine, 2005, 85(2-3): 279-295.

[36] GERHARD W, BOYER R, COLLINGGS E W, ed al. Materials Properties Handbook: Titanium Alloys[M]. OH: ASM International, 1993.

(编辑:刘晨辉)

TiAl 合金作为一种新型高温轻质结构材料^[1,3],因其低密度、高温强度高、高模量和优良的抗氧化性^[4-5]等特点,已被广泛应用于航空、汽车等领域。但是 TiAl 合金低的室温塑性和相对较低的抗蠕变性能限制了其进一步应用^[6]。大量研究表明,TiAl 合金室温下的塑性、断裂韧度主要依赖于显微组织,通过优化合金成分,调控组织结构和相组成能够起到提高 TiAl 合金综合性能的作用^[7-10]。

在 TiAl 基合金中添加 W 可改善其高温强度、抗蠕变性能和抗氧化性^[11-14]。W 具有很强的稳定 β 相作用^[15],W 原子半径较大并且扩散缓慢,能使扩散控制变形过程的动力学降低,从而改善合金的蠕变能力^[16-17]。HODGE A M 等^[18]研究了 W 含量对近片层 TiAl 合金抗蠕变性能的影响,发现 W 可提高合金的抗蠕变性能,但是过量 W 会导致大量 β 相的形成,从而对合金的蠕变强度产生不利影响。刘自成等^[19]研究了 W 微合金化对高 Nb-TiAl 合金组织及性能的影响,发现添加少量 W 可以改变高 Nb-TiAl 合金的铸态组织;同时少量 W 能提高高 Nb 含量的 TiAl 合金的室温及高温强度,但其室温塑性影响不大。目前关于 W 对 TiAl 合金影响的研究主要局限于一些添加微量 W 的 TiAl 合金,而增加 W 含量有利于提高 TiAl 合金的使用温度,同时添加 W 引起 TiAl 合金的枝晶偏析程度尚未深入研究。因此,研究不同 W 含量对 TiAl 合金显微组织及力学性能的影响有必要。

因此,本研究通过研究不同 W 含量对 Ti-48Al 合金组织和力学性能的影响,对比不同 W 含量的 TiAl 合金相的偏析及分布,及其对力学性能造成的影响,旨在为开发和设计优化合金性能提供参考。

1 试验材料及方法

选用名义成分为 Ti-48Al- x W($x=0,2,4,6$,摩尔分数,下同)的合金作为研究对象。以质量分数为 99.99% 的高纯 Ti、高纯 Al 和高纯 W 为原料,利用真空电弧熔炼技术制备得到尺寸为 65 mm×30 mm×10 mm 的 Ti-48Al- x W 铸态合金块。为确保合金成分均匀,将铸锭重熔 5 次。采用线切割从铸块中部切取尺寸为 10 mm×10 mm×4 mm 的试样用于组织观察,再切取 ϕ 4 mm×6 mm 的压缩试样,见图 1。用 SiC 砂纸将试样表面从 0 号打磨至 2000 号,经机械抛光后制成所需试样。

合金的显微组织采用 SU8010 型冷场发射扫描电镜(SEM)及配套的能谱仪(EDS)进行观察。物相分析选用 Bruker D8 Advance X 射线衍射仪(XRD),测试角

度范围为 20°~90°,扫描速度为 2°/min。压缩性能测试在 MTS 型万能材料试验机上进行,压头下压速度为 0.2 mm/min。压缩后的试样采用 SEM 观察断口形貌,以分析合金的断裂机理。

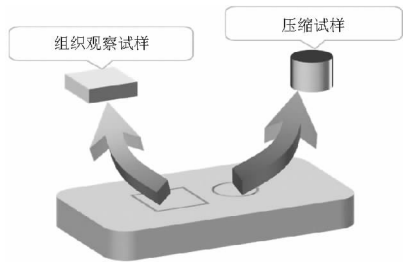


图 1 合金的取样位置示意图

Fig.1 Sampling position diagram of the alloy

2 试验结果与讨论

2.1 W 含量对合金显微组织的影响

图 2 为 Ti-48Al- x W 合金的 XRD 图谱。可以看到,Ti-48Al 二元合金中主要检测到 γ -TiAl 相和 α_2 -Ti₃Al 相衍射峰。随着 W 含量增加, α_2 相衍射峰强度明显降低, γ 相衍射峰强度呈升高趋势。添加 W 后合金中检测到 B2 相,且 B2 相衍射峰强度逐渐增强,这是由于添加 β 相稳定元素 W 后^[4,10],高温下产生的部分 β 相被保留下来,在室温下以有序的 B2 相存在。

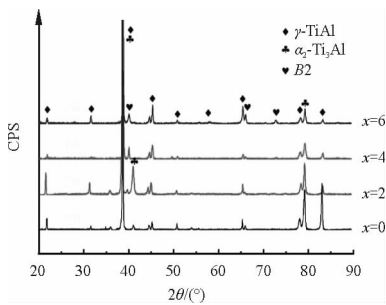


图 2 不同 W 含量下 Ti-48Al- x W 合金的 X 射线衍射图谱

Fig.2 XRD patterns of Ti-48Al- x W alloys with different W contents

图 3 为铸态 Ti-48Al- x W 合金 SEM 形貌。从图 3a 可以看出,Ti-48Al 合金的室温组织主要由典型的(γ + α_2)片层组织和少量枝晶间 γ 相组成。添加 W 后合金组织都存在树枝晶偏析。当 W 含量为 2% 时,树枝晶比较粗大,枝晶内部有亮白色线条状析出相,并且在亮白色析出相附近存在少量细小的亮白色和暗灰色混合结构。当 W 含量增加至 6% 时,树枝晶结构明显细化,枝晶内部线条状析出物和($B2+\gamma$)混合组织含量也明显增多,见图 3d。此外,随着 W 含量增加,树枝晶逐渐细化,二次枝晶平均间距从 20 μ m 减小到 10 μ m,并且枝晶组织细化程度逐渐减小。

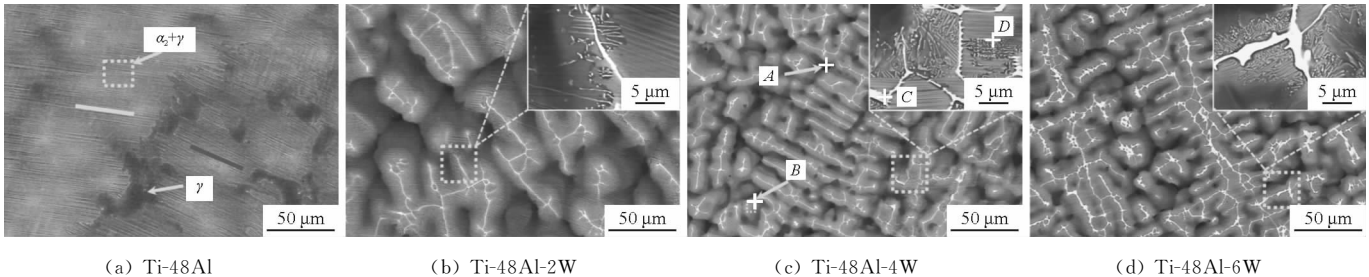


图 3 Ti-48Al-*x*W 合金的显微组织 (SEM-BSE)

Fig.3 SEM-BSE microstructures of Ti-48Al-*x*W alloys

表 1 为图 3c 中标注点的 EDS 分析结果。根据 EDS 和 XRD 的结果分析, A 处深灰色衬度区域富 Al 贫 W, 为 γ 相偏析区域, B 处晶干灰白色片层组织为 $(\gamma+\alpha_2)$ 相, C 点白色析出物的 Ti、Al 和 W 元素的摩尔分数可见其为 B2 相, D 区域亮白色颗粒摩尔分数为: 50.17% 的 Ti、48.20% 的 Al、1.63% 的 W, 暗灰色相摩尔分数为: 50.33% 的 Ti、48.49% 的 Al、1.18% 的 W, 推测其为 $(B2+\gamma)$ 混合结构, 与文献[20]的研究结果一致。

表 1 图 3c 中各点的 EDS 分析结果

Tab.1 EDS results of each point in Fig.3c

位置	$x_B/\%$			相
	Ti	Al	W	
A	47.26	51.34	1.4	γ
B	48.67	48.84	2.49	$\gamma+\alpha_2$
C	50.96	40.88	8.16	B2
D	50.33	48.49	1.18	γ
	50.17	48.20	1.63	B2

图 4 为 Ti-48Al-4W 合金的局部 EDS 元素面扫描分布图。可以看出, Ti 元素均匀分布, Al 元素富集在 γ 相中, 分布于枝晶间区域, W 主要富集在枝晶干和 B2 相中。Ti 的浓度在各相中变化不大, B2 中 W 的浓度远高于 γ 中的浓度, 而 Al 的浓度则低于 γ 中的浓度, 说明了 W 在 B2 相区取代 Al 原子的位置^[17,21]。W 被认为是一种很强的 β 相稳定剂^[21], 其原子半径大且扩散速率缓慢, 使得 Ti-Al 相图中 $(\alpha+\gamma)$ 相区温度提高, β 相区向高 Al 含量方向扩展。结合二元 Ti-Al 合金相图, 可推测 Ti-48Al-*x*W 合金凝固路径为 $L \rightarrow L+\beta \rightarrow L+\alpha+\beta \rightarrow \alpha+\beta \rightarrow \alpha+\gamma+\beta \rightarrow \gamma+\alpha_2+B2$ 。Ti-48Al-*x*W 合金凝固机理见图 5, β 相首先在液相中析出生成 β 枝晶骨架, 到达包晶点后, α 相在 β 相表面形核长大, 发生 $L+\beta \rightarrow \alpha$ 包晶反应, 消耗初生的 β 相。由于 β 相稳定元素 W 在 β 相中大量富集会使得 β/α 转变温度降低, 并且 W 的扩散速率缓慢, 在较快的冷却速率下, $L+$

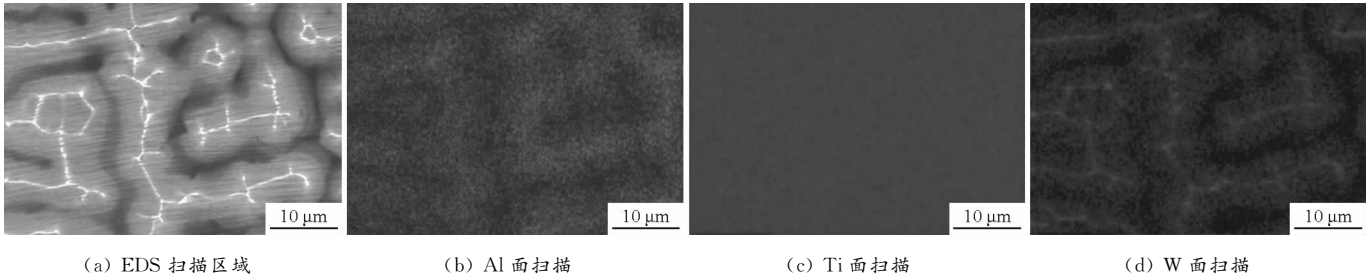


图 4 Ti-48Al-4W 合金局部 EDS 元素面扫描

Fig.4 Local EDS surface scanning element distribution of Ti-48Al-4W alloy

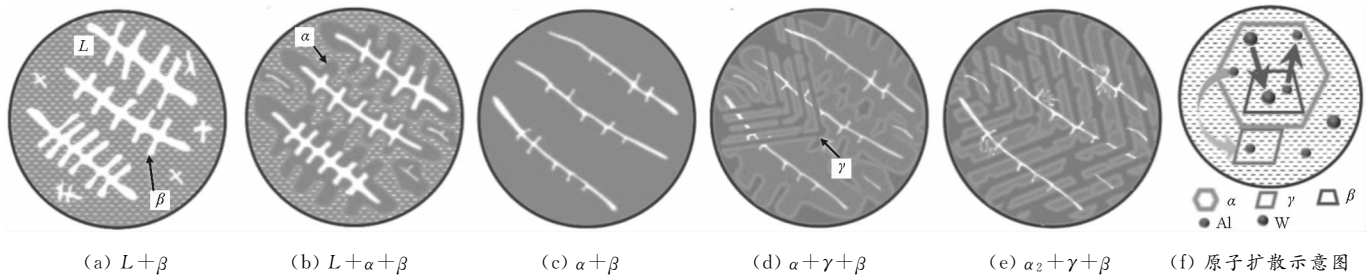


图 5 Ti-48Al-*x*W 合金凝固机理示意图

Fig.5 Solidification mechanism diagram of Ti-48Al-*x*W alloys

$\beta \rightarrow \alpha$ 包晶反应不彻底, 因此会出现残留的 β 相, 低温时有序转变为 B2 相。此外, 包晶反应伴随着原子扩散,

W 向残余 β 相中扩散, Al 向 α 相中扩散, 因此在枝晶间区域形成富 Al 少 Ti 贫 W 的元素偏析, 在随后的冷却

过程中转变为枝晶间 γ 相。随着反应继续进行, $\alpha \rightarrow \gamma + \alpha_2$ 固态相变形成 $(\gamma + \alpha_2)$ 片层结构^[22-25], 一部分的 γ 片层来自 $\alpha \rightarrow \alpha + \gamma$ 固相转变与残留的 β 相组成了 $\beta(B2) + \gamma$ 混合结构。

2.2 W 含量对合金力学性能的影响

图 6 为 Ti-48Al- x W 合金室温压缩应力-应变曲线和压缩性能。由图 6a 可看出, W 使得 Ti-48Al 合金的压缩性能被显著提高。W 含量为 0 时, Ti-48Al 合金的抗压强度和压缩率仅为 1 169.49 MPa 和 27.13%。当 W 含量为 2% 时, 合金的抗压强度明显提高, 这是因为 W 可以通过降低层错能和降低扩散速率起到固溶强化的作用, 从而稳定 $(\alpha_2 + \gamma)$ 片层结构, 且适量的 B2 相可以阻碍位错或界面的运动, 使合金的强度和塑性得到提高^[17]。W 加入后对 Ti-48Al 合金性能的改善在 W 含量为 4% 时最为明显, 抗压强度和压缩率分别提高到 1 750.07 MPa 和 28.18%, 但塑性已经有所降低, 这是由于 W 含量为 4% 的合金断裂特征以穿片层断裂为主,

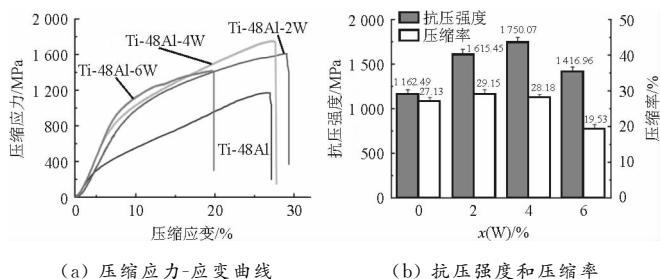


图 6 Ti-48Al- x W 合金室温压缩性能

Fig.6 Room-temperature compressive properties of Ti-48Al- x W alloys

压应力会穿过片层界面, 从而导致较高的强度和较低的塑性。当 W 含量高于 4% 时, 合金的强度和塑性降低, 这可能是由于 W 含量过高, β 相偏析和枝晶间显微偏析的 γ 相体积分数增大, 室温下大量的 B2 相在 α_2/γ 界面析出, 增加了晶界脆性, 说明过量地引入 B2 相对 TiAl 合金的力学性能会造成不利影响。

图 7 为 Ti-48Al- x W 合金的室温压缩断口形貌。可以看出, 断口形貌特征属于穿片层断裂和层间断裂混合模式。在 Ti-48Al 合金中, 断裂模式主要以层间断裂为主, 穿片层断裂的典型阶梯状形貌仅偶尔出现, 层间断裂表现出大量的滑移平面, 表明合金的塑性较低, 见图 7a。W 含量为 2% 时合金的断裂形貌以穿片层断裂为主, 由于压缩过程中压应力的存在, 会导致微裂纹从应力集中处萌生和扩展, 还有许多相界断裂引起的二次裂纹, 见图 7b。W 含量为 4% 的合金断口形貌特征和 W 含量为 6% 的相似, 以穿片层断裂为主, 层间断裂为辅, 穿片层断裂是由于合金片层的取向与压应力方向保持平行或与压缩方向形成小角度时, 应力切断片层结构^[26], 形成典型的撕裂边特征, 这类断裂模式属于典型的脆性断裂, 表现出较高的强度和较低的塑性, 试验结果也与之一致。通过添加 β 相稳定元素 W, 能够较好地稳定高对称性的 B2 相形核, 无序的 β 相在高温下能够提供足够的独立滑移系统, 从而改善合金的高温强度和抗蠕变性能^[27-28]。当 W 含量为 6% 时, 合金强度和塑性明显下降, 这是因为 W 过量加入, 合金组织出现严重的偏析(见图 3d)且在室温下有大量的 B2 相保留下来, 进而对合金的室温强度和塑性造成不利影响, 压缩试验结果也印证了上述分析。

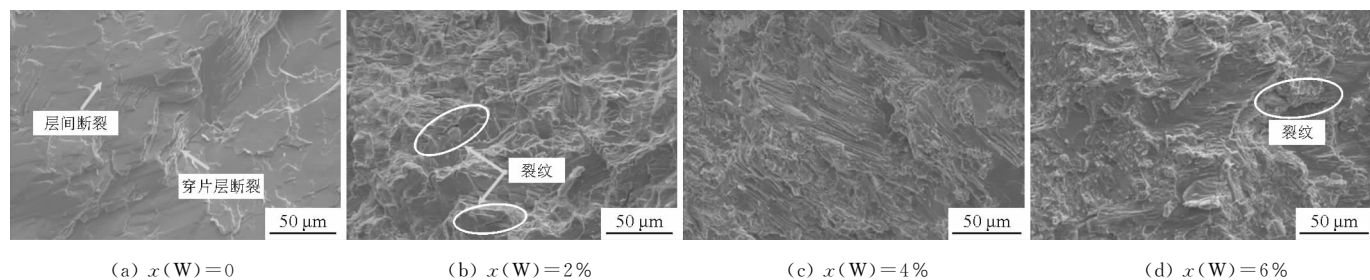


图 7 Ti-48Al- x W 合金压缩断口形貌

Fig.7 Compression fracture morphologies of Ti-48Al- x W alloys

3 结 论

(1) W 含量为 2%、4% 和 6% 时, Ti-48Al- x W 合金组织为树枝晶形貌, 在枝晶内部有 B2 相析出。随着 W 含量增加, 树枝晶组织逐渐细化, B2 相体积分数也逐渐增多。

(2) W 的添加使 Ti-48Al 合金强度和塑性提高, Ti-

48Al-4W 合金具的压缩强度为 1 750.07 MPa, Ti-48Al-2W 合金的抗压率为 29.15%。未添加 W 时, 合金以层间断裂为主, W 含量为 2%、4% 和 6% 时, 合金的断裂模式相似, 都是以典型的穿片层断裂为主。

(3) W 的缓慢扩散起到固溶强化作用, 稳定了 $(\gamma + \alpha_2)$ 片层组织, 提高了 Ti-48Al 合金的强度和塑性。W 含量达到 4% 后生成大量的 B2 相会对合金的强度产生不利影响。

参 考 文 献

- [1] LIU B, LIU Y, LI Y P, et al. Thermomechanical characterization of β -stabilized Ti-45Al-7Nb-0.4W-0.15B alloy[J]. Intermetallics, 2011, 19(8): 1 184-1 190.
- [2] 陈瑞润,丁宏升,郭景杰,等.热处理对 Ti₄₆Al_{0.5}W_{0.5}Si 合金组织和性能的影响[J].特种铸造及有色合金,2008(S1): 271-273.
- [3] ZHOU C X, LIU B, LIU Y, et al. Effect of carbon on high temperature compressive and creep properties of β -stabilized TiAl alloy[J]. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 2017, 27: 2 400-2 405.
- [4] QIANG F M, KOU H C, YANG G, et al. Multi-step heat treatment design for nano-scale lamellar structures of a cast Ti-45Al-8.5 Nb-(W, B, Y) alloy[J]. Intermetallics, 2016, 79: 35-40.
- [5] 杨劭人,张小干,曹蓓,等.TiAl 合金冷却相变研究进展及细晶组织调控[J].特种铸造及有色合金,2021, 41(2): 142-147.
- [6] YANG J R, JIAO Z X, ZHU D D, et al. Effects of Ru content on phase transformation and compression property of cast TiAl alloys[J]. China Foundry, 2020, 17(6): 7-15.
- [7] 邹芹,关勇,李艳国,等.TiAl 合金及其复合材料的研究进展与发展趋势[J].燕山大学学报,2020, 44(2): 95-107.
- [8] 王津,钟宏,张铁邦,等.Mo 对高 Nb-TiAl 合金凝固路径及凝固组织的影响[J].特种铸造及有色合金,2011, 31(4): 376-379, 399.
- [9] 李金山,张铁邦,常辉,等.TiAl 基金属间化合物的研究现状与发展趋势[J].中国材料进展,2010, 29(3):1-5.
- [10] HUANG L, LIAW P K, LIU C T, et al. Microstructural evolution of (TiAl)+Nb+W+B alloy[J]. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 2011, 21(10): 2 192-2 198.
- [11] YANG Z J, SUN H L, HUANG Z W, et al. Microstructure and fatigue properties of TiAl-based alloy with different tungsten contents[J]. Rare Metals, 2016(1): 113-117.
- [12] SUN H L, HUANG Z W, ZHU D G, et al. Dendrite core grain refining and interdendritic coarsening behaviour in W-containing TiAl based alloys[J]. Journal of Alloys & Compounds, 2013, 552: 213-218.
- [13] 黄波,李轩,谢小青,等.Y 对 Ti-45Al-6Nb 合金组织结构和高温氧化性能的影响[J].特种铸造及有色合金,2020, 40(8): 925-928.
- [14] VOISIN T, MONCHOUX J P, THOMAS M, et al. Mechanical properties of the TiAl IRIS alloy[J]. Metallurgical & Materials Transactions, 2017, A47(12): 1-12.
- [15] 黄劲松,刘咏,贺跃辉,等.铌、钨和硼在 TiAl 基金属中的分布及其对组织的影响[J].粉末冶金材料科学与工程,2006(1): 32-37.
- [16] YE T, SONG L, L Y F, et al. Precipitation behavior of ω_0 phase and texture evolution of a forged Ti-45Al-8.5Nb-(W, B, Y) alloy during creep[J]. Materials Characterization, 2018, 136: 41-51.
- [17] LAPIN J, KAMYSHNYKOVA K. Effect of Ta and W additions on microstructure and mechanical properties of Tilt-cast Ti-45Al-5Nb-2C alloy[J]. Metals, 2021, 11(12): 2 052-2 057.
- [18] HODGE A M, HSIUNG L M, NIEH T G. Creep of nearly lamellar TiAl alloy containing W[J]. Scripta Materialia, 2004, 51(5): 411-415.
- [19] 刘自成,林均品,陈国良.添加 W 对高铌 TiAl 合金组织和力学性能的影响[J].金属热处理学报,2001(1): 7-13.
- [20] ZHANG S Z, SONG Z W, HAN J C, et al. Effect of 2%~6% Mo addition on microstructural evolution of Ti-44Al alloy[J]. Journal of Materials Science and Technology, 2017, 34: 1 199-1 204.
- [21] HU H, WU X A, WANG R, et al. Phase stability, mechanical

properties and electronic structure of TiAl alloying with W, Mo, Sc and Yb: First-principles study[J]. Journal of Alloys & Compounds, 2016, 658: 689-696.

- [22] XU W C, HUANG K, WU S F, et al. Influence of Mo content on microstructure and mechanical properties of β -containing TiAl alloy[J]. Chinese Journal of Nonferrous Metals, 2017, 27(4): 820-828.
- [23] CUI N, WU Q Q, BI K X, et al. Effect of heat treatment on microstructures and mechanical properties of a novel β -solidifying TiAl alloy[J]. Materials, 2019, 12(10): 1 672.
- [24] 陈玉勇,杨非,孔凡涛,等. TiAl 合金的热加工、组织和性能[J].中国材料进展,2010, 29(3): 12-17.
- [25] COURET A, MONCHOUX J P, CAILLARD D. On the high creep strength of the W containing IRIS-TiAl alloy at 850 °C[J]. Acta Materialia, 2019, 181: 331-341.
- [26] 刘桐,骆良顺,王亮,等.铸态 Ti-47Al(W, Si)合金组织演化及力学性能研究[J].特种铸造及有色合金,2016, 36(10): 1 023-1 027.
- [27] 蒋孟玲,李慧中,刘咏,等.Nb 含量对 TiAl 合金铸态组织的影响[J].粉末冶金材料科学与工程,2014, 19(3): 367-372.
- [28] XU X S, DING H S, HUANG H T, et al. Microstructure and elevated temperature tensile property of Ti-46Al-7Nb-(W, Cr, B) alloy compared with binary and ternary TiAl alloy[J]. Materials Science and Engineering, 2021, A807: 140 902.

(编辑:刘晨辉)

《特种铸造及有色合金》征订启事

《特种铸造及有色合金》杂志是中国科学技术协会主办、中国机械工程学会铸造分会和武汉机械工艺研究所共同主办的全国性科技期刊,是对国内外公开发行的中文核心期刊,中国科技论文统计与分析用刊,SA、CA、MA、AJ、Scopus 等国内外权威数据库及检索系统收录期刊,并获得全国优秀科技期刊一等奖、国家期刊奖、新中国 60 年有影响力的期刊、湖北十大有影响力的自然学术期刊等。

本刊主要报道各种(黑色和有色合金)特种铸造方法、各种有色合金及复合材料成形的理论、工艺、设备、材料、测试与控制、计算机应用等方面的科技成果、生产技术和现场经验,并报道各相关学科和交叉学科,如挤压铸造(液态模锻)、半固态加工、电子封装、高熵合金、非晶合金(金属玻璃)、焊合、粉末冶金、合金化、热处理、表面处理等方面的学术研究和最新技术信息以及上述内容的国内外发展动向、行业活动、学术会议、消息动态等。

本刊诚征国内外广告,业务范围:铸造及有色合金材料、辅助材料、铸造及相关设备、铸造生产线、测控与控制设备、仪器仪表、计算机应用软件、铸造展会等。

本刊为月刊,标准(大)16 开,邮发代号 38-109。邮发订价每期 20 元,全年 240 元,如须快递,费用另计。全国各地邮局均可订阅,也可直接向本刊编辑部邮购,本刊还提供过刊、压铸宝典和年会专刊邮购服务。

《特种铸造及有色合金》杂志社

地址:武汉市江岸区江大路 26 号

邮编:430019

电话:027-85358206,85486024

传真:027-85358127

投稿网址:www.special-cast.com

邮箱:tzzz@special-cast.com

