

高压物理学报

商业纯钛自加热高压热处理的力学性能

任玉铎 张洋 罗坤

Properties of Commercial Pure Titanium under Self-Heating and High-Pressure Heating Treatment

REN Yuduo, ZHANG Yang, LUO Kun

引用本文:

任玉铎, 张洋, 罗坤. 商业纯钛自加热高压热处理的力学性能[J]. 高压物理学报, 2020, 34(5):051302. DOI: 10.11858/gywlb.20190846

REN Yuduo, ZHANG Yang, LUO Kun. Properties of Commercial Pure Titanium under Self-Heating and High-Pressure Heating Treatment[J]. Chinese Journal of High Pressure Physics, 2020, 34(5):051302. DOI: 10.11858/gywlb.20190846

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11858/gywlb.20190846>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

纯PCBN高压烧结行为与工艺规律

Sintering Behavior and Technical Rule of Pure PCBN Synthesized under High Pressure

高压物理学报. 2018, 32(2): 023303 <https://doi.org/10.11858/gywlb.20170617>

高压氢气对6061铝合金力学性能的影响

Effects of High Pressure Hydrogen on Mechanical Properties of 6061 Aluminum Alloy

高压物理学报. 2017, 31(5): 505 <https://doi.org/10.11858/gywlb.2017.05.001>

应变率和孔隙率对规则多孔钛压缩力学性能的影响

Effects of Strain Rate and Porosity on the Compressive Behavior of Porous Titanium with Regular Pores

高压物理学报. 2017, 31(4): 364 <https://doi.org/10.11858/gywlb.2017.00.003>

应变率和孔隙率对规则多孔钛压缩力学性能的影响

Effects of Strain Rate and Porosity on the Compressive Behavior of Porous Titanium with Regular Pores

高压物理学报. 2017, 31(4): 364 <https://doi.org/10.11858/gywlb.2017.04.003>

大块高纯Fe₃C的高温高压合成

Synthesis of Pure Bulk Fe₃C under High Temperature and High Pressure

高压物理学报. 2019, 33(4): 043302 <https://doi.org/10.11858/gywlb.20190715>

压剪载荷作用下TB6钛合金的动态力学性能

Dynamic Behavior of TB6 Titanium Alloy under Shear-Compression Loading

高压物理学报. 2019, 33(2): 024206 <https://doi.org/10.11858/gywlb.20190713>

商业纯钛自加热高压热处理的力学性能

任玉铎¹, 张 洋¹, 罗 坤²

(1. 吉林建筑大学材料科学与工程学院, 吉林 长春 132021;

2. 燕山大学亚稳材料制备技术与科学国家重点实验室, 河北 秦皇岛 066004)

摘要: 研究了压力对商业纯钛 (CPTi) 淬火过程的影响。分别制备了退火、水淬及高压处理样品用于比较, 分析了相组成和显微组织, 并测量了显微硬度。结果表明: 高压淬火处理后, 样品组织均为 Ti 马氏体; 随着压力的增加, 晶粒生长被抑制, 显微硬度增加。与常压水淬样品相比, 在低压处理后样品硬度没有显著升高。为了研究高压处理后样品的拉伸性能, 对采用自加热方式的高温高压处理样品进行了拉伸试验。研究表明, 处理后样品强度有所提高, 并且延展性良好, 接近原始样品。

关键词: 高压; 纯钛; 拉伸性能; 组织优化

中图分类号: O521.2

文献标识码: A

钛和钛合金由于具有良好的机械强度和延展性、良好的生物相容性以及优异的耐腐蚀性而成为研究热点^[1-3]。为了满足实际生产需求, 已有大量关于纯钛和钛合金处理的研究工作, 主要针对如何增强材料性能^[4-5]。一般的强化方法是通过剧烈的塑性变形获得细晶粒: 对钛合金板进行轧制处理, 使用较大的挤压力获得极细的晶粒^[6-7], 但轧制处理后的样品有织构, 需要进行后处理。等通道转角挤压 (ECAP) 和高压扭转 (HPT) 通过压力实现强烈的变形, 是制造纳米级材料的快速方法^[8-10], 然而产品尺寸过小是这些技术的局限。表面机械研磨处理 (SMAT) 过程中瞬时微变形所产生的纳米孪晶对合金表面强化非常有利^[11], 但均匀性控制问题难以解决。相比之下, 具有静态、大尺寸产品和均质优势的传统热处理方法可获得较小晶粒尺寸且组织均匀的样品, 而高压处理方法在钛和钛合金的实际研究中使用较少, 其原因在于此方法对钛合金中马氏体或晶粒细化进行强化的作用有限^[12]。近年来研究人员发现, 纯金属或合金在高压下通过热处理可以显示出优异的机械性能和更精细的显微组织, 这得益于高压处理可以大大提高样品的冷却速度^[13], 同时, 高压处理可以在不同程度上抑制原子扩散^[14]。此外, 一些实验结果表明, 随着施加压力的增加, 结晶活化能降低^[15]。这使得高压处理成为设计和制造材料的非常好的选择^[16]。

通过以上讨论, 可以将高压热处理视为对钛和钛合金强化的新型方法。已有研究者在高压 (2 ~ 40 GPa) 下对钛合金的相变、组织演变和力学性能进行研究^[17-18], 结果显示, 经高压处理后, 钛合金具有优异的显微硬度和延展性。但是, 为了保持压力, 在常规高压方法下处理的产品尺寸很小, 并且形状为硬币形或短圆柱状, 很难实现大块样品的高压处理。

本研究以商业纯钛 (CPTi) 为例, 使用传统的石墨胶囊 (GC) 高压炉和自加热高压加热炉进行高温高压处理, 测试水淬 (WQ)、GC 高温高压处理和自加热高温高压处理 (SH) 样品的相变、显微组织演变和显微硬度, 并对自加热高温高压处理样品的拉伸性能进行测试, 以验证自加热高温高压处理方法的可行性, 以期改进钛及钛合金处理方法提供借鉴。

* 收稿日期: 2019-10-14; 修回日期: 2019-11-05

基金项目: 中国博士后科学基金 (2017M620097)

作者简介: 任玉铎 (1985—), 男, 博士, 讲师, 主要从事纳米材料性能研究. E-mail: renyd_work@sina.com

1 实 验

1.1 实验样品处理

本研究采用的锻造 CPTi 锭(纯度 99.7%)由西北有色金属研究所提供。将铸锭在 1073 K 下退火 20 h, 然后随炉冷却至室温, 作为原始(AR)样品。切割部分 AR 样品, 进行常压水淬处理: 将 AR 样品装入石英管并抽真空封口后, 使用马弗炉将样品加热至 1173 K, 而后将装载样品的石英管置于常温水中淬火处理, 得到水淬(WQ)样品。

通过电火花线切割将 AR 样品加工成直径 8 mm、长 10 mm 的圆柱体, 进行高温高压(HTHP)处理。由 CS-1B 型立方压力机液压系统对样品施加压力(2、3、4、5 GPa)。图 1(a) 为石墨压力炉的结构示意图。样品放置在立方氮化硼(cBN)柱中, 用一小块 Ta 包裹, 以避免硼和氮的渗透, cBN 外部的带电石墨胶囊用作加热炉。为了获得处理的实时温度, 将钨铼热电偶丝放置在靠近样品的区域, 并根据高压下相变点的变化对温度进行微调^[19]。先对样品施加压力, 然后将温度从室温升至 1173 K, 并保持 10 min, 然后淬火至室温, 最后非常缓慢地释放所施加的压力, 获得样品记为 GC 样品。

此外, 将 AR 样品加工成直径 3 mm、长 14 mm 的圆柱体, 加热方法从石墨炉的对流加热转换为自热加热(SH), 对样品进行 HTHP 处理, 处理压力和温度与 GC 样品相同, 所得样品记为 SH。图 1(b) 为不带石墨炉的高压加热炉示意图。电流直接流经样品, 以实现自加热过程。防止杂质渗透的方法与传统方法相同。为了确保整个样品均匀加热, 在样品两端设置两个石墨板以进行温度补偿。

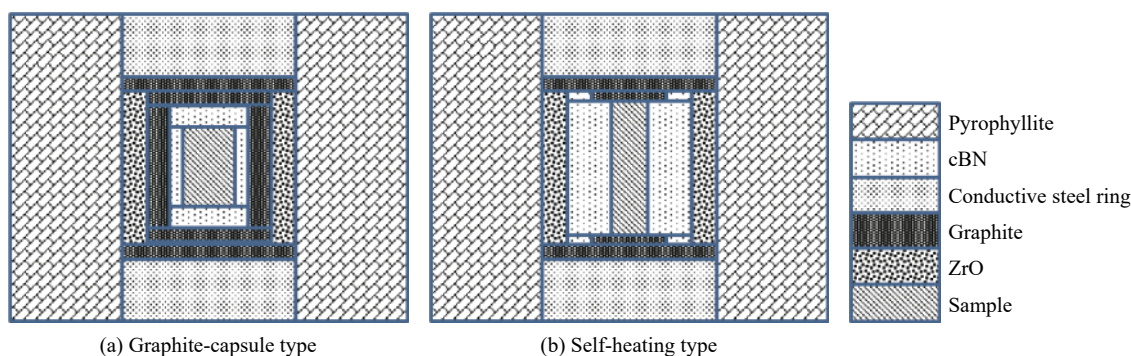


图 1 高压组装置示意图

Fig. 1 Schematic of high pressure assembly

1.2 实验检测

采用 Rigaku smartlab X 射线衍射仪, 在 $30^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 的扫描范围内以 0.02° 的步长观察样品的相组成。用奥林巴斯光学显微镜观测样品的微观结构。采用标准的金相研磨、抛光和蚀刻程序, 将样品在 Kroll 试剂(100 mL H_2O , 3 mL HF, 5 mL HNO_3)中蚀刻, 以观察晶界和形貌。使用显微硬度测试仪(KB 5 BVZ)通过金刚石维氏压头测量硬度。采用万能试验机(Inspekt 100), 以 0.33 mm/min 的速度对 SH 样品进行拉伸试验, 并将圆柱状样品加工成狗骨形状^[19]。整个变形过程由高清摄像机记录下来, 以计算伸长率。为了确保数据的准确性, 至少对 3 个样品进行测试。

2 结果与讨论

2.1 显微组织

图 2 为 AR、WQ 及在不同压力处理后 GC 和 SH 样品的 X 射线衍射(XRD)谱。可以发现, AR 样品的相组成是纯 α -Ti。对于 WQ、GC 和 SH 样品, 峰形没有改变, 考虑到样品的淬火过程, 结合金相显微观察, 确认其相组成为 Ti 马氏体。随着压力的增加, GC 和 SH 样品的峰位向高角度方向略有偏移, 与 Zhao 等^[13]在实验中观察的现象一致。

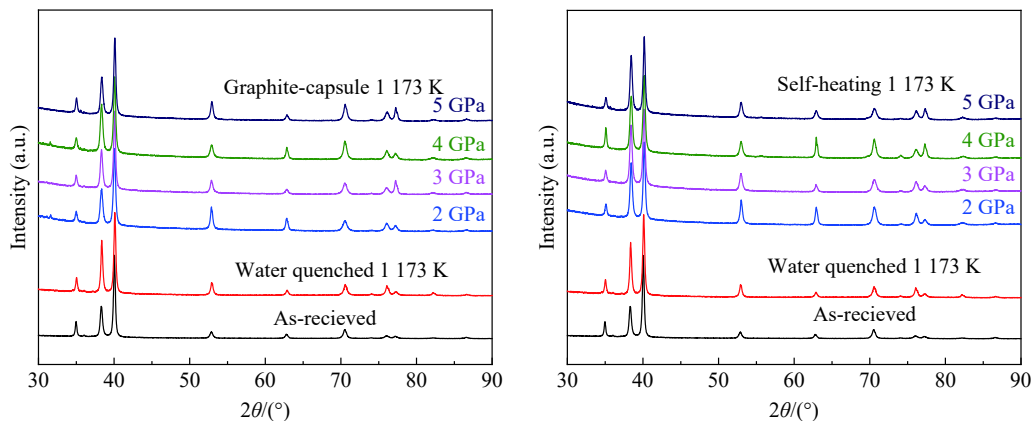
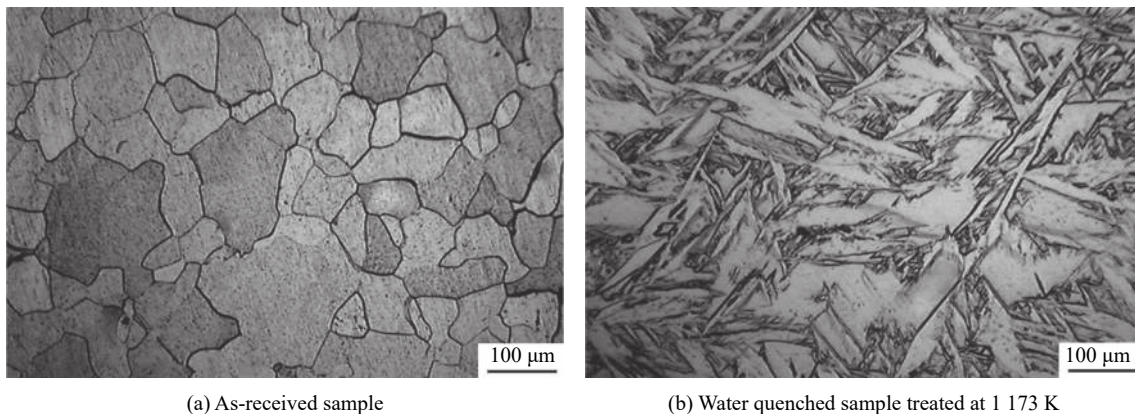


图 2 不同处理方法得到的 CPTi 样品的 XRD 谱

Fig. 2 XRD patterns of CPTi samples after different treatments

普遍认为,在纯钛或含少量合金元素的 α -Ti 合金中, Ti 马氏体的相变机制为 β 高温相在淬火过程中通过剪切作用而非原子扩散发生相变。Ti 马氏体的晶格类型与 α -Ti 相同, 为六方密堆积, 因此经淬火处理后峰形没有改变^[12]。此外, 在 XRD 谱中可以观察到高压处理样品的 Ti 主峰相比 AR 样品有微小的偏移, 其原因在于高压下样品晶格被压缩^[20], 高压淬火处理时, 淬火过程中产生的内应力及位错会阻碍晶格恢复^[21-22], 因此即使释放了压力, XRD 谱中主峰的峰位和 AR 样品相比仍有微小偏移。

图 3 为 AR 和 WQ 样品的显微照片。可以看出: 淬火前样品的微观结构(图 3(a))主要为较大的等轴 α -Ti 晶粒; 常压淬火处理后(图 3(b)), 样品由粗马氏体板条组成, 对应 XRD 结果。



(a) As-received sample

(b) Water quenched sample treated at 1 173 K

图 3 AR 和 WQ 样品的金相照片

Fig. 3 Metallographs of AR and WQ samples

据报道, 常压下马氏体的晶粒尺寸取决于冷却速度^[23]。然而, 水淬的冷却速率很高(135 K/s), 使得马氏体转变过程非常剧烈, 甚至导致样品体积增大^[24]。此外, 在 $\alpha \rightarrow \beta$ 相变过程中, 高温 β -Ti 晶粒生长较大, 而后通过剪切力相变产生的 Ti 马氏体的晶粒尺寸不受样品体积和 β 晶粒尺寸的限制, 其晶粒在常压下既宽又厚。

图 4 为采用 GC 方法在不同压力下淬火的 CPTi 的金相显微组织图像。与 WQ 样品相比, GC 样品中 Ti 马氏体晶粒的尺寸大大减小, 并且随着压力的增加, 厚度减小。对样品施加的压力和样品在热处理过程中冷却速度的变化共同影响样品微观形貌的演变。随着压力的增加, 样品导热系数增加, 热传递更高, 冷却速度更快^[25]。但是, 压力介质会极大地降低热传递, 使高压下的冷却速率(68 K/s, 2 GPa)远比水淬低。另外, 施加的压力可以增加成核速率, 同时降低晶粒的生长速率^[26]。在这种情况下, 更多的 Ti 马氏体晶粒在 β -Ti 晶粒中成核, 并且高压的保持限制了马氏体的晶粒长大。因此, GC 样品的马氏体晶粒尺寸远小于 WQ 样品, 说明压力对抑制晶粒长大的贡献大于冷却速率。

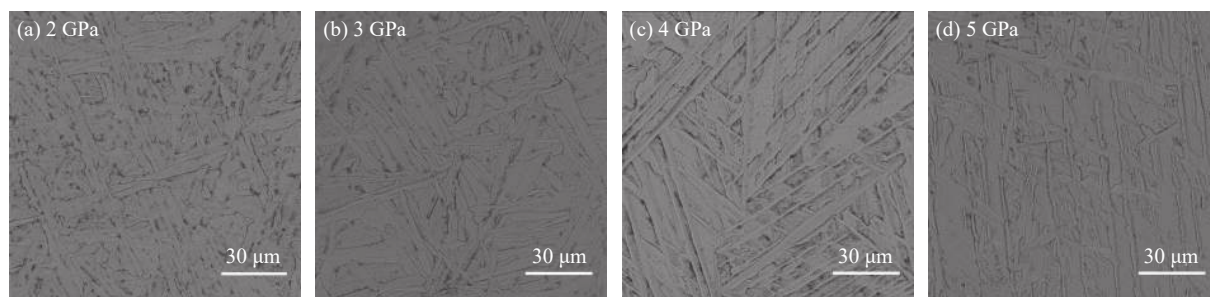


图 4 1173 K、不同压力下处理的 GC 样品的金相照片

Fig. 4 Metallographs of the samples treated at 1173 K under different pressures in graphite capsule

图 5 给出了不同压力下 SH 样品的金相组织图像。可以看出, SH 样品的显微组织与 GC 样品相同, Ti 马氏体晶粒大小相近。

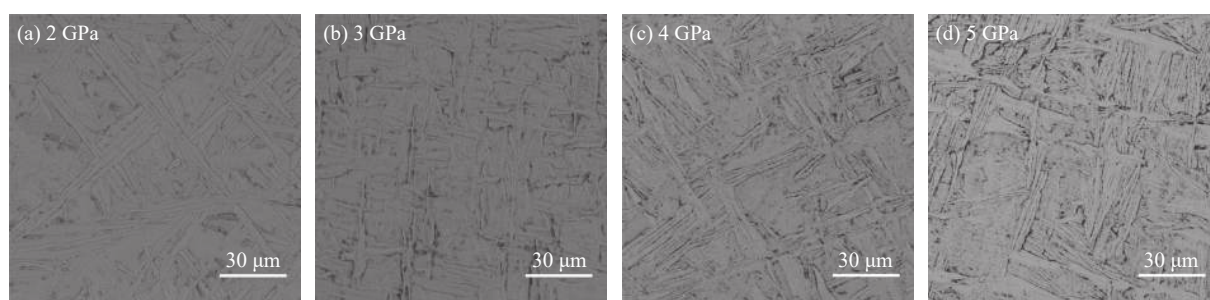


图 5 不同压力下自加热处理后 SH 样品的金相照片

Fig. 5 Metallographs of the samples treated at 1173 K under different pressures by self-heating

2.2 显微硬度

图 6 显示了在相同载荷 (500 g) 下保持载荷 15 s 时 AR 和 WQ 样品的显微硬度变化。可以看出, WQ 样品的平均硬度为 197 MPa, 高于 AR 样品的 118 MPa。

WQ 样品的 Ti 马氏体晶粒宽且厚 (见图 3(b)), 晶粒难以旋转和滑动, 直接影响合金的塑性变形性能。此外, 马氏体内部存在高密度位错, 在快速冷却过程中没有足够的时间释放, 致使马氏体变得硬而脆^[27]。因此, WQ 样品的硬度高于 AR 样品硬度。

随着处理压力的增加, GC 样品的硬度增加。如图 6 所示, 5 GPa 下处理的 GC 样品的显微硬度 (246 MPa) 比 AR 样品高, 但是 2 GPa 下处理的 GC 样品硬度 (187 MPa) 却比 WQ 样品低一些。

一些研究指出, 马氏体层的厚度会显著影响合金的硬度^[18], 并且随着厚度的减小, 显微硬度增大。在 Ti 合金中, 较细的晶粒具有较薄的片层, 马氏体的层状间距减小, 单位体积的层状界面面积增大。因此, 更多的界面抑制了位错滑移, 并且细小层状也限制了滑移距离。同时, 位于界面边界的位错可能限制位错运动, 导致界面之间的滑动减缓^[28]。在这种情况下, β 相的细小晶粒和高压抑制了 Ti 马氏体的生长, 导致 GC 样品的硬度更高。另外, 低压下样品的冷却速度比 WQ 样品慢得多, 为马氏体释放应

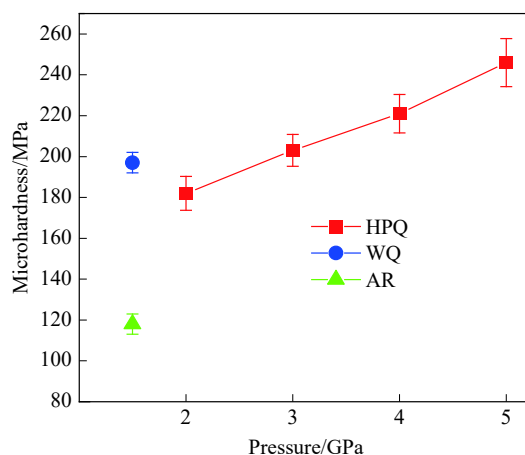


图 6 不同处理方法得到的 CPTi 样品的显微硬度

Fig. 6 Microhardness of CPTi after different treatments

力提供了足够的时间。从图 7 中可以看出, 2 GPa 下处理的 SH 样品的马氏体厚度与 WQ 样品基本相近。

尽管 2 GPa 高压淬火的 GC 样品硬度略低于 WQ 样品, 但拉伸试验证明较细的晶粒可能带来更好的延展性。然而 GC 样品却存在尺寸太小的问题, 无法加工成合适的拉伸样品。

2.3 拉伸性能

综合金相显微图像、XRD 谱和显微硬度测试数据, 可以得出, GC 和 SH 样品的力学性能基本一致, 说明在高压下不同的加热方式不会显著改变 CPTi 的物相。然而, GC 样品却存在尺寸太小的问题, 自加热高压处理解决了这个问题。

对 SH 样品进行机械加工, 以进行拉伸测试。

表 1 显示了 SH 样品在不同压力下的拉伸性能。可以看出: 压力在 5 GPa 以下时, SH 样品的屈服强度和极限拉伸强度(UTS)分别约为 455.5 和 495.2 MPa, 远高于 AR 样品的 298.1 和 331.4 MPa, 拉伸强度也表现出类似于显微硬度的变化趋势; AR 样品的伸长率约为 44.7%, 与 SH 样品(36.7%, 5 GPa)比较接近。AR、WQ 和 SH 样品的室温应力-应变曲线如图 8 所示。

表 1 采用自加热法在 1 173 K、不同压力下处理的 CPTi 样品的拉伸性能

Table 1 Tensile properties of CPTi treated by self-heating at 1 173 K under different pressures

Condition	UTS/MPa	Yield stress/MPa	Elongation/%
AR	331.4	298.1	44.7
WQ	461.5	409.8	30.2
SH, 2 GPa, 1 173 K	470.2	425.4	42.3
SH, 3 GPa, 1 173 K	477.8	429.6	41.1
SH, 4 GPa, 1 173 K	480.2	446.4	40.2
SH, 5 GPa, 1 173 K	495.2	455.5	36.7

从拉伸数据可以看出, 较高的冷却速度带来了强度的提升, 却大大降低了形变能力(30.2%, WQ 样品)。而高压处理后, 样品晶粒尺寸的长大被抑制, 样品的形变分散到更多的晶粒中, 从而使材料能够承受更大的变形以获得更大的伸长率。此外, 较细的晶粒具有更多锯齿形边界, 不利于裂纹的扩展, 样品形变相对更困难, 样品拉伸强度得到了提升^[29]。

总而言之, 经过多次 XRD、金相和机械性能测试, 与水淬相比, HTHP 热处理样品具有明显的晶粒细化、更好的机械强度和延展性等优势。另外, 在高压下, 长度较大的样品可以通过自加热均匀处理。这种高压工艺改进对材料制造及高压热处理研究有很大的帮助。

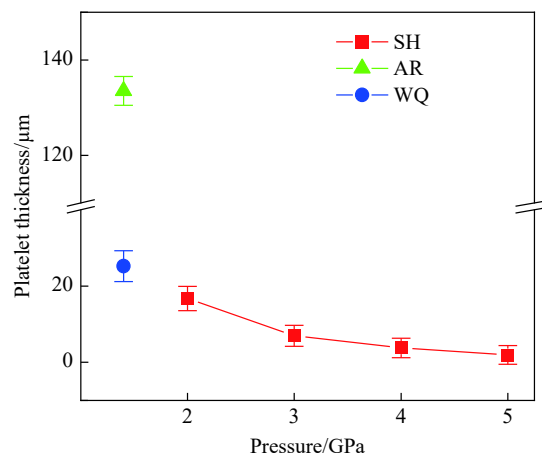


图 7 不同处理方法下 CPTi 样品马氏体板条尺寸变化

Fig. 7 Grain size/thickness of CPTi samples after different treatments

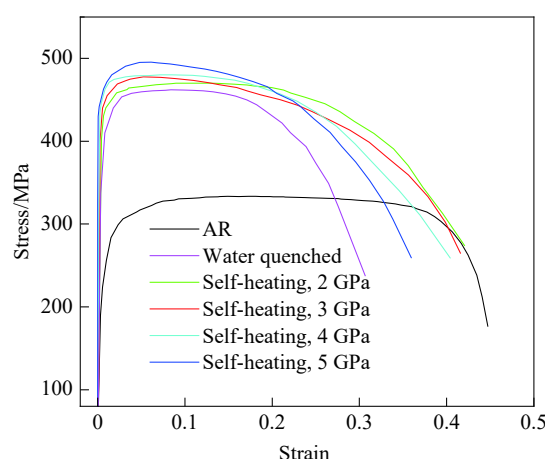


图 8 不同压力下自加热法处理后样品的应力-应变曲线

Fig. 8 Engineering stress-engineering strain curves of samples treated by self-heating under different pressures

3 结 论

(1)原始CPTi的相组成为 α -Ti,经过水淬和高压处理后, α -Ti转变为Ti马氏体。

(2)金相观察结果表明,水淬后的马氏体晶粒粗大,在高压下马氏体晶粒的厚度减小。

(3)CPTi的显微硬度随压力增加而增大,当压力为5 GPa时,显微硬度比原始CPTi增大48%。

(4)使用自加热法在高压下对CPTi进行了热处理,获得了较大尺寸的样品,测试了处理后样品的显微组织、硬度和拉伸性能,结果表明加热方法的改变不会影响样品性能。

(5)与原始样品相比,水淬后样品的拉伸性能大大降低。自加热样品的塑性较好,和原始样品相比,延展性相似,高压处理后的样品断裂强度提升了约30%,塑性仅降低了约7%。

参考文献:

- [1] 孟宪伟,赵锦秀,程建雄,等. TC4钛合金热处理工艺的研究现状及进展 [J]. 装备制造与教育, 2019, 33(3): 28–30, 42.
- [2] LONG M, RACK H J. Titanium alloys in total joint replacement—a materials science perspective [J]. *Biomaterials*, 1998, 19(18): 1621–1639.
- [3] WIELEWSKI E, SIVIOUR C R, PETRINIC N. On the correlation between macrozones and twinning in Ti-6Al-4V at very high strain rates [J]. *Scripta Materialia*, 2012, 67(3): 229–232.
- [4] SUN F, NOWAK S, GLORANT T, et al. Influence of a short thermal treatment on the superelastic properties of a titanium-based alloy [J]. *Scripta Materialia*, 2010, 63(11): 1053–1056.
- [5] LIU Z, WELSCH G. Effects of oxygen and heat treatment on the mechanical properties of alpha and beta titanium alloys [J]. *Metallurgical Transactions A*, 1988, 19(3): 527–542.
- [6] KIM W J, YOO S J, LEE J B. Microstructure and mechanical properties of pure Ti processed by high-ratio differential speed rolling at room temperature [J]. *Scripta Materialia*, 2010, 62(7): 451–454.
- [7] LIANG S X, YIN L X, CHE H W, et al. Effects of Al content on structure and mechanical properties of hot-rolled ZrTiAlV alloys [J]. *Materials & Design*, 2013, 52: 246–250.
- [8] STOLYAROV V V, ZEIPPER L, MINGLER B, et al. Influence of post-deformation on CP-Ti processed by equal channel angular pressing [J]. *Materials Science and Engineering A*, 2008, 476(1/2): 98–105.
- [9] STOLYAROV V V, ZHU Y T, LOWE T C, et al. Microstructure and properties of pure Ti processed by ECAP and cold extrusion [J]. *Materials Science and Engineering A*, 2001, 303(1/2): 82–89.
- [10] WANG Y C, LANGDON T G. Influence of phase volume fractions on the processing of a Ti-6Al-4V alloy by high-pressure torsion [J]. *Materials Science and Engineering A*, 2013, 559: 861–867.
- [11] BEEN J, GRAUMAN J S. Titanium and titanium alloys [C]//REVIE R W. Uhlig's Corrosion Handbook. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons Inc., 2011: 861–878.
- [12] ZHAO S, PENG Q, LI H, et al. Effects of super-high pressure on microstructures, nano-mechanical behaviors and corrosion properties of Mg-Al alloys [J]. *Journal of Alloys and Compounds*, 2014, 584: 56–62.
- [13] SIKKA S K, VOHRA Y K, CHIDAMBARAM R. Omega phase in materials [J]. *Progress in Materials Science*, 1982, 27(3/4): 245–310.
- [14] WANG Z X, LI F Y, PAN M X, et al. Effects of high pressure on the nucleation of $\text{Cu}_{60}\text{Zr}_{20}\text{Hf}_{10}\text{Ti}_{10}$ bulk metallic glass [J]. *Journal of Alloys and Compounds*, 2005, 388(2): 262–265.
- [15] SWIDERSKA-SRODA A, KALISZ G, PALOSZ B, et al. SiC nano-ceramics sintered under high-pressure [J]. *Reviews on Advanced Materials Science*, 2008, 18: 422–424.
- [16] HUANG Q, YU D, XU B, et al. Nanotwinned diamond with unprecedented hardness and stability [J]. *Nature*, 2014, 510(7504): 250.
- [17] ERRANDONEA D, MENG Y, SOMAYAZULU M, et al. Pressure-induced $\alpha \rightarrow \omega$ transition in titanium metal: a systematic study of the effects of uniaxial stress [J]. *Physica B: Condensed Matter*, 2005, 355(1/2/3/4): 116–125.
- [18] WANG H, ZHU D, ZOU C, et al. Evolution of the microstructure and nanohardness of Ti-48 at.% Al alloy solidified under high pressure [J]. *Materials & Design*, 2012, 34: 488–493.

- [19] JAYARAMAN A, KLEMENT JR W, KENNEDY G C. Solid-solid transitions in titanium and zirconium at high pressures [J]. *Physical Review*, 1963, 131(2): 644.
- [20] BERRAHMOUNE M R, BERVEILLER S, INAL K, et al. Analysis of the martensitic transformation at various scales in TRIP steel [J]. *Materials Science and Engineering A*, 2004, 378(1/2): 304–307.
- [21] HALEVY I, ZAMIR G, WINTERROSE M, et al. Crystallographic structure of Ti-6Al-4V, Ti-HP and Ti-CP under high-pressure [C]//*Journal of Physics: Conference Series*, 2010, 215(1): 12–13.
- [22] TAYA M, LULAY K E, LLOYD D J. Strengthening of a particulate metal matrix composite by quenching [J]. *Acta Metallurgica et Materialia*, 1991, 39(1): 73–87.
- [23] WANG N, WEI B. Rapid solidification behaviour of Ag-Cu-Ge ternary eutectic alloy [J]. *Materials Science and Engineering A*, 2001, 307(1/2): 80–90.
- [24] GOODWIN P N, QUIMBY E H, MORGAN R I I. Physical foundations of radiology [J]. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 1971, 50(1): 47.
- [25] EKIMOV E A, SUETIN N V, POPOVICH A F, et al. Thermal conductivity of diamond composites sintered under high pressures [J]. *Diamond and Related Materials*, 2008, 17(4/5): 838–843.
- [26] LIU Y. Lamellar spacing and mechanical property of undercooled Ti-45Al-2Cr-2Nb alloy [J]. *Materials Letters*, 2003, 57(15): 2262–2266.
- [27] ZHANG X Z, KNOTT J F. Cleavage fracture in bainitic and martensitic microstructures [J]. *Acta Materialia*, 1999, 47(12): 3483–3495.
- [28] GU Y, ZENG F, QI Y, et al. Tensile creep behavior of heat-treated TC11 titanium alloy at 450–550 °C [J]. *Materials Science and Engineering A*, 2013, 575: 74–85.
- [29] RAJAN T V, SHARMA C P, SHARMA A. Heat treatment: principles and techniques [M]. 2nd ed. New Delhi, India: Prentice Hall India Learning Private Limited, 2010.

Properties of Commercial Pure Titanium under Self-Heating and High-Pressure Heating Treatment

REN Yuduo¹, ZHANG Yang¹, LUO Kun²

(1. School of Materials Science and Engineering, Jilin Jianzhu University, Changchun 132021, Jilin, China;

2. State Key Laboratory of Metastable Materials Science & Technology,
Yanshan University, Qinhuangdao 066004, Hebei, China)

Abstract: The effect of pressure on quenching process of commercial pure titanium (CPTi) has been studied. Annealed, water quenched and high temperature and high pressure (HTHP) treated samples were prepared for comparison. The phase composition and microstructure were analyzed, and the microhardness was measured. Results showed that under high pressure quenching, specimens were all α -Ti martensite, and the grain refinement and microhardness were increased with the increasing pressure. For the pressure treated sample, there was no elevation on hardness compared with water quenched sample. Besides, the elongation of water quenched specimen was quite lower than that of the as-received sample. Herein, to investigate the ductility and tensile strength, tensile test was carried out by using samples treated by self-heating process under high pressure. The data showed that the strength of the treated sample was substantially promoted and the ductility was good, which was close to as-received sample.

Keywords: high pressure; pure titanium; tensile properties; grain refinement