

烧结助剂 TiO_2 添加量及烧结制度对 Cr_2O_3 烧结致密化行为的影响

于丽琴¹, 郝留成¹, 余 杨², 王亚祥¹, 王中雨², 王 波², 赵 眚¹, 陈 蕊¹

(1. 平高集团有限公司, 平顶山 467001; 2. 西安交通大学材料科学与工程学院, 金属材料强度国家重点实验室, 西安 710049)

摘要: 以 Cr_2O_3 微粉为原料、 TiO_2 微粉为烧结助剂, 在不同温度(1 000~1 500 °C)、不同保护气体(氩气、氮气)中烧结制备 Cr_2O_3 , 研究了 TiO_2 添加量(0, 1%, 3%, 5%, 质量分数)、烧结温度和烧结气氛对 Cr_2O_3 烧结致密化行为的影响。结果表明: 随着 TiO_2 添加量增加, 试样线收缩率和相对密度增加, 致密化程度提高, 当 TiO_2 添加量为 5% 时, 线收缩率和相对密度最大, 分别为 16.25%, 92.51%, 添加 TiO_2 后形成的 $(Cr_{0.88}Ti_{0.12})O_3$ 置换固溶体可以提升扩散传质速率, 从而促进烧结致密; 随着烧结温度升高, Cr_2O_3 的烧结致密化程度先升高后降低, 1 300 °C 下烧结最致密, 氮气中烧结后在 Cr_2O_3 颗粒表面形成 Cr_2N 膜层, 可以发挥类似液相作用, 提高烧结速率, 制备的 Cr_2O_3 相比在氩气中更致密。

关键词: Cr_2O_3 材料; 烧结助剂; 烧结温度

中图分类号: TK16

文献标志码: A

文章编号: 1000-3738(2024)10-0092-07

0 引言

Cr_2O_3 材料具有稳定的化学性质和耐高温性能, 作为耐火材料和绝缘涂层材料广泛应用于航空航天、化工等多个领域^[1-5]。 Cr_2O_3 材料应用的前提是致密程度高, 然而, 由于铬的氧化物具有高挥发性, 同时铬离子和氧离子的扩散系数差异较大, 致密的 Cr_2O_3 材料制备较难。

从 1960 年开始, 国内外学者就对 Cr_2O_3 材料的烧结致密化进行了很多研究, 主要是关于气氛、温度以及烧结助剂对烧结的影响。氧分压会影响离子空位浓度, 当氧分压偏高时, 铬离子空位浓度高, 氧离子空位浓度低; 而在氧分压偏低时, 情况与上述相反, 两种情况下的缺陷浓度都不高, 影响 Cr_2O_3 材料烧结, 只有在氧分压适当的情况下, Cr_2O_3 材料才能烧结致密^[6-7]。烧结温度对 Cr_2O_3 材料的致密化也有很大影响, 升高温度可以使离子摆脱晶格束缚、加速扩散, 从而促进烧结。NEVE 等^[8] 采用 Cr_2O_3 微粉作为原料, 在 Cr_2O_3 的平衡氧分压下于 1 400 °C 烧结

1.5 h, 制备的试样相对密度最高只能达到 75%, 可见即使氧分压合适, 在较低温度下烧结也难以实现致密化。烧结助剂对 Cr_2O_3 材料烧结致密化的影响主要在于烧结助剂在晶格中产生的缺陷。HAGEL 等^[9] 研究了 TiO_2 、 MgO 、 Y_2O_3 等烧结助剂对 Cr_2O_3 材料烧结的影响, 发现这些烧结助剂通过在晶格中产生缺陷, 提高离子的扩散速率或抑制晶粒长大等方式来促进 Cr_2O_3 材料烧结致密化。

目前, 在工业生产致密 Cr_2O_3 材料时还是会面临烧结温度偏高、烧结产物不纯以及产品合格率低等问题^[10-22]。为此, 作者在不同惰性气氛、不同烧结温度下, 向 Cr_2O_3 中加入不同含量的烧结助剂 TiO_2 , 制备了 Cr_2O_3 材料, 研究了 TiO_2 添加量、烧结温度、烧结气氛对 Cr_2O_3 烧结致密化行为的影响, 并分析了影响机理。

1 试样制备与试验方法

试验原料为 Cr_2O_3 微粉, 纯度为 99.9%, 粒径为 0.1 μm , 由阿法埃莎有限公司提供; 烧结助剂为 TiO_2 微粉, 纯度为 99.9%, 粒径为 0.05 μm , 由超威纳米有限公司提供; 分散介质为无水乙醇, 分析纯, 由富宇化工有限公司提供。按照 TiO_2 质量分数分别为 0, 1%, 3%, 5% 称取 TiO_2 微粉和 Cr_2O_3 微粉, 加入无水

收稿日期: 2024-04-02; 修訂日期: 2024-09-17

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(52372068, U2066216, 52302069);

航空科学基金资助项目(20230040070006)

作者简介: 于丽琴(1981—), 女, 河南许昌人, 工程师, 本科

通信作者: 郝留成教授级高级工程师, 王波教授

乙醇后在QM-1F型滚动球磨机中进行湿法球磨, 球磨介质分别为直径9, 3, 1 mm的玛瑙磨球, 质量比为2:4:4, 球料质量比为3:1, 球磨时间为24 h, 主轴转速为300 $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ 。将球磨后的混合粉末置于旋转蒸发器干燥后, 置于烘箱中于80 °C保温12 h, 过200目筛后填充进直径为15 mm的圆柱形模具, 采用YS210型液压压力机压制成尺寸为 $\phi 15 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$ 的圆片形坯体, 压力为100 MPa, 保压时间为60 s。将坯体分别升温至1 000, 1 100, 1 200, 1 300, 1 400, 1 500 °C, 保温4 h进行烧结, 保护气体分别为氩气和氮气。测试烧结前后试样尺寸和质量, 计算线收缩率和质量损失率, 公式分别为

$$L_s = (L_1 \times L_2) / L_1 \times 100\% \quad (1)$$

$$w_s = (m_1 - m_2) / m_1 \times 100\% \quad (2)$$

式中: L_s 为线收缩率; L_1 为烧结前坯体尺寸; L_2 为试样烧结后的尺寸; w_s 为质量损失率; m_1 为烧结前坯体质量; m_2 为试样烧结后的质量。

烧结试样经研磨后, 采用Archimedes法测试显气孔率和体积密度, 计算总气孔率和相对密度。采用X'Pert PRO型X射线衍射仪(XRD)分析物相组成, 铜靶, K_α 射线, 扫描速率为 $10 (\text{°}) \cdot \text{min}^{-1}$, 扫描范围为 $20^\circ \sim 80^\circ$ 。采用Verios460型场发射扫描电镜(SEM)观察试样的断口(由万能试验机压断)和表面形貌。

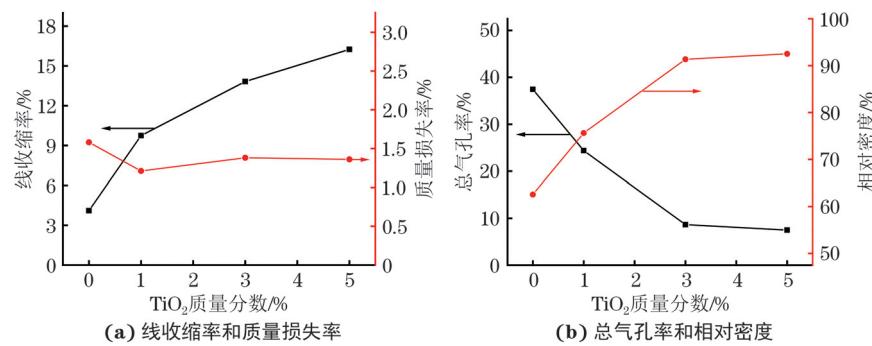


图1 氩气中、1 300 °C 烧结温度下 Cr_2O_3 试样的烧结性能随 TiO_2 添加量的变化曲线

Fig. 1 Variation curves of sintering performance vs TiO_2 addition of Cr_2O_3 samples sintered at 1 300 °C under argon atmosphere:
(a) linear shrinkage rate and mass loss rate and (b) total porosity and relative density

由图2可见: 未添加 TiO_2 时, 试样中仅存在 Cr_2O_3 相; TiO_2 添加量为 1%~5% 时, 试样均由 $(\text{Cr}_{0.88}\text{Ti}_{0.12})_2\text{O}_3$ 相组成。 Ti^{4+} 与 Cr^{3+} 的离子半径相差不超过 15%, 且铬与钛的电负性分别为 1.66 和 1.54, Ti^{4+} 易取代 Cr^{3+} 形成固溶体; 但 Cr_2O_3 为刚玉型结构, TiO_2 为金红石型结构, 两者结构不同导致形成的是有限置换固溶体。 Ti^{4+} 与 Cr^{3+} 半径与电负性的不同, 导致形成的固溶体产生晶格畸变, 形成的晶

2 试验结果与讨论

2.1 TiO_2 添加量对烧结致密化行为的影响

由图1可见: 在氩气中、1 300 °C 烧结温度下, 随着 TiO_2 添加量(质量分数, 下同)从0增加至5%, Cr_2O_3 烧结试样的线收缩率从4.10%增大到16.25%, 这是因为 Ti^{4+} 的离子半径与 Cr^{3+} 接近, 通过不等价离子交换 TiO_2 能够与 Cr_2O_3 形成固溶体, 造成晶格畸变, 提高缺陷浓度, 从而提高扩散传质速率; 不同 TiO_2 添加量下 Cr_2O_3 烧结试样的质量损失率均在1.50%附近, 这是因为质量损失主要来自 Cr_2O_3 在高温下转变成的 CrO 、 CrO_2 、 CrO_3 等易挥发相在蒸发-凝聚传质过程中的流失, 与 TiO_2 无关; 随着 TiO_2 添加量增加, Cr_2O_3 烧结试样的相对密度先增大后趋于稳定, 总气孔率则先降低后稳定; 当 TiO_2 添加量由0增至1%时, Cr_2O_3 烧结试样的相对密度由62.57%增至75.62%, 说明添加少量 TiO_2 对 Cr_2O_3 烧结致密化有很大促进作用; TiO_2 添加量为3%, 5%时, 试样的相对密度分别为91.36%, 92.51%, 说明试样已基本实现致密化烧结, 且继续增加 TiO_2 添加量对 Cr_2O_3 烧结致密化的促进作用是有限的。这是由于 TiO_2 在 Cr_2O_3 晶粒中的固溶存在限度, 超过这一限度后, 产生的缺陷浓度不变, 扩散传质速率相差不大, 因此烧结致密程度相近。

格缺陷有利于提高离子扩散速率, 促进烧结致密化。

由图3可见: 未添加 TiO_2 的试样为绿色, 接近 Cr_2O_3 原始粉末的颜色; TiO_2 的加入使得烧结后的 Cr_2O_3 试样变为灰色, 且随 TiO_2 添加量增加, 试样颜色逐渐变黑。这是因为 Cr_2O_3 烧结试样的颜色与 Cr_2O_3 晶粒的形态有关, 未添加 TiO_2 时, 试样烧结程度小, Cr_2O_3 晶粒为彼此分散的小晶粒, 因此颜色接近原始粉末的绿色, 随着 TiO_2 添加量增加, 试样烧

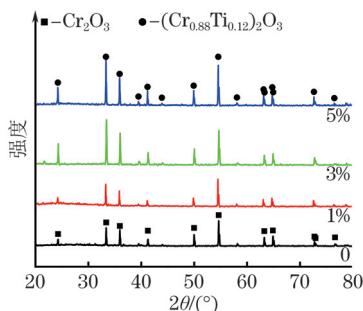


图 2 氩气中、1 300 °C 烧结温度下不同 TiO_2 添加量制备 Cr_2O_3 试样的 XRD 谱

Fig. 2 XRD patterns of Cr_2O_3 samples with different TiO_2 additions sintered at 1 300 °C under argon atmosphere

结程度升高, Cr_2O_3 晶粒粒径增大, 导致颜色变为深色^[23]。此外, TiO_2 添加量为 5% 时试样的直径相比未添加 TiO_2 时明显减小。

由图 4 可见: 未添加 TiO_2 的试样内部气孔之间相互连接, 形成大量开气孔, 颗粒之间没有明显的烧结颈, 说明此时试样烧结程度很低; 随着 TiO_2 添

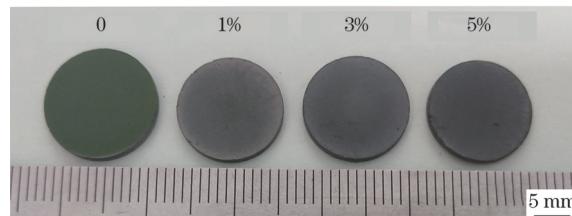


图 3 氩气中、1 300 °C 烧结温度下不同 TiO_2 添加量制备 Cr_2O_3 试样的宏观貌

Fig. 3 Macromorphology of Cr_2O_3 samples with different TiO_2 addition sintered at 1 300 °C under argon gas

加量增加, 气孔数量减少, 气孔间连接减少, 晶粒逐渐长大并形成烧结颈, 显微组织致密程度增加, 说明加入 TiO_2 有利于促进 Cr_2O_3 烧结过程中的体积扩散以及烧结颈的形成, 排出内部气体。 TiO_2 添加量为 5% 时, Cr_2O_3 烧结试样的致密性能最好, 相对密度达到 92.51%, 晶粒生长完整。因此, 最佳 TiO_2 添加量为 5%, 后文对于烧结制度的研究也基于此添加量。

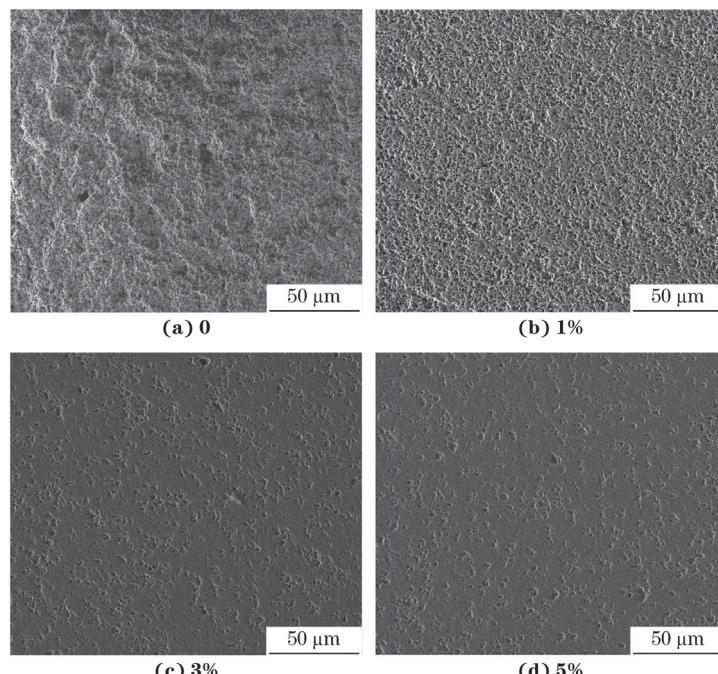


图 4 氩气中、1 300 °C 烧结温度下不同 TiO_2 添加量制备 Cr_2O_3 试样的微观形貌

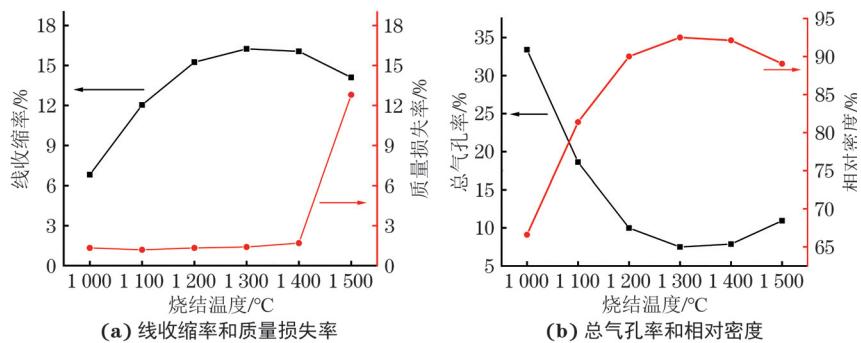
Fig. 4 Micromorphology of Cr_2O_3 samples with different TiO_2 additions sintered at 1 300 °C under argon atmosphere

2.2 烧结温度对烧结致密化行为的影响

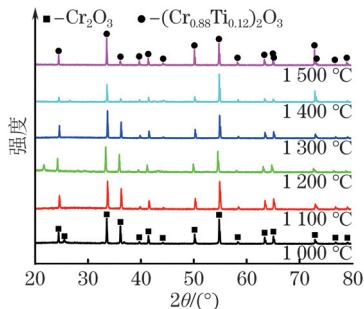
由图 5 可见: 氩气中、 TiO_2 添加量为 5% 时, 随着烧结温度升高, Cr_2O_3 试样的线收缩率和相对密度均先增大, 至温度高于 1 300 °C 时下降, 质量损失率先保持不变, 至温度高于 1 400 °C 时由 1.70% 增至 12.80%, 总气孔率先下降, 至温度高于 1 300 °C 时上升。这是由于烧结温度的升高可以促进晶粒重排,

使离子摆脱晶格束缚并加速扩散, 同时增加缺陷浓度, 加快 Ti^{4+} 与 Cr^{3+} 的扩散速率, 推动扩散传质过程的进行, 从而促进烧结致密。但温度过高可能使 Cr^{3+} 变价为高价铬离子, 形成易挥发氧化物, 从而形成气孔。

由图 6 可见: 1 000~1 200 °C 下烧结的试样由 Cr_2O_3 组成; 随着烧结温度升高至 1 300~1 500 °C, 衍

图 5 氩气中、 TiO_2 添加量为 5% 时 Cr_2O_3 试样的烧结性能随烧结温度的变化曲线Fig. 5 Variation curves of sintering performance vs sintering temperature of Cr_2O_3 samples with 5% TiO_2 under argon atmosphere:

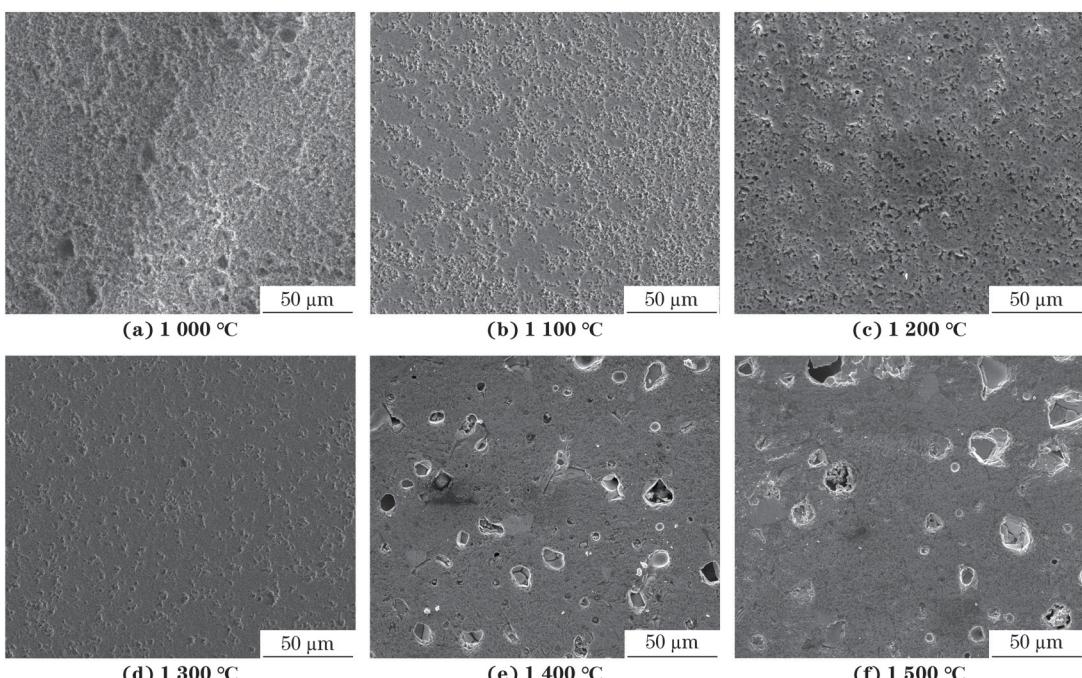
(a) linear shrinkage rate and mass loss rate and (b) total porosity and relative density

图 6 氩气中、 TiO_2 添加量为 5% 时不同烧结温度下制备 Cr_2O_3 试样的 XRD 谱Fig. 6 XRD patterns of Cr_2O_3 samples with 5% TiO_2 sintered at different temperatures under argon atmosphere

射峰峰位发生偏移, 试样由 $(Cr_{0.88}Ti_{0.12})_2O_3$ 相组成。这是因为 1 200 °C 以下烧结时扩散速率较低, TiO_2 颗粒未能全部固溶进入 Cr_2O_3 中, 由于 TiO_2 含量较

低, 在 XRD 谱中不能显示出来。随着烧结温度升高至 1 300 °C, TiO_2 与 Cr_2O_3 的扩散速率提高, TiO_2 固溶进 Cr_2O_3 晶格内形成 $(Cr_{0.88}Ti_{0.12})_2O_3$ 相, 当 TiO_2 完全固溶进 Cr_2O_3 晶格后继续提高烧结温度, 衍射峰也不再偏移。

由图 7 可见: 1 000~1 200 °C 下烧结的试样抛光面存在大量宏观气孔, 气孔之间互相连通; 随着烧结温度升高至 1 300 °C, 试样中气孔数量显著减少, 气孔独立存在; 随着烧结温度升高至 1 400 °C, 试样表面较为致密; 随着烧结温度升高至 1 500 °C, 试样中出现较大闭气孔。在过高烧结温度下, 烧结颈快速生长, 颗粒间晶面快速闭合, 在晶面间形成封闭孔洞; 同时高温下晶界运动速度快于孔洞运动速度, 晶界与孔洞脱钩使得晶粒内形成闭合孔洞, 这些闭合孔

图 7 氩气中、 TiO_2 添加量为 5% 时不同烧结温度下制备 Cr_2O_3 试样的微观形貌Fig. 7 Micromorphology of Cr_2O_3 samples with 5% TiO_2 sintered at different temperatures under argon atmosphere

洞在扩散作用下难以收缩, 并且小气孔由于压力较大, 容易并入压力较低的大气孔内部, 使得形成较大闭气孔。综上, 最佳烧结温度为 1 300 ℃。

2.3 烧结气氛对烧结致密化行为的影响

由图 8 可见: TiO_2 添加量 5%、烧结温度 1 300 ℃下, 氩气中烧结的 Cr_2O_3 试样的物相为 TiO_2 固溶于 Cr_2O_3 形成的置换固溶体 $(Cr_{0.88}Ti_{0.12})_2O_3$, 氮气中烧结的物相主要为 Cr_2N 和 $(Cr_{0.88}Ti_{0.12})_2O_3$ 固溶体。铬的氧化物常以 Cr - Cr_2O_3 或 Cr_2O_3 - CrO_3 混合物的形式存在, 低氧分压下这种体系存在动态平衡, 烧结早期会生成一些铬及其低价氧化物, 这些物质熔点低, 在烧结过程中发挥着类似液相的作用, 可以大幅提高 Cr_2O_3 的烧结速率。铬在氮气中、1 500 ℃以下可以自发发生化学反应, 生成氮化物。

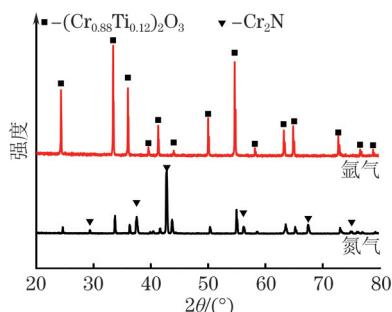


图 8 TiO_2 添加量 5%、烧结温度 1 300 ℃、不同气氛中烧结 Cr_2O_3 试样的 XRD 谱

Fig. 8 XRD patterns of Cr_2O_3 samples with 5% TiO_2 sintered at 1 300 ℃ under different atmospheres

由图 9 可见: 氩气中烧结的试样中存在平均直径 3 μm 的细小颗粒, 颗粒分布均匀, 断口表面平整; 氮气中烧结的试样中也存在平均直径 3 μm 的细小颗粒, 但在这些细小颗粒表面还附着一层不连续的平均直径 8 μm 的粗大颗粒, 覆盖面积达到 50% 以上, 粗大颗粒分布不均, 断口表面高低起伏较显著, 表面粗糙度明显更大。结合 XRD 结果分析, 这些粗大颗粒为 Cr_2N , 其随机分布在细小颗粒表面, 未形成致密膜层, 膜层之间的平均间隙尺寸为 8 μm 。间隙的存在使得 Cr_2O_3 的烧结致密过程得以正常进行, 气孔仍然能够通过 Cr_2O_3 的晶界排出坯体外部, 且膜层在烧结过程中发挥着类似液相的作用, 可以提高烧结速率, 制备的 Cr_2O_3 相比在氩气中更加致密。

3 结 论

(1) 随着 TiO_2 添加量增加, Cr_2O_3 烧结试样的线收缩率增大, 相对密度先增大, 当 TiO_2 添加量达到 3% 以后趋于稳定, 不低于 91.36%, 致密化程度提高。添加 TiO_2 后形成 $(Cr_{0.88}Ti_{0.12})_2O_3$ 置换固溶体, 提升了扩散传质速率, 使得烧结致密程度提高。

(2) 随着烧结温度升高, Cr_2O_3 的烧结致密化程度先升高后降低, 1 300 ℃下烧结最致密。

(3) 相比在氩气中, 氮气气氛下烧结时试样中形成非致密 Cr_2N 膜层, 可以发挥类似液相作用, 提高烧结速率, 制备的 Cr_2O_3 致密。

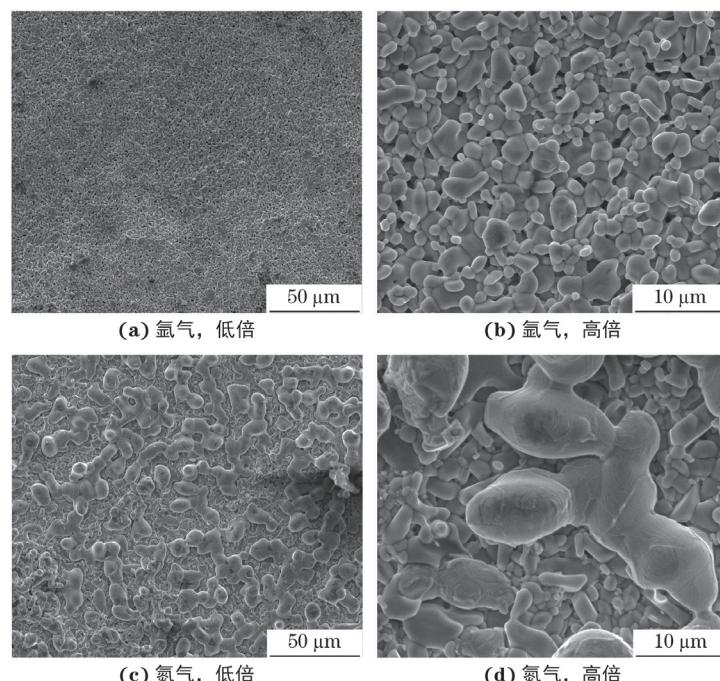


图 9 TiO_2 添加量 5%、烧结温度 1 300 ℃、不同气氛中烧结 Cr_2O_3 试样的微观形貌

Fig. 9 Microscopic morphology of Cr_2O_3 samples with 5% TiO_2 sintered at 1 300 °C under different atmospheres

参考文献:

- [1] 陈肇友. Cr_2O_3 在耐火材料中的行为[J]. 耐火材料, 1990, 24(2): 37-44.
- CHEN Z Y. Behaviour of Cr_2O_3 in refractory materials [J]. Refractories, 1990, 24(2): 37-44.
- [2] 陈肇友. Cr_2O_3 对耐火材料性能的影响[J]. 耐火材料, 1991, 25(5): 354-368.
- CHEN Z Y. Effect of Cr_2O_3 on the properties of refractory materials[J]. Refractories, 1991, 25(5): 354-368.
- [3] KEIICHI N, KENSAKU M. Refractories for glass fiber furnace[J]. Taikabutsu Overseas, 1986, 6(4): 13-17.
- [4] THOMAS M. What's new in fiberglass furnace refractories[J]. Glass Industry, 1989, 6: 29-31.
- [5] 庞晓露. 氧化铬薄膜的生长机理及力学性能表征[D]. 北京: 北京科技大学, 2008.
- PANG X L. Growth mechanism and mechanical properties characterization of chromium oxide thin films [D]. Beijing: University of Science and Technology Beijing, 2008.
- [6] LI M Q, ZHANG S Y. The key technique of manufacture of dense chromium sesquioxide refractories [J]. China's Refractories, 1998, 7(3): 11-13.
- [7] NAGAI H, OHBAYASHI K. Effect of TiO_2 on the sintering and the electrical conductivity of Cr_2O_3 [J]. Journal of the American Ceramic Society, 1989, 72(3): 400-403.
- [8] NEVE J M, COBLE R L. Initial sintering of Cr_2O_3 [J]. Journal of the American Ceramic Society, 1974, 57(6): 274-275.
- [9] HAGEL W C, JORGENSEN P J, TOMALIN D S, et al. Initial sintering of α - Cr_2O_3 [J]. Journal of the American Ceramic Society, 1966, 49(1): 23-26.
- [10] 邓双, 李会泉, 张懿. 纳米 Cr_2O_3 的制备、表征及催化性能[J]. 无机化学学报, 2003, 19(8): 825-830.
- DENG S, LI H Q, ZHANG Y. Preparation, characterization and catalytic activity of nanosized chromium oxide[J]. Chinese Journal of Inorganic Chemistry, 2003, 19(8): 825-830.
- [11] ATKINSON A, LEVY M R, ROCHE S, et al. Defect properties of Ti-doped Cr_2O_3 [J]. Solid State Ionics, 2006, 177(19/20/21/22/23/24/25): 1767-1770.
- [12] LI M Q, ZHANG S Y, YANG R L. The key technique of manufacture of dense chromium sesquioxide refractories[J]. China's Refractories, 1998, 7(3): 11-13.
- [13] 齐晓青, 王玉范, 张路明, 等. 玻璃纤维池窑用致密 Cr_2O_3 制品的开发[J]. 耐火材料, 2001, 35(5): 273-275.
- QI X Q, WANG Y F, ZHANG L M, et al. Development of dense chrome products for fiberglass melting furnace[J]. Refractories, 2001, 35(5): 273-275.
- [14] 徐延庆, 孙加林, 陈肇友, 等. 气氛条件下氧化铬材料的烧结性能研究[J]. 武汉科技大学学报(自然科学版), 2010, 33(2): 170-175.
- XU Y Q, SUN J L, CHEN Z Y, et al. Sintering behavior of chromium oxide materials at varying firing atmospheres[J]. Journal of Wuhan University of Science and Technology, 2010, 33(2): 170-175.
- [15] 尹洪基, 徐延庆, 吕世坪, 等. 气氛对氧化铬材料烧结的影响[J]. 耐火材料, 2010, 44(4): 251-255.
- YIN H J, XU Y Q, LÜ S P, et al. Effect of atmosphere on sintering behavior of chromium oxide materials[J]. Refractories, 2010, 44(4): 251-255.
- [16] OWNBY P D, JUNGQUIST G E. Final sintering of Cr_2O_3 [J]. Journal of the American Ceramic Society, 1972, 55(9): 433-436.
- [17] LI T, BROOK R J, DERBY B. Sintering of Cr_2O_3 in H_2/H_2O gas mixtures[J]. Journal of the European Ceramic Society, 1999, 19(3): 399-405.
- [18] CALLISTER W D, JOHNSON M L, CUTLER I B, et al. Sintering chromium oxide with the aid of TiO_2 [J]. Journal of the American Ceramic Society, 1979, 62(3/4): 208-211.
- [19] ROY S N, GUHA S K, MAITI H S. Studies on the influence of lanthanum oxide on the sinterability of chromium (III) oxide[J]. Journal of Materials Science, 1990, 25(8): 3508-3512.
- [20] 梁永和. Cr_2O_3 及其复合材料的烧结、显微结构和性能研究[D]. 上海: 华东理工大学, 2002.
- LIANG Y H. Sintering, microstructure and properties of Cr_2O_3 and its composites[D]. Shanghai: East China University of Science and Technology, 2002.
- [21] 尹洪基, 耿可明, 王金相. 氧化钛对氧化铬材料烧结特性的影响[J]. 硅酸盐学报, 2009, 37(12): 1995-1999.
- YIN H J, GENG K M, WANG J X. Effect of titanium oxide on sintering behavior of chromium oxide materials[J]. Journal of the Chinese Ceramic Society, 2009, 37(12): 1995-1999.
- [22] 梁永和, 李楠, 钱新伟, 等. 低温合成高铬烧结料[J]. 耐火材料, 2001, 35(4): 199-201.
- LIANG Y H, LI N, QIAN X W, et al. Synthesis of sintered clinker with rich Cr_2O_3 at low temperature[J]. Refractories, 2001, 35(4): 199-201.
- [23] NAGAI H, OHBAYASHI K. Effect of TiO_2 on the sintering and the electrical conductivity of Cr_2O_3 [J]. Journal of the American Ceramic Society, 1989, 72(3): 400-403.

Effect of TiO_2 Sintering Assistant Addition and Sintering System on Sintering Densification Behavior of Chromium Oxide

YU Liqin¹, HAO Liucheng¹, YU Yang², WANG Yaxiang¹, WANG Zhongyu²,
WANG Bo², ZHAO Ye¹, CHEN Rui¹

(1. Pinggao Group Co., Ltd., Pingdingshan 467001, China; 2. State Key Laboratory for Mechanical Behavior of Materials, School of Materials Science and Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

Abstract: Cr_2O_3 material was prepared under different temperatures (1 000–1 500 °C) and different protective atmospheres (argon, nitrogen) by using Cr_2O_3 powder as raw material and TiO_2 powder as sintering assistant. The effect of TiO_2 addition (0, 1%, 3%, 5%, 5%, mass fraction), sintering temperature and sintering atmosphere on sintering densification behavior of Cr_2O_3 was analyzed. The results show that with the increase of TiO_2 addition, the linear shrinkage rate and relative density of the sample increased, and the densification degree increased. When the TiO_2 addition was 5%, the linear shrinkage rate and relative density reached the maximum, which were 16.25% and 92.51%, respectively. After adding TiO_2 , $(Cr_{0.88}Ti_{0.12})_2O_3$ replacement solid solution was formed to improve the diffusion mass transfer rate and promote sintering densification. With the increase of sintering temperature, the sintering densification degree of Cr_2O_3 first increased and then decreased, and reached the maximum at 1 300 °C. After sintering in nitrogen atmosphere, the Cr_2N film was formed on the surface of Cr_2O_3 particles after sintering in nitrogen, which could play a similar role to the liquid phase and improve the sintering speed, the Cr_2O_3 prepared was denser than that prepared in argon atmosphere.

Key words: Cr_2O_3 material; sintering assistant; sintering temperature

《机械工程材料》杂志防诈骗公告

近期, 有不法单位和个人在网络上假冒我刊官网, 或通过电子邮件、电话等形式以本刊名义向作者收取一定的审稿费或版面费, 已有多人被骗200~800元不等。这一行为严重侵害了我刊的良好声誉及合法权益, 我刊强烈谴责这种诈骗行为, 并郑重声明:

1.《机械工程材料》杂志的唯一官方投稿网站为: 材料与测试网——www.mat-test.com。点击“在线投审稿”即可进入投稿页面。或者直接输入“<http://www.mat-test.com/Submission>”即可投稿或查询稿件的进度。

2.《机械工程材料》杂志社版面费支付方式仅有两种渠道:

(1) 邮局汇款

收款人:《机械工程材料》编辑部
地址:上海市虹口区邯郸路99号
邮编:200437

(2) 银行转账

收款人:上海材料研究所
开户行:工行大柏树支行
账号:1001232009014409183
如有疑义, 请及时联系编辑部。
联系电话:021-65541496; 021-65556775-351
邮箱:mem@mat-test.com

《机械工程材料》编辑部