

升温速度对自蔓延高温合成 Al/TiC 复合材料的影响^①

梅炳初 孙晓冬 庄乾东 袁润章
(武汉工业大学国家重点实验室, 武汉 430070)

摘要 利用自蔓延高温合成的热爆方式, 采用 Ti、C 和 Al 三种粉末原料, 合成了 Al/TiC 复合材料。研究了升温速度对试样的尺寸变化、热爆开始温度、反应最高温度、产物的相组成、密实度以及微观结构的影响。

关键词 升温速度 自蔓延高温合成 Al/TiC 复合材料

由于 Al 基材料具有高的比强度、比弹性模量以及简单的制备方法等特点^[1], 因而是一类非常重要的工程结构材料。常作为 Al 基材料的增强陶瓷相有 SiC、Al₂O₃ 和 TiC, 其中 TiC 作为增强相的研究还不很多, 但有文献报导其作为增强相是可能的^[2]。Al 基材料的传统制备方法主要是混合法, 即将增强相与基体先混合, 然后制成密实材料(如粉末冶金法)。这个方法存在的问题是陶瓷相的表面污染及氧化, 如果采用原位合成的方法^[3]可以解决这个问题。本文为采用自蔓延高温合成(SHS)的热爆方式原位合成 Al/TiC 复合材料的一些基础研究, 主要涉及升温速度对合成过程的影响。

1 实验方法

采用 Ti、C 和 Al 三种粉末原料, 其中 Ti 粉为一级钛粉, Al 为分析纯化学试剂, C 为无定形碳黑, 它们的粉末特性列于表 1。

将三种粉末原料按下列反应式配合:



混匀后在 40 MPa 的压力下压成 $d20\text{mm} \times 20\text{mm}$ 圆柱状, 约达到理论密度的 50%。整个实

验过程在一反应器中进行, 产物的微观结构和相组成分别用 SEM 及 XRD 进行分析。

表 1 原料的粉末特性

原料	纯度 / %	比表面积 / $\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$	平均颗粒尺寸 / μm
Ti	99.4	0.07	10
Al	99	0.04	50
C	98	132.74	0.01

2 结果与讨论

2.1 热爆开始温度 t_{ig} 和反应最高温度 t_c

图 1 为升温速度对 t_{ig} 及 t_c 的影响。 t_{ig}

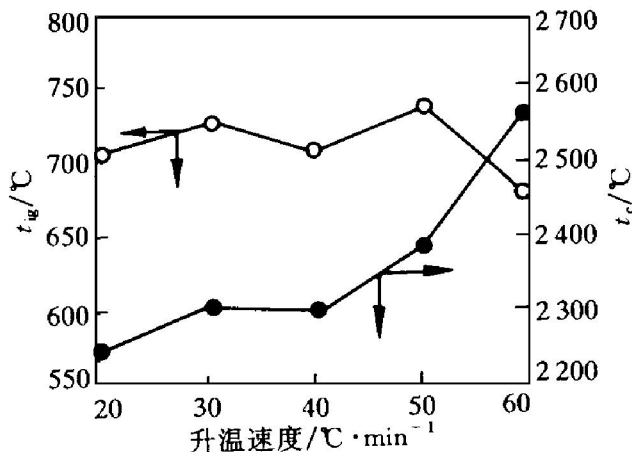


图 1 升温速度对 t_{ig} 及 t_c 的影响

① 收稿日期: 1996-03-04; 修回日期: 1996-06-04 梅炳初, 男, 34岁, 教授

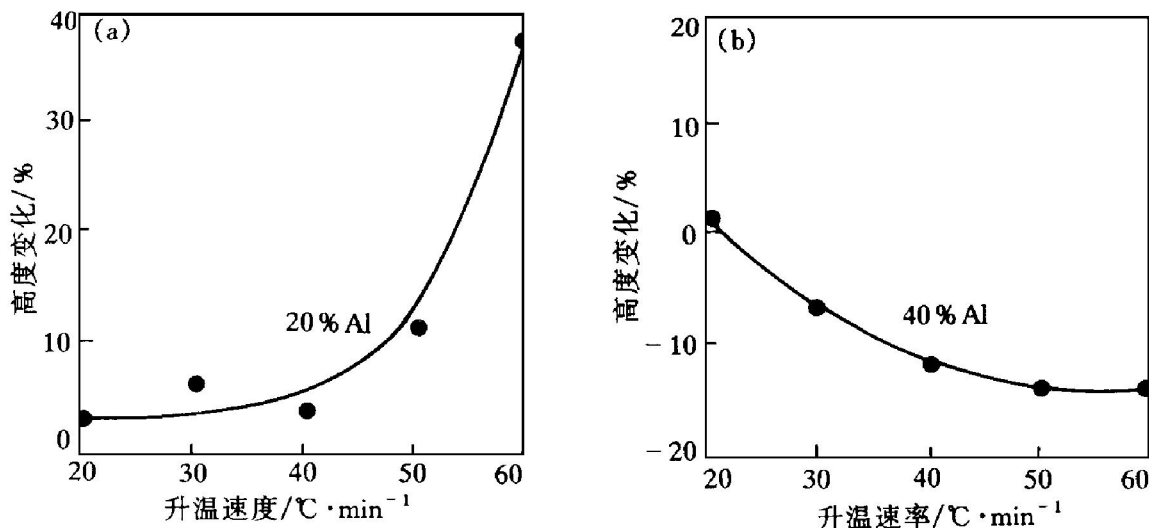


图2 Al含量不同的试样高度随升温速度的变化

基本不随升温速度变化而变化，恒定在Al的熔点附近， t_c 随升温速度增加有增加的趋势。 t_c 随升温速度增加而增加是因为在高升温速度下，升温过程中反应物不会在 t_{ig} 之前被消耗太多，到达 t_{ig} 时，系统反应放出更多的热量。

2.2 热爆前后试样的高度变化

不同升温速度下，热爆前后试样的高度变化如图2。对(a)样(20% Al)，试样发生了膨胀，但在升温速度小于50 °C/min时，高度膨胀率变化不大；大于50 °C/min时，高度急剧膨胀。对(b)样(40% Al)，试样发生了收缩，但随升温速度增加高度收缩率增加不大。

在Al含量相对较少时，系统的放热量较大，反应较剧烈，随升温速度增加，反应更剧烈，因而试样发生膨胀；在Al含量相对较多时，系统反应相对不太剧烈，升温速度增加，使反应最高温度 t_c 增加，有利于试样的烧结。

2.3 产物密实度

不同Al含量的产物密实度与升温速度的关系如图3。与图2结果一致，高Al含量时，密实度随升温速度增加而增加；低Al含量时(如20%)，密实度下降，并且在升温速度大于50 °C/min时迅速下降。

2.4 产物的XRD分析

对组成为80% (Ti+ C)-20% Al样品的产物进行了XRD分析，结果列于表2中。在5 °C/min下，试样升温到1200 °C还没有发生

热爆，产物除TiC外，还有Ti及TiAl化合物；在10 °C/min下，升温到约700 °C，试样发生热爆，产物仅为TiC和Al，与设计相符。

2.5 产物的显微结构

组成为80% (Ti+ C)-20% Al试样产物的SEM照片如图4。升温速度不同，产物结构显然不同。在10 °C/min下，合成的TiC主要为卵石状；在50 °C/min下，TiC除圆球状外，还

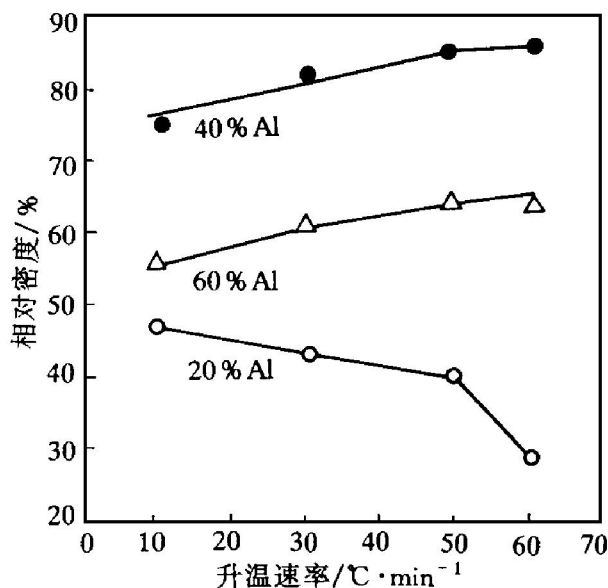


图3 升温速度对产物密实度的影响

表2 组成为80% (Ti+ C)-20% Al样品的产物XDR结果

升温速度 / °C·min ⁻¹	产物相
5	TiAl ₃ , TiAl, TiC, Ti
10	TiC, Al

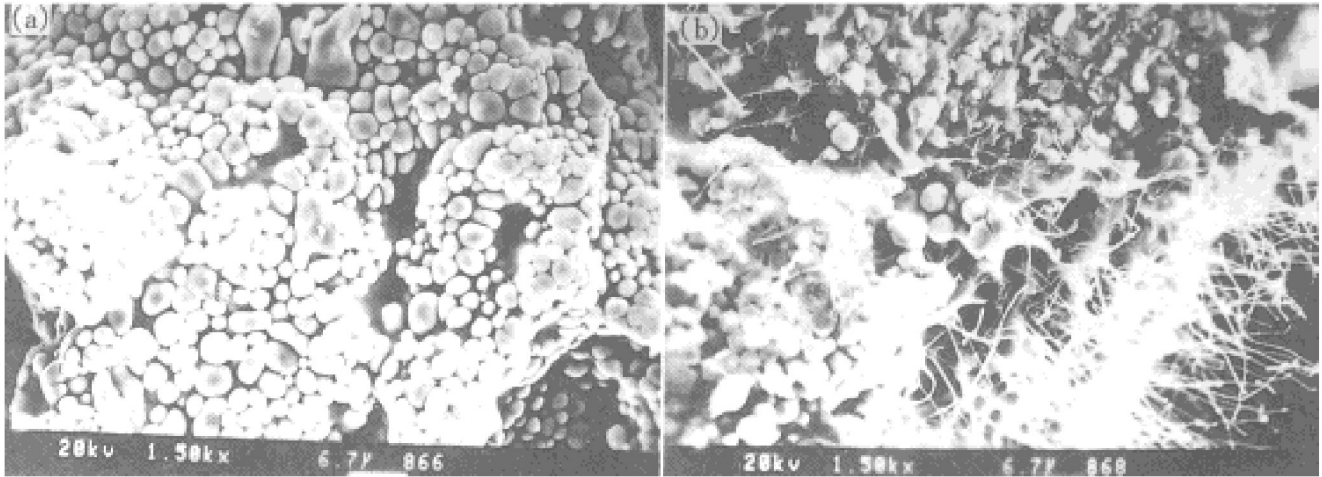


图4 产物的 SEM 照片(Al 含量为 20%)

(a) $-10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$; (b) $-5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$

有些是多角状以及纤维状, 这个结果还没有见到其他学者的报导, 可能反映了不同升温速度下存在不同的反应机制^[4]。

3 结论

(1) 采用自蔓延高温合成的热爆方式合成 Al/TiC 复合材料时, 升温速度有很大的影响。一般升温速度不宜低于 $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 。

(2) 升温速度对合成过程的影响与 Al 含

量有关。

参考文献

- 1 Mitra R, Fine M E, Weertman J R. *J Mater Res*, 1993, 8 (9): 2370.
- 2 Muscat D, Shanker K, Drew R A L. *Mater Sci & Tech*, 1992, 8: 971.
- 3 Christodoulou L, Parrish P A, Crowe C R. *Mater Res Soc Symp Proc*, 1988, 120: 29.
- 4 Yi H C, Pertric A. *J Mater Sci*, 1992, 27: 6797.

EFFECT OF HEATING RATE ON SELF-PROPAGATING HIGH-TEMPERATURE SYNTHESIS OF Al/TiC COMPOSITES

Mei Bingchu, Sun Xiaodong, Zhuang Qiandong, Yuan Runzhang

The National Lab of Key Technology for Composites,

Wuhan University of Technology, Wuhan 430070

ABSTRACT Al/TiC composites were synthesized by the thermal explosion mode of self-propagating high temperature synthesis (SHS) from Ti, C and Al powders. The effects of the heating rate on the ignition temperature, the combustion temperature, the phase composition, the relative density and the microstructure of the products were studied.

Key words heating rate SHS Al/TiC composites

(编辑 彭超群)