

DOI: 10.11883/bzycj-2018-0256

TiH₂ 含量对 Al/PTFE 动态力学性能和 撞击感度的影响*

于钟深, 方 向, 李裕春, 任俊凯, 张 军, 宋佳星

(陆军工程大学野战工程学院, 江苏 南京 210001)

摘要: 采用混合压制烧结法制备了 4 种不同 TiH₂ 含量的铝/氢化钛/聚四氟乙烯 (Al/TiH₂/PTFE) 试件, 并基于分离式霍普金森杆和落锤冲击实验, 对反应材料的动态压缩力学性能、撞击感度及反应特性进行了研究。实验结果表明, 4 种材料均存在应变硬化和应变率硬化效应, 随加载应变率的提高, 材料屈服强度和硬化模量增大。相同加载应变率下, 材料屈服强度随 TiH₂ 含量的增加而增高, 材料压缩强度则先增高后降低, TiH₂ 质量分数为 5% 时材料压缩强度达到最大值 166.4 MPa, 比 Al/PTFE 强度提高 6.8%。在一定含量范围内 (小于 5%), 加入 TiH₂ 有助于提高 Al/PTFE 材料撞击感度和能量释放水平, 而 TiH₂ 质量分数大于 10% 时, 材料撞击感度和反应剧烈程度则逐渐降低。与 Al/PTFE 相比, 含 TiH₂ 试件反应火光周围有明显的火星喷溅现象, 且此现象 TiH₂ 含量越高越显著。

关键词: Al/TiH₂/PTFE; 分离式霍普金森杆; 落锤冲击; 力学性能; 撞击感度; 反应特性

中图分类号: O381; TJ04

国标学科代码: 13035

文献标志码: A

多功能含能结构材料 (multifunctional energetic structural materials, MESMs) 是一类将两种或多种非爆炸性含能物质经造粒、粉末混合压实、真空烧结等工艺处理, 最终形成具有一定强度、密度及高速释能特性的特殊结构材料。这类材料通常包括铝热剂、金属间化合物、金属聚合物以及金属氢化物等^[1]。Al/PTFE 类反应材料便是其中较典型的一类新型高级含能材料, 这种材料在冲击载荷作用下会发生反应并瞬间释放大量能量和反应产物, 使其在军事应用领域具有独特的“撞击-反应”两段式毁伤效果, 应用价值极高。近年来, 对 Al/PTFE 类反应材料开展了大量的研究, 并取得了显著的成果^[2-15]。

金属氢化物 (metal hydride) 具有优越的储氢性能, 氢以极高的浓度存在于金属晶格中, 具有较高的能量密度。因此, 这类材料在含能材料领域中具有广阔的应用前景。以氢化钛 (TiH₂) 为例, 含氢质量分数为 3.9% 时, 其质量热值高达 21.5 kJ/g^[16]。目前, 许多学者将 TiH₂ 作为高能添加剂加入到炸药、推进剂及烟火剂中, 并开展了一系列研究。薛冰等^[17] 采用空中爆炸实验研究了不同含量和粒径的 TiH₂ 对 RDX 爆炸性能的影响, 结果发现 TiH₂ 的质量分数为 20%、粒径为 0.96 μm 时复合炸药的峰值超压、正压作用时间及正相冲量较标准 RDX 分别增加了 3.8%、12.7% 和 14.0%。李辰芳^[16] 研究了 TiH₂ 对推进剂燃速的影响, 结果发现 TiH₂ 的加入能促进推进剂气相的放热反应, 导致从气相到燃烧表面传导的热量增加, 从而提高推进剂的燃速。Collins^[18-19] 研究了 TiH₂ 和 KClO₄ 混合物的临界点火温度, 结果发现加入 TiH₂ 后 KClO₄ 的临界点火温度并未发生变化, 这表明 TiH₂ 与强氧化剂有很好的相容性。近期, 于钟深等^[20] 将 TiH₂ 引入到 Al/PTFE 反应材料中, 采用准静态压缩实验对复合材料力学性能及反应特性进行了研究; 结果发现 TiH₂ 含量对材料性能和准静压反应率影响显著, TiH₂ 质量分数为 5% 时, 试样反应率达到 90%, 材料强度达到最大值 108 MPa, 比 Al/PTFE 类材料强度高 15.1%, 且含 TiH₂ 的试样反应时出现了特殊的燃烧火苗现象; 这表明 TiH₂ 被 Al 和 PTFE 反应释放的能量活化, 释放出氢气并生成 TiC (碳化钛),

* 收稿日期: 2018-07-14; 修回日期: 2018-10-16

基金项目: 国家自然科学基金 (51673213, 51704302)

第一作者: 于钟深 (1991—), 男, 博士研究生, chunweiyu@qq.com;

通信作者: 李裕春 (1974—), 男, 副教授, liyuchunmail@sina.com。

能量释放充分,达到了其作为高能添加剂的目的。然而,目前尚未发现关于冲击载荷下 TiH₂ 含量对 Al/PTFE 力学性能和反应特性影响的报道。

为此,本文中采用分离式霍普金森杆 (split Hopkinson pressure bar, SHPB) 及落锤冲击实验对不同 TiH₂ 含量反应材料的动态力学特性、撞击感度及反应特性进行探讨,以期研究结果可为金属氢化物在反应材料中的应用提供参考。

1 实验部分

1.1 试件制备

原料: Al 粉,纯度高于 99.5%,平均粒径为 6~7 μm,湖南金天铝厂生产; TiH₂ 粉,纯度高于 99.5%,平均粒径为 4~6 μm,株洲润峰新材料有限公司生产; PTFE 粉,纯度高于 99.5%,平均粒径为 25 μm,上海三爱富有限公司生产。共制备了 4 种 TiH₂ 含量的 Al/TiH₂/PTFE 圆柱形试件,各组分质量分数如表 1 所示。所有原料经粉末混合、模压预成型、烧结等工艺处理,制备得到尺寸分别为 $\varnothing 10 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$ 、 $\varnothing 10 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$ 的 2 种试件类型,分别用于 SHPB 和落锤冲击实验。烧结工艺时程曲线及烧结后试件分别如图 1~2 所示。

1.2 实验

采用 FEI Versa-3D 型扫描电子显微镜 (scanning electron microscope, SEM) 对原材料粉末及烧结后试件内部微观结构进行观测。由于烧结后试件中的 PTFE 呈现很强的断裂韧性,因此实验前需将试件置于液氮中低温冷冻 2 min,然后将其脆断,以减少脆断过程中 PTFE 基体过度拉伸对试件内部原始形貌的破坏。

使用 SHPB 实验装置对试件进行不同应变率下的动态压缩实验,实现的应变率为 700~3 400 s⁻¹。考虑到实验材料波阻抗较低,为获得较高的信噪比,对撞击杆、入射杆和透射杆均采用弹性模量相对较低的铝杆,长度分别为 600、6 000 和 3 500 mm,直径均为 20 mm。为了使试件达到早期应力平衡状态,采用了脉冲整形技术,即在撞击杆和入射杆之间放置一直径为 8 mm、厚度为 1 mm 的圆形橡胶片,用于增长入射脉冲的上升前沿时间。在试件两端涂抹适量凡士林,以减小摩擦对实验结果的影响。实验环境温度为 12 ℃。

采用落锤冲击实验对材料感度及反应特性进行研究。落锤质量为 10 kg,最大落高为 156 cm。制备 4 种类型的试样各 26 个,采用 GJB772A-97 方法 601.2 特性落高法^[21],对其中 25 个试样进行测试,并通过式 (1) 计算材料特性落高值 H_{50} ,剩余试样用来观测不同类型试样在 90 cm 相同落高下的反应情况。实验

表 1 Al/TiH₂/PTFE 复合材料各组分配比及理论密度

Table 1 Component mass fractions and theoretical material densities of Al/TiH₂/PTFE granular composites

材料类型	质量分数/%			材料理论密度/(g·cm ⁻³)
	Al	TiH ₂	PTFE	
A	26.5	0	73.5	2.31
B	25.2	5	69.8	2.36
C	23.8	10	66.2	2.41
D	21.2	20	58.8	2.52

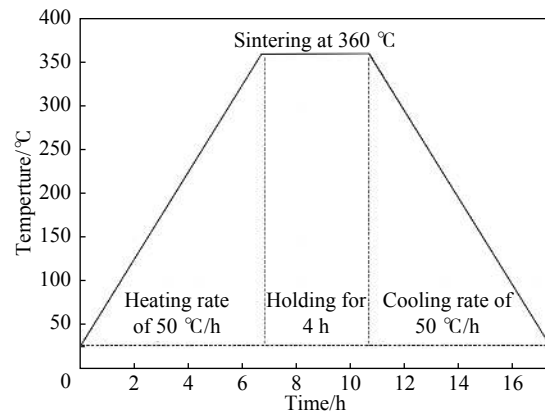


图 1 烧结工艺时程曲线

Fig. 1 Temperature history of sintering process

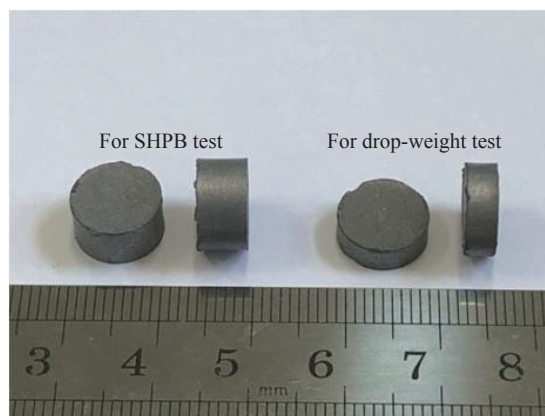


图 2 烧结后试件

Fig. 2 Specimens after sintering

时采用高速摄影仪(采样频率为 20 000 s⁻¹)观察并记录试件反应过程,实验环境温度为 25 ℃。材料特性落高 H_{50} 计算公式为:

$$H_{50} = A + B \left(\frac{\sum i C_i}{D} - \frac{1}{2} \right) \quad (1)$$

式中: A 为实验中的最小落高, B 为落高调节步长, D 为实验中发生反应试件个数, i 为刺激量序号, C_i 为特定落高下试件发生反应的个数。

2 结果与讨论

2.1 材料微观形貌

图 3 为原始粉末及不同类型试件内部微观结构图。由图 3(a)~(b)可知, TiH₂ 和 Al 原始粉末颗粒分别为不规则棱角形及圆球形, 其粒径分别为 4~6、6~7 μm。图 3(c)表明 A 类试件中 Al 颗粒均匀分布在 PTFE 基体中, 且由于脆断原因, Al 颗粒在 PTFE 基体中留下明显的凹痕。由于颗粒形貌不同, 图 3(d)~(f)清晰地显示了 B、C、D 类试件中 TiH₂ 和 Al 颗粒在 PTFE 基体中的分布情况, 结果表明原材料粉末混合较均匀, 且与 C、D 两类试件相比, B 类试件中 TiH₂ 和 Al 颗粒与 PTFE 基体结合更牢固, 而 C、D 两类试件在相同脆断处理条件下, TiH₂ 和 Al 颗粒多散落在 PTFE 基体表面。

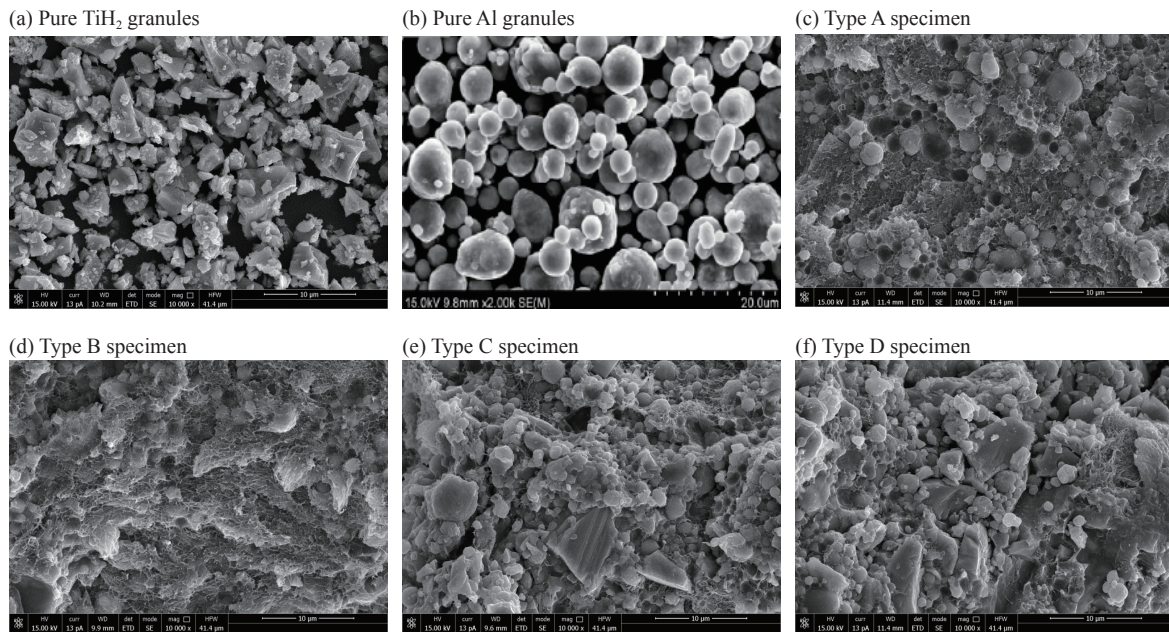


图 3 原始粉末及不同类型试件内部结构的扫描电子显微镜图像

Fig. 3 Scanning electron microscope images for original materials and different specimens

2.2 材料动态力学特性

图 4 为不同应变率下不同配方 Al/TiH₂/PTFE 材料的真实应力-应变曲线。从图 4(a)~(d)可以看出, 4 种类型材料均表现出明显的应变硬化和应变率硬化效应, 且随着加载应变率的升高, 材料屈服应力及应变硬化模量随之升高。图 4(e)给出了应变率在 3200 s⁻¹ 附近时 4 种类型材料力学性能的对比, 相应材料的力学性能参数见表 2。由表 2 可知: TiH₂ 的加入有助于提高 Al/PTFE 材料的屈服强度; 随着 TiH₂ 含量的增加, 材料压缩强度先升高后降低, 添加量(质量分数)为 5% (B 类试件) 时材料强度达到最大值 166.4 MPa, 比 Al/PTFE (A 类试件) 材料强度高 6.8%; 而 TiH₂ 添加量大于 20% 时, 材料强度低于 Al/PTFE。分析认为: TiH₂ 含量较少时(小于 5%), TiH₂ 颗粒的不规则形状有助于 PTFE 基体和颗粒的结合, 而当 TiH₂ 含量大于 20% 时, PTFE 基体的连续性会因内部颗粒过多遭到破坏, 导致材料强度下降。

另外,当 TiH₂ 含量从 5% 增加至 20% 时,材料失效应变逐渐减小,表明材料逐渐由延性向脆性转变。

图 5 所示为不同应变率下 B 类材料动态压缩实验后回收试样的状态。当应变率较低时 (765 s⁻¹, 图 5(a)), 试样仅发生塑性变形, 其外表面及内部均无裂纹产生; 应变率升高至 1 947 s⁻¹ 时, 试样外表面产生细小裂纹, 但内部仍保持完整 (图 5(b)); 随着加载应变率进一步升高, 试样产生断裂破坏 (2 783 s⁻¹, 图 5(c)), 且当应变率达到 3 274 s⁻¹ 时, 试样发生反应 (图 5(d))。

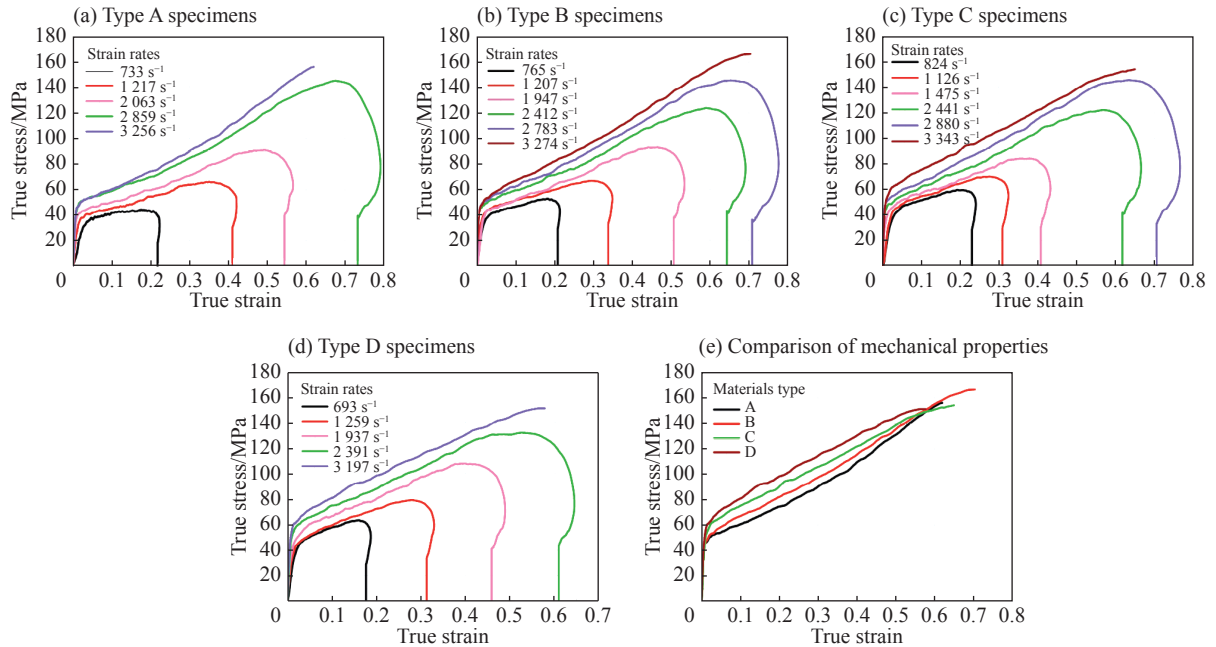


图 4 不同应变率下不同类型试件真实应力-应变曲线及同一应变率下 (3 200 s⁻¹ 左右) 不同类型材料力学性能的比较
Fig. 4 True stress-strain curves of different types of materials at different strain rates and comparison of mechanical properties among different types of materials at the strain rate of 3 200 s⁻¹

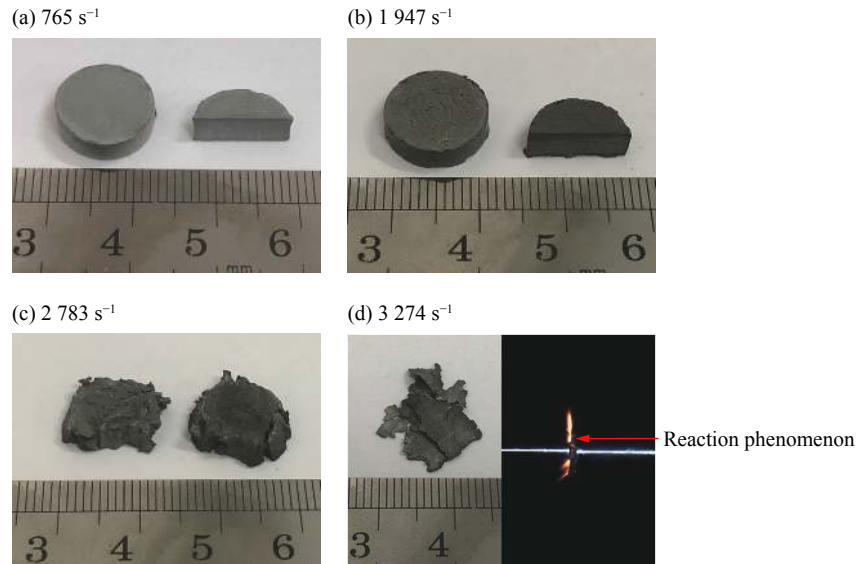


图 5 不同应变率下 B 类材料动态压缩后回收放入试样
Fig. 5 Recovered sample residues of Type B material under dynamic compression at different strain rates

2.3 材料撞击感度及反应特性

4 种类型材料落锤冲击下的特性落高值 H_{50} 计算结果如表 3 所示。由表 3 可知: 与 Al/PTFE 相比,

TiH₂ 添加量较少时 (小于 5%), 材料撞击感度升高, 这可能是 TiH₂ 不规则形状使材料在变形时更易形成“热点”导致的; 而 TiH₂ 添加量大于 10% 时, 材料撞击感度则逐渐降低。于钟深等^[20]、Yu 等^[22] 认为, 在 Al/TiH₂/PTFE 反应材料体系中, 初始反应是由 Al 和 PTFE 之间反应引发的, 随后 TiH₂ 被 Al 和 PTFE 反应释放的能量活化, 释放出氢并生成碳化钛, 因此, 当 TiH₂ 添加量较多 (大于 10%) 时, 初始反应物 Al 和 PTFE 量减少, 即 Al 和 PTFE 颗粒接触并发生初始反应的机会减少, 从而导致材料撞击感度降低。

图 6 为不同类型试件在 90 cm 相同落高下的反应现象。从图 6 可以看出, 与 Al/PTFE 相比, TiH₂ 含量较低 (5%) 时, 材料反应剧烈程度增高, 表明适量 TiH₂ 能提高材料能量释放水平; 当

表 2 3 200 s⁻¹ 应变率下不同类型 Al/TiH₂/PTFE 材料力学性能参数

Table 2 Mechanical property parameters for different types of Al/TiH₂/PTFE at the strain rate of 3 200 s⁻¹

材料类型	屈服强度/MPa	压缩强度/MPa	失效应变
A	48.3	155.8	0.62
B	52.4	166.4	0.70
C	57.1	154.5	0.65
D	61.3	150.9	0.57

表 3 不同类型 Al/TiH₂/PTFE 材料特性落高

Table 3 Characteristic drop height for different types of Al/TiH₂/PTFE

材料类型	H ₅₀ /cm	材料类型	H ₅₀ /cm
A	67	C	75
B	58	D	83

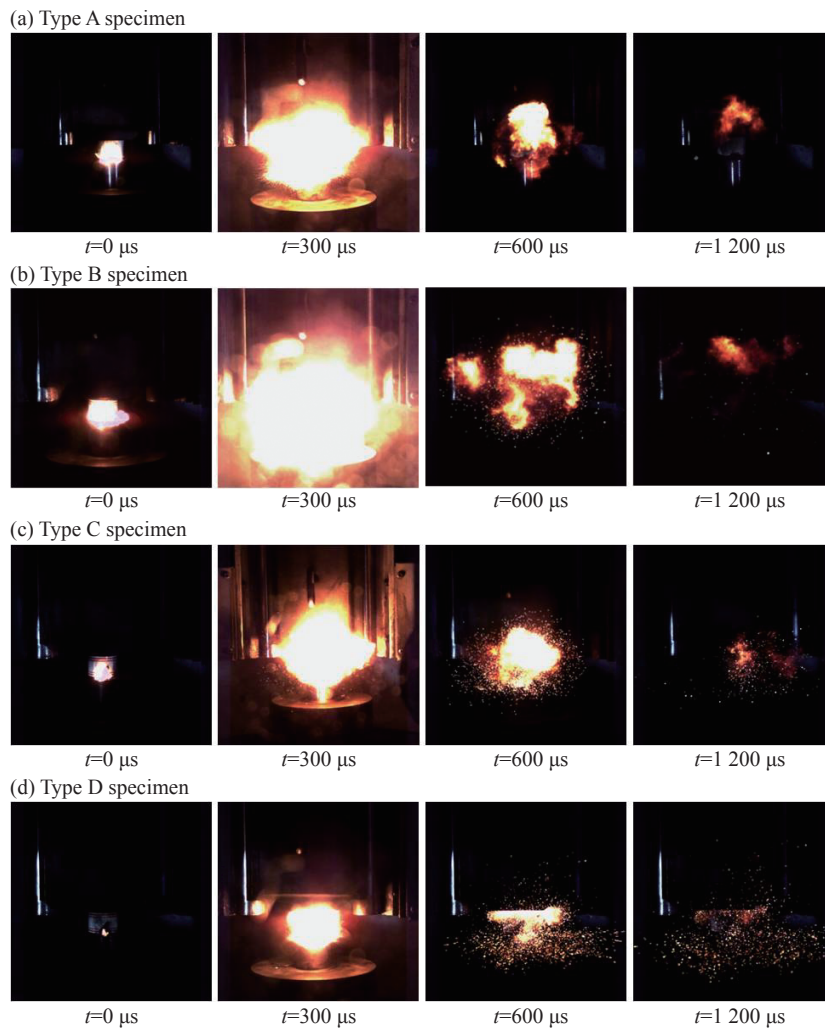


图 6 90 cm 落高下不同试件的反应现象

Fig. 6 Reaction phenomena of different types of materials at the drop height of 90 cm

TiH₂ 含量大于 10% 时, 材料反应程度则逐渐降低。分析认为, TiH₂ 含量不同导致 Al/TiH₂/PTFE 反应材料特性落高不同, 反应阈值也不同, 在落锤激发能量一致时, 撞击感度高的材料反应更剧烈, 因此 TiH₂ 含量为 5% 时材料反应最剧烈, 进一步证明了添加少量 TiH₂ 能提高材料的撞击感度。另外, 在冲击反应过程中, 含 TiH₂ 试件火光周围有明显的火星喷溅现象, 且随着 TiH₂ 含量增加, 此现象更显著, 而 Al/PTFE 试件则无此现象, 初步判断该现象是由在材料中引入 TiH₂ 引起的。图 7 为落锤实验后回收的试样残渣。由图 7 可知, 发生反应的试件均有一周向开口, 这是因为材料在变形过程中, 圆柱形试件周向表面为应力集中的区域, 容易发生剪切破坏。同时发现开口边缘有黑色反应痕迹, 表明反应发生在剪切开裂处, 这与 Ames^[23] 提出的 Al/PTFE 类反应材料“剪切引发反应”机理一致。

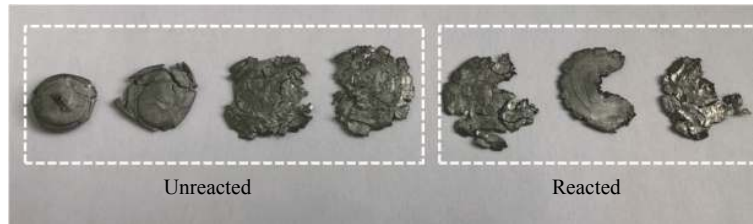


图 7 落锤实验后试样残渣回收

Fig. 7 Recovered specimen residues after drop-weight test

3 结 论

(1) 4 种类型 Al/TiH₂/PTFE 反应材料均存在应变硬化和应变率效应, 材料屈服应力及应变硬化模量随应变率提高而增大。在同一应变率下 (3 200 s⁻¹ 左右), 随着 TiH₂ 含量增加, 材料屈服强度逐渐升高, 压缩强度则先升高后降低, 添加量为 5% 时材料压缩强度达到最大值 166.4 MPa, 比 Al/PTFE 强度提高 6.8%; 添加量大于 20% 时, 材料强度则低于 Al/PTFE。

(2) 与 Al/PTFE 相比, TiH₂ 添加量小于 5% 时, 材料撞击感度升高, 而 TiH₂ 添加量大于 10% 时, 材料撞击感度则逐渐降低。在落锤落高相同时 (90 cm), 适量 TiH₂ 有助于提高材料能量释放水平, TiH₂ 含量为 5% 时, 材料反应剧烈程度最高; TiH₂ 含量大于 10% 时, 材料反应程度则逐渐降低。另外, 含 TiH₂ 试件反应火光周围有明显的火星喷溅现象, 且随着 TiH₂ 含量增加, 此现象更显著, 而 Al/PTFE 试件则无此现象。

参考文献:

- [1] WANG Huaixi, LI Yuchun, FENG Bin, et al. Compressive properties of PTFE/Al/Ni composite under uniaxial loading [J]. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 2017, 26(5): 2331–2336. DOI: 10.1007/s11665-017-2666-y.
- [2] XU Fengyue, LIU Shubo, ZHENG Yuanfeng, et al. Quasi-static compression properties and failure of PTFE/Al/W reactive materials [J]. *Advanced Engineering Materials*, 2017, 19(1): 1600350. DOI: 10.1002/adem.201600350.
- [3] FENG Bin, FANG Xiang, LI Yuchun, et al. An initiation phenomenon of Al-PTFE under quasi-static compression [J]. *Chemical Physics Letters*, 2015, 637: 38–41. DOI: 10.1016/j.cplett.2015.07.056.
- [4] 徐松林. PTFE/Al 含能反应材料力学性能研究 [D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2010.
- [5] 葛超, 乌布力艾散·麦提图尔荪, 田超, 等. 基于气炮实验的 PTFE/Al 复合材料冲击反应阈值 [J]. *爆炸与冲击*, 2018, 38(1): 1–8. DOI: 10.11883/bzycj-2017-0030.
- [6] GE Chao, MAIMAITIUSUN Wubuliaisun, TIAN Chao, et al. Impact-induced initiation thresholds of polytetrafluoroethylene/Al composite by gas gun [J]. *Explosion and Shock Waves*, 2018, 38(1): 1–8. DOI: 10.11883/bzycj-2017-0030.
- [6] ZHANG X F, ZHANG J, QIAO L, et al. Experimental study of the compression properties of Al/W/PTFE granular composites under elevated strain rates [J]. *Material Science and Engineering: A*, 2013, 581(10): 48–55. DOI: 10.1016/j.msea.2013.05.063.

- [7] WANG Liu, LIU Jinxu, LI Shukui, et al. Investigation on reaction energy, mechanical behavior and impact insensitivity of W/PTFE/Al composites with different W percentage [J]. *Materials and Design*, 2016, 92(5): 397–404. DOI: 10.1016/j.matdes.2015.12.045.
- [8] 徐松林, 阳世清, 张炜, 等. PTFE/Al 含能复合物的本构关系 [J]. *爆炸与冲击*, 2010, 30(4): 439–444. DOI: 10.11883/1001-1455(2010)04-0439-06.
- XU Songlin, YANG Shiqing, ZHANG Wei, et al. A constitutive relation for a pressed PTFE/Al energetic composite material [J]. *Explosion and Shock Waves*, 2010, 30(4): 439–444. DOI: 10.11883/1001-1455(2010)04-0439-06.
- [9] 任会兰, 李蔚, 刘晓俊, 等. 钨颗粒增强铝/聚四氟乙烯材料的冲击反应特性 [J]. *兵工学报*, 2016, 37(5): 872–878. DOI: 10.3969/j.issn.1000-1093.2016.05.014.
- REN Huilan, LI Wei, LIU Xiaojun, et al. Reaction behaviors of Al/PTFE materials enhanced by W particles [J]. *Acta Armamentarii*, 2016, 37(5): 872–878. DOI: 10.3969/j.issn.1000-1093.2016.05.014.
- [10] 周杰, 何勇, 何源, 等. Al/PTFE/W 反应材料的准静态压缩性能与冲击释能特性 [J]. *含能材料*, 2017, 25(11): 903–912. DOI: 10.11943/j.issn.1006-9941.2017.11.004.
- ZHOU Jie, HE Yong, HE Yuan, et al. Quasi-static compression and impact energy release characteristics of reactive materials [J]. *Chinese Journal of Energetic Materials*, 2017, 25(11): 903–912. DOI: 10.11943/j.issn.1006-9941.2017.11.004.
- [11] 乌布力艾散·麦提提图尔荪, 葛超, 董永香, 等. SHPB 加载下 PTFE/Al 冲击反应的临界条件 [J]. *爆炸与冲击*, 2018, 38(5): 957–965. DOI: 10.11883/bzycj-2017-0075.
- MAIMAITITUERSUN Wubuliaisun, GE Chao, DONG Yongxiang, et al. Research on the impact-induced initiation criteria of PTFE/Al by split Hopkinson pressure bar [J]. *Explosion and Shock Waves*, 2018, 38(5): 957–965. DOI: 10.11883/bzycj-2017-0075.
- [12] FENG B, LI Y C, WU S Z, et al. A crack-induced initiation mechanism of Al-PTFE under quasi-static compression and the investigation of influencing factors [J]. *Materials and Design*, 2016, 108: 411–417. DOI: 10.1016/j.matdes.2016.06.125.
- [13] ZHANG Xinbo, LIU Jinxu, WANG Liu, et al. Effects of Al and W particle size on combustion characteristics and dynamic response of W-PTFE-Al composites [J]. *Rare Metal Materials and Engineering*, 2018, 47(6): 1723–1728. DOI: 10.1016/S1875-5372(18)30156-5.
- [14] GE C, DONG Y X, MAIMAITITUERSUN W. Microscale simulation on mechanical properties of Al/PTFE composite based on real microstructures [J]. *Materials*, 2016, 9(7): 590–605. DOI: 10.3390/ma9070590.
- [15] HUNT E M, MALCOLM S, PANTOYA M L, et al. Impact ignition of nano and micron composite energetic materials [J]. *International Journal of Impact Engineering*, 2009, 36(6): 842–846. DOI: 10.1016/j.ijimpeng.2008.11.011.
- [16] 李辰芳. 用氯化钛提高固体推进剂燃速的研究 [J]. *飞航导弹*, 1997, 9(6): 34–37. DOI: 10.16338/j.issn.1009-1319.1997.06.009.
- [17] 薛冰, 马宏昊, 陈伟, 等. RDX 基钛氢复合炸药空中爆炸性能 [J]. *含能材料*, 2015, 23(11): 1046–1050. DOI: 10.11943/j.issn.1006-9941.2015.11.002.
- XUE Bing, MA Honghao, CHEN Wei, et al. Air explosion property of RDX-based titanium hydride composite explosive [J]. *Chinese Journal of Energetic Materials*, 2015, 23(11): 1046–1050. DOI: 10.11943/j.issn.1006-9941.2015.11.002.
- [18] COLLINS L W. The stability and compatibility of TiH_x/KClO₄ pyrotechnics [J]. *Journal Hazardous Materials*, 1982, 5(4): 325–333. DOI: 10.1016/0304-3894(82)85021-8.
- [19] COLLINS L W. Thermal ignition of titanium based pyrotechnics [J]. *Combustion and Flame*, 1981, 41(3): 325–330. DOI: 10.1016/0010-2180(81)90066-3.
- [20] 于钟深, 方向, 高振儒, 等. TiH₂ 含量对 Al/PTFE 准静态压缩力学性能和反应特性的影响 [J]. *含能材料*, 2018, 26(8): 720–724. DOI: 10.11943/CJEM2017387.
- YU Zhongshen, FANG Xiang, GAO Zhenru, et al. Effect of TiH₂ content on mechanical properties and reaction characteristics of Al/PTFE under quasi-static compression [J]. *Chinese Journal of Energetic Materials*, 2018, 26(8): 720–724. DOI: 10.11943/CJEM2017387.
- [21] 王爱玉, 阮庆云, 陈海云, 等. 炸药实验方法: GJB772A-97 [S]. 北京: 国防科学技术工业委员会, 1997.
- [22] YU Zhongshen, FANG Xiang, GAO Zhenru, et al. Mechanical and reaction properties of Al/TiH₂/PTFE under quasi-static compression [J]. *Advanced Engineering Materials*, 2018, 20: 1800019. DOI: 10.1002/adem.201800019.

- [23] AMES R. Energy release characteristics of impact-initiated energetic materials [C] // MRS Proceedings, 2005, 896(3): 321–333. DOI: [10.1557/PROC-0896-H03-08](https://doi.org/10.1557/PROC-0896-H03-08).

Effects of TiH_2 content on dynamic mechanical properties and impact sensitivity of Al/PTFE

YU Zhongshen, FANG Xiang, LI Yuchun, REN Junkai, ZHANG Jun, SONG Jiaying
(Field Engineering Institute, PLA Army Engineering University, Nanjing 210001, Jiangsu, China)

Abstract: Four kinds of aluminum/ titanium hydride/ polytetrafluoroethylene (Al/TiH₂/PTFE) samples with different TiH₂ contents were prepared by the mixed/compression/sintering method. The dynamic compression mechanical properties, impact sensitivity and reaction characteristics of the reaction materials were studied based on the split Hopkinson pressure bar (SHPB) and drop-weight impact tests. The results indicate that the four materials all show strain hardening and strain rate hardening effects, and the yield strength and hardening modulus increase with the increasing of the strain rate. Under the same loading strain rate, the yield strength of the material increases with the increasing of TiH₂ content, and the compressive strength of the material increases first and then decreases. When the mass fraction of TiH₂ is 5%, the compressive strength of the material reaches the maximum value of 166.4 MPa, which is 6.8% higher than that of the Al/PTFE. Within a certain range of mass fraction (less than 5%), adding TiH₂ helps to improve the impact sensitivity and energy release level of the Al/PTFE material, while the impact sensitivity and the reaction degree gradually decrease when the mass fraction of TiH₂ exceeds 10%. Compared with the Al/PTFE, there are sparks spraying from the reaction region of the TiH₂-contained specimens, and this phenomenon is more significant with the increasing of TiH₂ content.

Keywords: Al/TiH₂/PTFE; split Hopkinson pressure bar (SHPB); drop-weight impact; mechanical property; impact sensitivity; reaction characteristic

(责任编辑 张凌云)