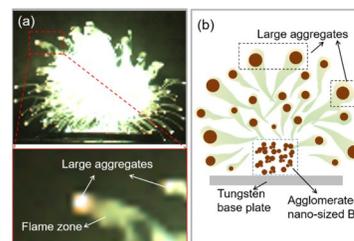


中国工程物理研究院研究了不同气氛和压力下微纳米硼的激光点火和燃烧特性

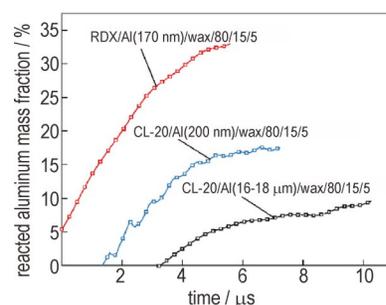
硼作为添加剂燃料在含能材料中有潜在的应用。为了解不同尺度硼的燃烧机理,中国工程物理研究院化学材料研究所采用激光点火燃烧实验系统,研究了不同压力(0.4, 0.8, 1.2 MPa)和不同气氛(60% O₂+40% N₂、80% O₂+20% N₂和10% O₂)下微纳米硼的点火和燃烧特性。获得了不同条件下点火和燃烧的演化图像和特征参数,讨论了气氛和压力对微纳米硼的点火和燃烧特性的影响。同时,用X射线衍射和场发射扫描电子显微镜观察了凝聚燃烧产物的晶体结构和形貌,用EDS分析了微观区域的成分。结果表明,微米级硼的燃烧相对缓慢,而纳米级硼的燃烧加剧,在0.8 MPa和1.2 MPa的纯氧中观察到类爆燃现象。纳米B的点火延迟时间、燃烧时间和最高火焰温度均小于微米B,而纳米B的最大特征光谱强度更强。此外,微米级B的冷凝燃烧产物中存在B₂O₃、B₆O和BN,但纳米级B的产物中仅检测到B₂O₃,且纳米级B观察到产物团聚。总之,纳米级B在点火和燃烧特性方面比微米级B具有显著的优势。



源自: Song Q, Cao W, Wei X, et al. Laser ignition and combustion characteristics of micro- and nano-sized boron under different atmospheres and pressures[J]. *Combustion and Flame*, 2021, 230: 111420.

北京理工大学研究了纳米铝对黑索今基含铝炸药爆轰特性和金属加速的影响

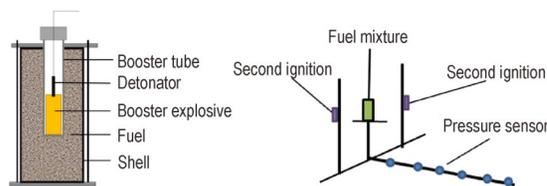
纳米铝粉有望同时提高炸药的总能量和金属加速能力。然而,纳米铝与爆轰产物反应的近爆轰区效应仍不清楚。北京理工大学通过爆速测试、爆压测试、炸药/窗口界面速度测试和约束板推进测试等多种实验,全面研究了170 nm铝与黑索今炸药的整体反应过程及其对爆轰特性、爆轰反应区和金属加速能力的影响。研究发现,当170 nm铝含量为0%~15%时,铝每增加5%会导致爆速降低约1.3%。锰铜压力计测量显示爆压没有明显增加。RDX/Al/wax 80/15/5炸药的爆轰反应时间和反应区长度分别为64 ns和0.47 mm,分别比黑索今/蜡95/5炸药(57 ns和0.39 mm)高14%和8%。炸药/窗口界面速度曲线表明,170 nm铝主要与爆轰前沿后的黑索今爆轰产物发生反应。对于推板试验,RDX/Al/wax 80/15/5炸药加速的最大板速和板加速时间分别比RDX/LiF/wax 80/15/5炸药高12%和2.9 ms,说明铝反应能显著增加炸药的金属加速时间和能力。用JWLM炸药状态方程进行的数值模拟表明,当爆轰产物膨胀到初始体积的2倍时,超过80%的铝已经反应,这意味着非常高的反应性。这些结果对于清楚了解纳米铝在含铝炸药发展中的反应机理具有重要意义。



源自: Liu D, Zhao P, Chan S H Y, et al. Effects of nano-sized aluminum on detonation characteristics and metal acceleration for RDX-based aluminized explosive[J]. *Defence Technology*, 2021, 17(2): 327-337.

南京理工大学研究了Al、B、MgH₂等金属粉末对燃料空气炸药爆炸的影响

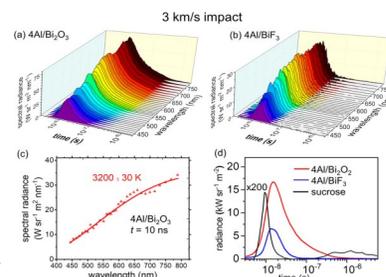
南京理工大学为了提高燃料空气炸药(FAE)的能量水平,在主要由乙醚和硝酸异丙酯组成的液体燃料中加入Al、B、MgH₂等高能金属粉末。利用高速摄像、压力测试系统和红外热像仪研究了FAE金属粉末的爆炸特性和反应机理。用硼或氢化镁代替30%的铝粉后,混合物的冲击波压力进一步增加。硼的高热燃烧和氢化镁释放的氢能有效地提高混合物的爆炸效果。硼爆炸性能的提高优于氢化镁。结果表明,在液体燃料中添加高能金属粉末可以有效改善FAE的爆炸性能。该研究为我们提供了一种增强FAE爆炸效应的方法。



源自: Wang Y, Liu Y, Xu Q, et al. Effect of metal powders on explosion of fuel-air explosives with delayed secondary igniters[J]. *Defence Technology*, 2021, 17(3): 785-791.

美国伊利诺伊大学研究了4Al/B₂O₃、4Al/BiF₃纳米材料在冲击压缩下的快速能量释放

金属基活性纳米材料可以产生比传统有机炸药多两到三倍的能量,但放热反应通常需要分离的燃料和氧化剂成分的扩散混合,速度太慢,不能产生足够的气体产生爆炸。美国伊利诺伊大学通过间歇反应研磨制备了4Al/B₂O₃和4Al/BiF₃两种纳米材料,并由3 km·s⁻¹(近似于一次强有力的爆炸)的撞击速度引发,快速的能量释放产生的温度高达3200 K。在氟化物中,也观察到体积快速增加。冲击引起的能量释放比加热时的金属基活性纳米材料快几个数量级。虽然金属基活性纳米材料粉末本身可能不会产生爆炸,但其结果表明,作为引爆系统的添加剂,它们可能会显著提高化学炸药的能量。

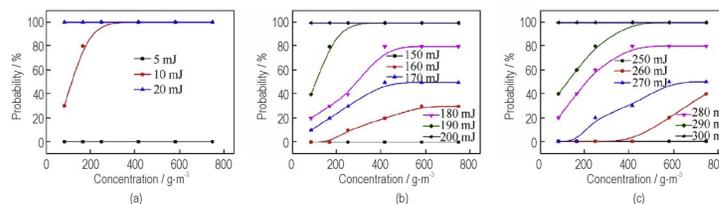


源自: Matveev S, Dlott D D, Valluri S K, et al. Fast energy release from reactive materials under shock compression[J]. *Applied Physics Letters*, 2021, 118(10): 101902.

南京理工大学研究了三种典型含能材料MH₂(Mg、Ti、Zr)点火敏感性和爆炸严重程度

MgH₂, TiH₂和ZrH₂是三种典型的金属氢化物,近年来作为添加剂已逐渐应用于复合炸药和推进剂中。为了评估其点火敏感性和爆炸严重程度,分别使用Hartmann装置和球形压力容器测试点火能量和爆炸压力。结果表明:ZrH₂, TiH₂和MgH₂的点火敏感性逐渐提高。MgH₂的爆炸压力分别是TiH₂和ZrH₂的爆炸压力的1.44倍和1.76倍,爆炸压力上升速率分别是TiH₂和ZrH₂的3.97倍和9.96倍。表明MgH₂的反应活性和反应速率均高于TiH₂和ZrH₂。此外,为了对点火敏感性和爆炸严重程度进行深入的理论分析,通过汞压力计和氧弹量热法测试了ZrH₂, TiH₂和MgH₂单位质量的产气量和燃烧热。实验结果表明,它们的热稳定性逐渐提高,导致点火能量逐渐增加。MgH₂, TiH₂和ZrH₂的燃烧热与爆炸压力和爆炸严重程度试验结果一致。通过实验方法,丰富目前对三种典型金属氢化物点火敏感性和爆炸严重程度危险性评估的认识,为其在含能材料中应用提供基础。

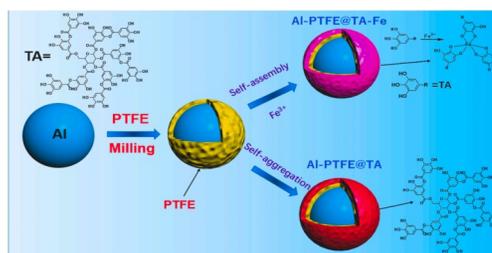
源自:Wu X, Xu S, Pang A, et al. Hazard evaluation of ignition sensitivity and explosion severity for three typical MH₂(M=Mg, Ti, Zr) of energetic materials[J]. Defence Technology, 2021, 17(4): 1262–1268.



中北大学研究了Al-PTFE@TA和Al-PTFE@TA-Fe复合粒子的制备与性能

铝粉表面有致密的氧化膜,降低了铝粉的燃烧效率,提高了点火温度。聚四氟乙烯(PTFE)的加入和球磨的使用可以有效改善铝粉的点火和燃烧性能。然而,球磨法制备的Al-PTFE复合材料由于PTFE含量低,通常会限制铝的燃烧效率。此外,Al-PTFE颗粒表面F元素的存在使Al-PTFE和丁羟黏结剂产生界面效应,使Al-PTFE复合材料难以用于复合推进剂。中北大学通过简单的单宁酸(TA)自聚集和TA与铁离子的自组装反应,制备了具有分级核壳结构的Al-PTFE@TA和Al-PTFE@TA-Fe复合材料。用扫描电镜、X射线光电子能谱、X射线衍射、热重和差示扫描量热法对这些复合材料进行了表征。实验结果表明,TA和TA-Fe界面层的建立能有效降低Al-PTFE复合材料在氧气中的着火温度。此外,在燃烧过程中,Al-PTFE@TA和Al-PTFE@TA-Fe比Al-PTFE能更有效地抑制铝的团聚。

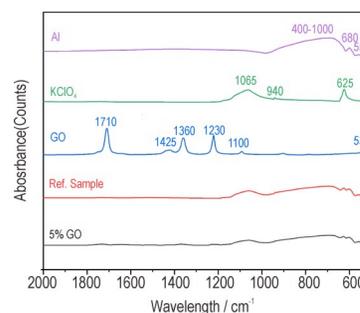
源自:Xiao F, Liang T. Preparation of hierarchical core-shell Al-PTFE@TA and Al-PTFE@TA-Fe architecture for improving the combustion and ignition properties of aluminum[J]. Surface and Coatings Technology, 2021, 412: 127073.



蒙特利尔大学研究了新型纳米铝热剂CNMs/Al/KClO₄的合成与表征

蒙特利尔大学研究评估了不同碳纳米材料(氧化石墨烯、还原氧化石墨烯、碳纳米管和碳纳米纤维)对基于高氯酸钾和纳米铝粉的纳米铝热剂热行为的影响。随着碳纳米材料,特别是氧化石墨烯的加入,释放的总热量得到改善,氧化石墨烯产生的燃烧热增加最多。此外,最高分解温度降低,这表明点火特性增强。这是第一次报道基于纳米铝、高氯酸钾和碳纳米材料的新型纳米铝热剂的合成和表征。这些新型纳米铝热剂组合可以显著改善燃烧和点火新能,仅添加5%的氧化石墨烯就能使燃烧热增加200%。此外,点火温度从545.1℃降低到508.7℃,增强了燃烧特性。

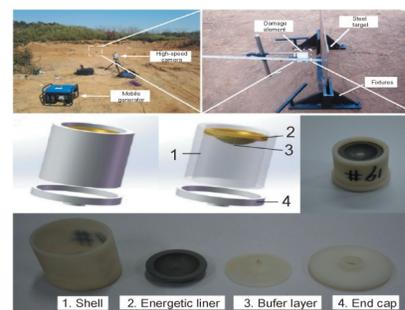
源自:Fahd A, Dubois C, Chaouki J, et al. Synthesis and Characterization of Tertiary Nanothermite CNMs/Al/KClO₄ with Enhanced Combustion Characteristics[J]. Propellants, Explosives, Pyrotechnics, 2021, 46(6): 995–1005.



陆军工程大学研究了多金属氢化物对PTFE/Al/XH₂活性材料力学响应和冲击损伤特性的影响

金属氢化物作为添加剂可提高PTFE/Al体系的反应能和破坏效果。陆军工程大学为了比较多金属氢化物对材料性能的影响,制备了PTFE/Al/TiH₂、PTFE/Al/MgH₂和PTFE/Al/ZrH₂。通过准静态压缩试验和霍普金森压杆试验,研究了材料在大应变率范围内的力学响应。通过氧弹量热仪、落锤实验和冲击损伤实验,系统地研究了反应能、反应机理和损伤效应。结果表明,添加10%的TiH₂和ZrH₂可以提高聚PTFE/Al复合材料的强度和韧性,而MgH₂对提高复合材料的力学性能起负面作用。MgH₂的能量增强效果和能量释放速率最强。由于TiH₂的产气率最高,所以TiH₂是延长反应时间和增强靶扩孔效果的最有效添加剂。

源自:Wu J, Huang J, Zhang J, et al. Effect of multi-metal-hydrides on mechanical response and impact damage characteristics of PTFE/Al/XH₂ reactive material[J]. Journal of Energetic Materials, 2021: 1–21.



(南京理工大学化工学院 徐森 编译)