

钨在反装甲武器中的应用研究

赵慧慧, 刘天生

(中北大学化工与环境学院, 山西 太原 030051)

摘要: 钨具有高密度、高声速、高熔点等特点, 是一种很有应用前景的军事材料。本文主要介绍了钨在反装甲武器即穿甲弹和破甲弹中应用的研究现状及发展趋势。

关键词: 钨合金; 穿甲弹; 弹芯; 破甲弹; 药型罩

目前, 世界难熔材料的研究已由传统的“高纯、超细、均匀”演变为“纳米、复合设计和集成制造”。通过这些先进技术, 难溶钨合金材料不但可以保留自身诸如高熔点、耐腐蚀等性能, 而且可以大幅度提高综合力学性能, 这些优异性能使钨及钨合金在军事装备领域得到广泛应用。

1 钨在反装甲武器中的应用

1.1 钨在穿甲弹中的应用

钨在穿甲弹中主要用作弹芯材料。穿甲弹的穿甲能力与弹芯密度有关, 因此, 为提高穿甲能力, 弹芯都用高密度材料制造。为确保穿甲能力, 弹芯用高密度材料必须具有足够的强度、硬度和韧性。由于高密度钨合金的力学性能和弹道性能的研究与改进, 加之钨原料的供应不断得到改善, 美国耐热金属协会主张钨可以而且应该是用作穿甲弹弹芯的主要材料^[1]。从经济可行性的角度考虑, 可用于穿甲弹材料的重金属只有贫铀和钨合金。在准静态条件下, 传统的 90-93W-Ni-Fe 合金的力学性能与贫铀合金几乎相等(钨合金的屈服强度比贫铀合金高 25%~30%^[2]), 在易碎穿甲弹中, 通过控制其动态抗拉抗压强度比, 在撞击目标时由拉伸波作用而破碎。高密度易碎钨合金除了具有满足常规动能穿甲弹所需材料性能之外, 还具有实现破碎效果的潜力, 可优先用作易碎穿甲弹材料^[3]。

钨合金的韧性好, 早在 1976 年, 美国陆军外国科学和工艺中心就召开专门会议, 公布了变形加工

态高密度钨合金的研究结果, 表明了第四代穿甲弹钨合金弹芯材料基本研制成功。目前, 高密度钨合金弹芯材料的研究主要集中在合金成分、粉末冶金工艺、热处理及形变加工工艺上。

高密度钨合金材料的使用, 极大地提高了杆式动能穿甲威力。长杆式穿甲弹理论对穿甲威力的计算公式:

$$S = K_1 \rho L \ln(1 + K_2 V^2)$$

式中: S——穿甲威力;

ρ ——密度;

L——长度;

V——着速;

K_1, K_2 ——常数。

上式表明穿甲威力与密度、长度和着速有密切关系。

1.2 钨在破甲弹中的应用

钨在破甲弹中经常用作药型罩材料。药型罩材料是聚能效应能量的载体, 其性能直接影响着射流质量的优劣, 如射流密度、射流速度和连续射流长度等。因此希望药型罩具有破碎性好、侵彻力强、渗透率高等特点, 从而要求药型罩材料密度高、延展性好, 以便使射流在侵彻之前充分拉长而不断裂^[4]。

根据侵彻流体学理论, 金属射流的侵彻深度 H 可用下式表示^[5]:

$$H = (v_{jo} - v_{jt}) \times t_p \times (\rho_s / \rho)^{1/2}$$

式中: v_{jo} ——射流头部速度, m/s;

v_{jt} ——射流尾部速度, m/s;

t_p ——射流断裂前持续时间, s;

ρ_j ——药型罩材料密度, g/cm^3 ;

ρ_i ——目标靶材料密度, g/cm^3 。

而在高应变率下粒子的速度 v 为:

$$v = v_0 + v_b$$

式中: v_0 ——材料的声速, m/s ;

v_b ——在高应变率下粒子的塑性变形速度, m/s 。

从上式看出, 如果希望药型罩破碎性好, 侵彻力强, 渗透率高, 则要求药型罩材料密度高, 声速大, 延展性好, 以便使射流在侵彻之前能充分拉长而不断裂。

钨因具有适中的声速(4.03km/s)、较高的材料密度(19.3g/cm³)和其他一些优异的性能而成为极有前景的新型药型罩材料。钨的高声速是获得高连续射流头部速度所必需的, 而钨的高材料密度是提高破甲弹侵彻威力所必需的。根据侵彻流体动力学理论, 侵彻能力与材料的密度关系可用平方根定律描述, 而高声速材料形成的射流头部速度也较大。如果金属射流具有较高的头部速度, 就能更有效的对抗反应装甲, 缩短贯穿时间, 而在掠飞攻顶侵彻情况下更希望有尽可能快的射流速度。

从组织结构来讲, 通常情况下, 体心立方和面心立方比六方晶系金属中存在更多的滑移系, 因而具有更高的动态韧性。钨属于体心立方, 所以韧性好。这又是其成为药型罩材料的一个优点。

2 发展趋势

2.1 穿甲弹方面

液力挤压法制备穿甲弹用钨合金坯料技术是目前国外正在兴起和大力发展的新材料制造技术, 其方法和手段值得加以推广。这种方法是在不改变钨合金坯料前期制造工艺的前提下, 仅通过一次高压液体法可使钨合金坯料获得较大变形量(目前可达50%~80%), 改善了钨合金坯料的受力状态及其显微组织, 大幅度提高了钨合金坯料的强韧性。而且这种方法可对现役、在研各型钨合金穿甲弹芯材料进行技术改造和移植, 为钨合金穿甲弹芯材料及其它难变形材料提供新的技术途径和保障、支撑作用^[6]。采用添加合金元素、粉末改性、对试样进行后续处理等手段都可以有效地改善钨合金材料的某些性能, 但在全面改善其综合性能方面仍无突破性进展。纳米材料是21世纪最为热门的一种新型材

料。制备纳米级粉末并固结成超细晶块体材料, 是提高钨合金穿甲弹弹芯材料力学性能和动态穿甲性能很重要的研究方向^[7]。

2.2 破甲弹方面

由于钨是高强度难熔金属, 很难进行铸造。特别是纯钨药型罩虽然具有很高的材料密度和较大的侵彻能力, 但同时也大大增加了制造难度及成本, 所以更多的是采用钨合金制造的, 而钨合金的关键在于钨合金复合粉的制备方法。许多试验也表明, 多金属复合药型罩所形成的射流在飞行过程中有一定的膨胀, 这在一定程度上限制了其优越性能的发挥。

钨及钨合金由于具有高密度、良好的动态断裂延伸率等优异的综合性能, 使得它们成为适宜的药型罩材料。在未来的10年内, 美国等西方国家将其材料的研究主要集中在一方面改进加工技术, 另一方面降低材料的成本, 以实现钨及钨合金材料在药型罩中的大规模应用。

3 结论

钨由于其硬度大、密度高、高温强度好的优点, 而被广泛用于军事、核能和航空航天工业等。目前, 提高钨及钨合金材料塑性, 降低其塑-脆转变温度, 进一步改善其高温热强性能, 一直是钨合金领域内一个持久的研究热点。另外, 钨合金的烧结温度也是比较难以控制的, 还有待于进一步研究。随着经济的发展, 科技的进步, 中国钨的应用范围正在逐步扩大, 产品品种日益增加, 极大地满足了国民经济建设和国防军事建设的需要。

参考文献

- [1]张宝生, 康志君. 高密度钨合金的穿甲特性及其应用[J]. 中国钨业. 1999.11:178
- [2]田开文, 尚福军. 具备绝热剪切敏感性的钨合金穿甲弹材料研究现状[J]. 兵器材料科学与工程. 2005.7:53
- [3] Nowacki W. Some general theorems of thermopiezoelectricity[J]. J Thermal Stress, 1978, 1(2):171-182
- [4] 韩欢庆, 陈飞雄. 钨在药型罩中的应用[J]. 中国钨业. 2004(2):26
- [5] 李正. 国外破甲药型罩材料科技发展分析[J]. 国外兵器动态, 2000, (6):15
- [6] 王换玉, 才鸿年. 液力挤压法制备新型钨合金穿甲弹芯材料技术[J]. 金属成形工艺. 2003.5:37
- [7] 马云柱, 黄伯云. 钨基合金材料的研究现状及发展趋势[J]. 2005.10:52