

工程塑料在弹药部件上的应用及发展趋势

李 华

(海军驻西安弹药专业军事代表室, 西安 710043)

摘要 详细介绍了国内外高性能工程塑料如聚酰胺、聚碳酸酯、聚四氟乙烯、改性聚苯醚、聚砒、纤维增强塑料等在弹托、弹带、闭气环、药筒、弹体等多种弹药部件上的应用情况, 分析了未来应用发展的趋势, 提出了发展其应用的几点建议。

关键词 工程塑料 弹药部件 应用 发展

工程塑料具有密度小、比强度高、化学稳定性好、成本低等特点, 可代替金属、木材、陶瓷等传统结构材料制造各种次承力和非承力的结构件及功能部件, 近年来其在弹药部件上的应用得到了快速发展, 已用于弹带、弹托和闭气环, 提高了弹药的初速和精度, 延长了身管的使用寿命, 在装备中发挥了较好的作用。目前常用的工程塑料主要包括聚酰胺(尼龙 6、尼龙 66、尼龙 610、尼龙 1010)、聚甲基丙烯酸甲酯、聚碳酸酯(PC)、ABS、聚甲醛、聚苯醚及其改性材料等。笔者主要综述工程塑料在弹药部件上的应用, 并结合弹药技术的发展, 对其发展趋势作简要分析。

1 工程塑料在弹药部件上的主要应用

采用轻质高性能工程塑料制造弹药零部件, 能够起到减轻质量、增大射程、提高性能、降低成本、提高命中精度和威力的作用, 对改进机动性和抗干扰能力、节省能源和减轻后勤供应等提供了有力的支持, 其应用主要包括以下几方面。

1.1 弹托

随着弹药技术的发展, 穿甲弹药提高穿甲威力主要有以下几个途径: 提高弹体材料强度和弹丸长径比, 提高火药质量和改变装填结构, 减轻消极质量。其中采用轻质材料制造弹托是减轻消极质量、提高初速的重要途径。

国外小口径穿甲弹弹托用轻质材料的研究历史较长, 在旋转稳定脱壳穿甲弹弹托上的应用较为成熟。20 世纪 70 年代初, 美国太平洋技术公司研制的 12.7 mm 脱壳穿甲弹, 其弹托材料采用了性能优异的 PC 复合材料。该公司相继研制出的 20 mm 及 30 mm 口径的脱壳穿甲弹, 其弹托材料采用了尼龙基复合材料。瑞士欧立康公司 20 世纪 80 年代中期研制的一种新式双 35 mm 口径脱壳穿甲弹, 其弹托、弹带均采用了新型的热塑性树脂基复合材料。另外, 法国、德国、荷兰等国对双 40 mm 脱壳穿甲弹的弹托及弹带也相继采用了新型复合材料, 这大大降低了弹丸的消极质量, 对提高武器的综合性能起到了关键的作用。

随着反导技术的不断发展及对穿甲弹威力提高的要求, 小口径尾翼稳定脱壳穿甲弹将是反导脱壳穿甲弹的发展方向, 如意大利的“达多”采用了 40 mm 尾翼稳定脱壳穿甲弹, 25 mm 口径尾翼稳定脱壳穿甲弹也已出现。2004 年法国防务展上展出的一种 30 mm 尾翼稳定脱壳穿甲弹, 其弹托采用

热塑性树脂基复合材料制造。

“密集阵”近防系统是美国雷西昂公司开发的现役唯一一种能实现自动搜索、探测、评估、跟踪、锁定和攻击威胁目标(如反舰导弹、水面水雷、小型飞行器等) 的近防系统, 到现在已经生产了 800 多套, 装备了几乎美国所有的海军舰艇及另外 20 多个国家的舰艇。MK 149 型次口径脱壳(APDS) 炮弹是“密集阵”系统使用的反导专用炮弹, 它由弹心、弹托、底推板等部件组成, 弹托、底推板由聚四氟乙烯塑料制成^[1]。

近年来, 纤维增强塑料在大口径穿甲弹弹托上的应用也有一定的突破。据介绍美国最新的 120 mm M829A3 穿甲弹弹托采用了先进碳纤维增强聚醚(酰) 亚胺(PEI) 材料(APC-2) 制造, 其成型过程避免了热固性树脂基复合材料所需的冷冻储存装置和热压罐, 降低了成本。

国外塑料弹托的应用概况见表 1。

表 1 国外塑料弹托的应用概况

公司	弹丸名称	材料
美国太平洋技术公司	20、30 mm 脱壳穿甲弹 ¹⁾	尼龙复合材料
美国	MK68 式 25、30 mm 脱壳穿甲弹 ¹⁾	30% 玻纤增强尼龙
美国	M79125 mm 脱壳穿甲弹 ¹⁾	玻纤增强尼龙
美国 Olin 公司	高速曳光穿甲弹 ¹⁾	PEI 复合材料
日本	40 mm 机关炮弹 ¹⁾	尼龙 66
法国、德国、荷兰等	双 40 mm 穿甲弹 ¹⁾	热塑性树脂复合材料
美国 ATK 公司	小口径尾翼稳定脱壳穿甲弹 ²⁾	碳纤维增强塑料
瑞士厄利空-康特拉夫斯烟火公司	PMB090 式曳光尾翼稳定脱壳穿甲弹 ²⁾	塑料

注: 1) 旋转稳定穿甲弹; 2) 尾翼稳定穿甲弹。

国内研究最多的小口径弹托材料是尼龙工程塑料, 增强增韧尼龙 66、增强改性尼龙 610 等材料已在 25、30 mm 脱壳穿甲弹弹托及 30 mm 曳光钨合金脱壳穿甲弹弹托上获得应用。

1.2 弹带

塑料弹带的研制始于 20 世纪 40 年代, 主要作用是减少膛线磨损与烧蚀, 提高弹丸初速与速射能力, 延长火炮寿命。

塑料弹带分固定式和滑动式两种。固定式塑料弹带一般用于线膛炮和滑膛炮发射的靠旋转稳定的弹丸上,当弹丸在炮膛内运动时,弹丸与弹带之间不发生相对运动。在炮口处弹带和弹丸的旋转速度一致。按其作用原理,固定式塑料弹带和弹托又分为不脱落的固定式塑料弹带和可脱落的固定式塑料弹带和弹托。滑动式塑料弹带主要应用于线膛炮发射的尾翼稳定的炮弹,使得原来只能够发射旋转稳定炮弹的线膛炮也能够发射较高射击精度的尾翼稳定的炮弹,更重要的是减小线膛炮发射尾翼稳定弹丸的炮口转速,并将弹丸炮口转速限定在弹道飞行稳定、射击精度高和威力大等技术要求的最佳范围内。

弹带所用材料主要以热塑性工程塑料为主,如尼龙、PC、液晶聚合物(LCP)、聚苯硫醚(PPS)、聚乙烯(PE)等,这类材料具有良好的挠曲柔性和延展性,易于产生明显的可塑性流动,能够嵌入膛线并密封弹丸,保持与炮管的紧密配合,并减少对炮管的磨蚀。

经过多年的研究,塑料弹带已成功地用于 20 ~203 mm 口径的各种炮弹,尤其是在中小口径弹药上应用较为成熟。对于大口径弹药,多数仍采用金属弹带,但弹带上所装闭气环多为塑料。

国外小口径塑料弹带应用较早的为美国 M61A1 式 6 管航炮弹,钢弹带改用塑料弹带后,初速由 1036 m/s 提高到 1125 m/s,射速由 6000 发/min 提高到 7200 发/min,寿命达 15 万发,同时还降低了生产成本。

原通用电气公司(后改为马丁·马丽埃塔军械系统公司,现为洛克希德·马丁军械系统公司)专为 A-10 攻击机发展的 30 mm 口径 GAU-8/A“复仇者”7 管炮弹药,采用较轻的铝合金弹壳和塑料旋转弹带,从而减轻了质量(对整个系统约减轻 272 kg),提高了炮管的寿命。

国外塑料弹带的应用情况见表 2。

表 2 国外塑料弹带的应用概况

弹丸名称	部件	材料
美 155 mm 二代底凹榴弹	固定式弹带	乙缩醛
美 127 mm 二代底凹弹 ¹⁾	固定式弹带	尼龙 12
美 90 mm M431 式破甲弹	滑动式弹带	尼龙 66
瑞典 84 mmFFN-151 增程穿甲弹	滑动式弹带	尼龙 66
美 M392A2 式 155 mm 脱壳穿甲弹	滑动式弹带	FRP ²⁾
巴基斯坦 100 mm 脱壳穿甲弹	固定式弹带	尼龙 66
美 M68U 式 105 mm 脱壳穿甲弹	滑动式弹带	尼龙 66
瑞士双 35 mm 脱壳穿甲弹	固定式弹带	尼龙 66

注:1) 为美海军研制;2) 纤维增强塑料。

国内从 20 世纪 70 年代初开始塑料弹带的研究工作,迄今已研制了用于大口径整体塑料弹带的 MC 尼龙及聚丙烯塑料,并开发了相应的弹带整体装配成型工艺技术,分别在 85 线、100 滑、100 线、120 滑、125 滑等不同弹种上应用,取得了显著的应用效果。

1.3 闭气环

塑料闭气环也是塑料弹带的一种类型。在弹丸发射过程中不起导转和微转作用,主要是增强闭气和定心作用。塑

料闭气环出炮口后在旋转离心力、火药气体的作用力和空气阻力的作用下破碎脱落。目前塑料闭气环已被广泛应用于线膛炮和迫击炮的各种不同口径的炮弹上,并获得显著效果。

(1) 线膛炮发射的旋转稳定榴弹的塑料闭气环 对于线膛炮发射旋转稳定的大口径榴弹,为了更进一步提高金属弹带的闭气性能,减小金属弹带与火炮膛线的烧蚀及磨损,增强定心和弹性支撑作用,在金属铜弹带后面装配一条矩形环状的塑料闭气环。

(2) 迫击炮弹的塑料闭气环 一般在迫击炮弹定心部下边缘的环形沟槽内装配一条塑料闭气环,以减少火药气体的外泄,较充分地利用火药气体的能量,提高初速,增加射程,减小炮弹的初速或误差。同时形成气垫式的弹性定心作用,减少发射过程中弹丸的起始扰动,提高射击密集度。

美国在 155 mm 榴弹、175 mm 加农炮弹上分别采用了乙缩醛和尼龙闭气环。我国生产的 81、82、100、120 mm 迫击炮榴弹及 105 mm 破甲弹、155 mm 榴弹均采用了塑料闭气环,所用材料主要包括聚砜、尼龙及 PE 材料。

1.4 药筒

塑料药筒是指不燃烧不消失的塑料制造的药筒,用以代替稀缺的黄铜,减轻药筒质量,保证人员安全,降低制造成本。

瑞典博福斯公司研制的 FH-77 式 155 mm 榴弹炮,配用的主要弹种为 M77 式低凹杀伤爆破榴弹,装药为可重复使用的钢底塑料药筒,比黄铜药筒减轻 75%,可重复使用 4 次以上,使用最大装药(6 号装药)的最大射程为 21.7 km。俄罗斯 ZC-19 式 152 mm 加榴炮炮弹也采用了带金属底座的塑料药筒,其它采用塑料药筒的弹药还包括日本的 75 mm 和 105 mm 榴弹及美国的 105 mm 榴弹。

塑料药筒多采用 PE 制造,美国专利 4593621 介绍的一种塑料药筒由 65% ~90% 的 PC 和 15% ~30% 的 PE 组成,筒底材料含有少量的聚四氟乙烯,外套由高密度聚乙烯(HDPE)制成。美国 Lin 公司研制的滑膛炮药筒为三部件结构,筒体由双轴定向 PE 制成,塑料内底塞由 5% ~40% 的玻纤增强 HDPE 制成。其它材料还包括 PC、ABS、聚四氟乙烯等。

为改进塑料药筒难以承受高膛压、应力开裂和热降解等缺点,提高塑料药筒的强度、模量、化学稳定性、耐磨性、润滑性、耐环境性,美国自 20 世纪 70 年代开始研究塑料药筒的金属镀层,经镀层处理的聚砜药筒材料的弯曲强度提高了 35.7%,弯曲弹性模量由 2.73 GPa 提高到 12.03 GPa,热变形温度提高了 12℃^[2]。

国内在配合新型自行加榴炮研制过程中,采用改性 HDPE 制造了药筒,该材料对高温、高湿环境条件具有良好的适应性,低温脆性温度达 -80℃ 以下,可保证低温正常使用的可靠性能;与发射药等具有良好的相容性。塑料药筒抗静电性能良好,机械强度和刚性高,单发最大膛压射击强度高,

闭气性能可靠,射击后的抽壳率达 100%,满足了新型加榴炮系统的各项战术技术指标要求。

1.5 风帽与弹体

塑料风帽使用的塑料主要有改性尼龙和改性聚苯醚等工程塑料。25 mm 脱壳穿甲弹、30 mm 曳光钨合金脱壳穿甲弹的塑料风帽均采用增强改性尼龙 610 制造。预制破片引信电子头风帽和海双三七无线电近炸引信风帽采用了改性聚苯醚制造。

我国目前用于塑料弹体的塑料主要有 ABS、尼龙类塑料等,分别用于烟雾弹、82 迫击炮用催泪弹和照明弹弹体的制造。

2 工程塑料在弹药部件上的主要应用发展趋势

未来弹药的发展方向是远程压制、精确打击及高效毁伤,工程塑料在弹药上的应用已逐渐由功能部件扩展到轻质化结构部件,其发展呈现以下趋势。

(1) 进一步提高工程塑料的性能 通过改性采用先进的材料、生产设备与制造工艺提高现有工程塑料的性能和质量,如采用合金化、掺混化和复合化实现工程塑料的高性能化、高性能塑料的低成本化、实用化和功能化,热固性塑料的高性能化和易加工化,以进一步满足弹药的发展需求。

(2) 发展高性能和多功能的弹药用工程塑料 随着弹药技术的发展,对弹药用工程塑料的需求也将由通用品级向高性能品级发展,由单功能工程塑料向多功能工程塑料发展,应研制具有耐腐蚀、抗冲击、耐高温磨蚀、电绝缘、强度高、透波性好及结构一体化的多功能工程塑料品种。

(3) 纳米改性技术是工程塑料发展的重要方向 以插层

技术制备的尼龙/纳米蒙脱土为例,与普通增韧增强尼龙相比,其拉伸强度提高 30%,拉伸弹性模量提高 60%,弯曲弹性模量提高 70%,热变形温度由纯尼龙的 65℃ 提高到 152℃。将改性的尼龙基体再用玻纤增强会进一步提高材料的力学性能。采用纳米材料改性还有利于改善制品的加工性能。

3 发展工程塑料在弹药部件上应用的几点建议

目前我国弹药用非金属材料及其应用技术研究距西方军事强国尚有一定的差距,因此必须提高新材料研制能力,提高材料质量和性能,以满足未来新一代弹药发展的要求。

(1) 制定高性能工程塑料在弹药上应用的总体规划,针对型号研制、预研需求开展材料研究,真正体现材料技术的支撑和先导作用。

(2) 相对钢等金属材料而言,工程塑料等非金属材料属新型材料,其开发应用时间较短,指导设计的相应规范较少,使材料应用受到一定制约。因此应加强弹药总体设计与材料应用研究的沟通、协调,真正实现设计-材料-工艺一体化,体现工程塑料的优势。

(3) 改变以跟踪为主的材料研究模式,加强探索性和原创性研究;加强设计手段和评价手段研究,提高构件设计、模拟仿真及可靠性评价技术水平,避免“画加打”,从而在实现可靠应用的前提下,缩短研制周期,节约研制成本。

参考文献

[1] 刘郑国,周介群.舰载近程弹-炮结合反导武器系统(CIWS)浅析[J].舰船科学技术,2003,25(2):3-5.
[2] 丁浩.塑料应用技术[M].北京:化学工业出版社,1999.

APPLICATION OF ENGPLASTICS IN AMMUNITION PARTS AND THE DEVELOPING TREND

Li Hua

(Navy in Xi'an Ammunition Speciality Military Representative Office, Xi'an 710043, China)

ABSTRACT The application status of high performance engplastics such as PA, PC, PTFE, MPPO, PSU and FRP in ammunition parts including sabots, shell, gas check ring, ammunition case, shell body at home and abroad are presented in detail. The developing trend is analyzed and some suggestions are put forward.

KEYWORDS engplastics, ammunition part, application, development

等离子涂层注塑 PC 窗

据报道,捷克 EleverGlass 公司将采用 Exatec 900 和 900vt 技术生产等离子涂层注塑 PC 窗,公司的下一个计划是得到建筑应用的许可;2007 年的试生产规模为 12 万 m²/a,2008 年规模将达 100 万 m²/a,第二阶段将达到 200 万 m²/a。Exatec 900 已得到了美国 NHTSA AS-2[有关汽车安全玻璃(除挡风玻璃外)的相关规定]的认可。Exatec 900 与回火玻璃在 Taber500 磨损测试中均达到低于 1% 的雾度;但在 Taber 1000 测试中 Exatec 的表现逊于玻璃,其雾度低于 2% (玻璃的雾度低于 1%)。但在 GM 汽车清洗测试及雾度和光泽度损失砂喷测试中,Exatec PC 的雾度优于玻璃;而在振动砂测试时又不如玻璃。Exatee 900 符合雨刮器 SAE J942

标准要求。(工塑网)

奥迪新车安全气囊外壳用塑料替代金属镁

德国奥迪汽车公司的 Audi Q7 高端新型车目前已经采用塑料替代传统轻质金属镁制备安全气囊外壳。

Audi Q7 车是该公司 2006 年 5 月向美国市场推出的运动型多用途车(SQV),选用巴斯夫公司专门开发的 40% 玻纤增强尼龙 6(牌号为 Ultramid B3ZG8)生产安全气囊外壳。据巴斯夫公司介绍,Ultramid B3ZG8 的力学性能与镁相近,但质量更轻,而且比镁容易加工,生产所需时间短,同时具有优良的阻燃性。另外,Ultramid B3ZG8 在低温下仍可保持足够的弹性,在恶劣气候环境下刚性几乎不降低,因而能确保安全气囊正常使用。(工塑网)