

doi: 10.7690/bgzdh.2013.01.025

## 小口径药筒轻量化及其工艺

朱绪强<sup>1,2</sup>, 李德才<sup>2</sup>, 王龙<sup>2</sup>, 辛明<sup>2</sup>, 成一<sup>1</sup>

(1. 南京理工大学化工学院, 南京 210094; 2. 黑龙江北方工具有限公司, 黑龙江 牡丹江 157000)

**摘要:** 为解决目前小口径枪炮弹药筒重量较大问题, 对小口径药筒的轻量化方向及其加工方法进行了总结。通过比较小口径铝药筒、不锈钢药筒、塑料药筒、可燃药筒和可消失药筒的优缺点, 并对各轻量化方式加工工艺进行论述, 指出目前不锈钢药筒和铝药筒可作为小口径枪炮弹药筒轻量化的主要方向, 塑料药筒、可燃药筒和可消失药筒的军用弹药应用仍需做进一步的研究。

**关键词:** 轻量化; 铝药筒; 不锈钢药筒; 塑料药筒; 可燃药筒; 可消失药筒

**中图分类号:** TJ410.5 **文献标志码:** A

## Lightweight of Small Caliber Cartridge Case and Technological Process

Zhu Xuqiang<sup>1,2</sup>, Li Decai<sup>2</sup>, Wang Long<sup>2</sup>, Xin Ming<sup>2</sup>, Cheng Yi<sup>1</sup>

(1. College of Chemical Engineering, Nanjing University of Science & Technologies, Nanjing 210094, China;

2. Heilongjiang North Tool LTD., Mudanjiang 157000, China)

**Abstract:** The lightweight orientation of small caliber cartridge case and its technology process are summarized to solve the weight problem. It is concluded that aluminum and stainless cartridge case can be used as the main development direction of small caliber cartridge case by contrast of the advantages, disadvantages and technological process of small caliber aluminum, stainless, plastics, combustible and consumable cartridge case, and the use of plastics, combustible and consumable cartridge case need more research.

**Key words:** lightweight; aluminum cartridge case; stainless cartridge case; plastics cartridge case; combustible cartridge case; consumable cartridge case

### 0 引言

轻量化技术是采用高强度轻质材料代替原有材料, 应用新工艺、新结构减轻武器系统的重量, 提高武器系统效能的一种手段。弹药轻量化的主要目标是采用轻质材料、新工艺、新结构减轻弹体及药筒质量。目前小口径枪炮弹药筒多采用铜、深冲钢冷冲而成, 重量较大。采用轻质材料可有效减重, 以某大口径枪弹为例, 全弹重 188 g, 钢质药筒重 90 g, 当将药筒换成铝合金后, 重量仅为 31 g, 减少了 59 g, 如按携弹量为 1 000 发计算, 可增加携弹量 450 发, 或减少载荷 59 kg。近年来, 小口径枪炮弹药筒轻量化有了突破性进展。

### 1 轻量化药筒

#### 1.1 铝药筒

铝在地壳中的蕴藏量约占地壳重量的 8.13%, 比铁的蕴藏量多 1 倍, 比其他有色金属蕴藏量的总和还要多, 是地壳中分布最广的金属元素<sup>[1]</sup>。1890

年美国就开始了铝合金药筒的研究工作, 已在 30 mm 炮弹上应用了铝合金轻质药筒, 如 30 mm “德发” 炮弹采用了 7475 材料的铝合金药筒。与钢质药筒相比, 铝合金药筒可减重接近 2/3。国内铝合金药筒试制从 19 世纪 80 年代起开始, 主要使用 7A04 和仿美 7475 铝合金, 目前主要使用 7A04 衍生材料, 与 7A04 铝合金相比, 新材料耐火药气体冲刷性能及机械强度均有较大提高。

铝合金制造药筒具有下列优点: 铝的资源丰富; 铝密度较低, 约为钢的 1/3, 比强度高; 铝的弹性模量只有钢的 1/3, 有利于射击后的顺利退壳。铝合金药筒的缺点: 耐烧蚀性能差, 如果表面处理不过关, 容易发生药筒烧蚀, 甚至烧蚀枪炮内膛; 铝表面易形成氧化层, 氧化铝硬度很高, 容易研磨加工模具, 使模具寿命降低, 加工成本升高; 超硬铝合金延伸率较差, 药筒收口困难, 废品率较高<sup>[2]</sup>。

#### 1.2 不锈钢药筒

虽然不锈钢不是轻质材料, 但是其性质决定了

收稿日期: 2012-10-26; 修回日期: 2012-12-17

作者简介: 朱绪强(1980—), 男, 河南人, 在读博士, 工程师, 从事弹药设计研究。

它可以应用于弹药减重。与铜、深冲钢相比, 不锈钢强度、延伸率更高, 完成相同战术使命所需材料更少, 对于大多数瓶形药筒, 单发不锈钢药筒重量可减少接近 1/3; 与铝药筒相比, 不锈钢药筒无需耐烧蚀表面处理, 技术门槛低。另外, 不锈钢耐腐蚀能力强, “三防”性能更好。目前国外有 5.56 mm 不锈钢弹壳使用。

### 1.3 可燃药筒

可燃药筒是一种疏松多孔的非均质材料, 主要由硝化棉、纸纤维、粘合剂等按照一定的比例混合后, 采用真空吸附法、离心驱水法、丝缠法和卷制法等方法<sup>[3]</sup>制造成药筒。可燃药筒可以完全燃烧, 起到药筒和部分发射药的双重作用, 可燃药筒能量输出可相当于同等重量发射药 60% 以上。可燃药筒分为全可燃药筒和半可燃药筒, 半可燃药筒底部是金属材料。可燃药筒无火炮退壳机构减轻了炮弹重量, 节省了大量贵重金属材料, 有利于后勤供应。可燃药筒的缺点是自身防火、防潮、防虫蚁啃噬能力差, 密闭火药气体性能差, 弹丸初速跳差大, 所以目前小口径可燃药筒仍未见装备部队使用。

### 1.4 可消失药筒

可消失药筒由易被火焰穿透的多孔性的高分子有机材料发泡制成, 该材料在高温、高压火药燃气作用下并不燃烧, 只发生破碎、气化等变化, 并最终消失<sup>[4]</sup>。相比可燃药筒, 可消失药筒防明火和耐高温性能略有提高。可消失药筒的缺点是: 火药气体密闭性差, 耐高温性能尚需提高, 可消失药筒以胶结的方式保证炮弹拔弹力, 工艺一致性差。聚乙烯醇缩甲醛可消失药筒在 30 mm 炮弹上的试用<sup>[4]</sup>显示, 药筒(底部采用钢质弹底)与钢药筒相比减重比例为 24%, 全弹减重比例为 7.7%。

### 1.5 塑料药筒

塑料药筒是用发射过程中不燃烧、不消失的工程塑料制造的药筒。工程塑料与树脂基复合材料相对密度仅为 1.0~2.0 g/cm<sup>3</sup>, 只有钢铁的 1/8~1/4, 是理想的药筒代用材料。塑料药筒多采用高密度聚乙烯制造, 其他材料还包括 PC、ABS、聚四氟乙烯等。

由于常规结弹方式无法满足拔弹力要求, 塑料药筒及枪、炮膛结构需发生改变, 采用的主要方式是埋头方式; 一般塑料药筒底部仍需采用钢质材料; 塑料药筒在高膛压下射击后抽壳性能较差, 仍需继

续研究。

瑞典博福斯公司研制的 FH-77 155 mm 榴弹, 药筒采用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。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, 其他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<sup>[5]</sup>。

## 2 轻量化药筒加工方法

### 2.1 金属药筒加工方法

#### 2.1.1 冷冲压法

冷冲压是在常温下, 利用冲压模在压力机上材料施加压力, 使其产生塑性变形或分离, 以获得所需形状和尺寸的零件的一种压力加工方法。直到现在, 冷冲压仍是常用的药筒加工技术。冷冲压工艺一般包括下料、冲盂、多次引长、收口、打凹、平底和表面处理等工序, 根据需要, 中间需进行多次热处理。冷冲压法工序繁多, 中间多次热处理、表面磷化及酸洗, 能耗大、效率低、污水多; 因此, 炮弹药筒冷冲压技术基本已被旋压技术取代; 由于枪弹药筒单发旋压速度相对冲压慢、效率低, 所以枪弹药筒仍以冷冲压技术为主, 其发展方向为多工位级进模技术, 大大减少操作工人数量。

#### 2.1.2 热挤压法

热挤压法是金属加热到再结晶温度以上进行的挤压方法。热挤压法适用于各种金属材料药筒的加工。与冷挤压相比, 热挤压生产的劳动生产率较高, 一般 5 次冷拉伸的空心零件, 热挤压可以 1 次成型; 由于毛坯加热, 提高了塑性, 降低了变形抗力, 因此, 可以挤压强度较高的材料, 挤压断面形状复杂、尺寸较大的零件。热挤压法缺点是<sup>[6]</sup>: 1) 热挤压生产采用的模具, 特别是凹模, 其使用寿命较低; 2) 热挤压生产要求对被挤压的坯料进行高质量的加热, 最好是采用无氧化或少氧化加热。

#### 2.1.3 旋压法

旋压成形是将金属平板毛坯或预制毛坯卡紧在旋压机的芯模上, 由主轴带动芯模和坯料旋转, 利用旋轮对坯料施加压力, 产生连续、逐点的塑性变形, 从而获得各种母线形状的空心旋转体零件的塑性加工方法。药筒、弹体、火箭弹燃烧室、药型罩、整流罩等回转体零部件均可使用旋压法加工。旋压法加工药筒的优点是尺寸公差小, 强度、延伸率高。

一般需要6~7次冲压的制件,旋压一次即可制造出来。缺点是:对于需大批生产的简单零件(比如枪弹药筒),旋压法的生产效率低于冲压法。中小口径金属药筒采用旋压法加工非常合适,是主要发展方向。

## 2.2 非金属药筒加工方法

### 2.2.1 注塑法

注塑成型是一种以高压高速将塑料熔体注入闭合的模具型腔内,经过冷却定型后,得到和模具型腔形状一致的塑料制品的成型方法,适用于塑料药筒成型。相同的材料和模具若采用不同的注塑成型温度和压力,药筒的强度就明显不同。注塑温度和压力低时,药筒在较低的膛压下就会裂开;当注塑温度和压力太高时,药筒的内应力大,放置一段时间后,药筒的强度则会降低。只有当注塑的温度、压力和模具温度匹配合适时,药筒才有较好的强度<sup>[6]</sup>。

### 2.2.2 模压法

模压法是指模塑料在闭合模腔内借助加压(一般须加热)的成型方法,包括预压、预热和模压3个过程。该方法适用于热固性材料药筒成型,包括可燃药筒的注塑模压法、抽滤模压法,可消失药筒的模压发泡法。1) 注塑模压法是将硝化棉、木浆纸与其他能量组分或增强组分均匀混合,填充在适合的模具中,再将粘结剂挤入模具,然后加热固化成型。由于注塑模压加工工艺的限制,该方法生产的药筒存在局部粘结剂过多现象,大大降低了燃烧性能。2) 抽滤模压法首先将硫酸盐木浆纸在粉碎釜中粉碎成浆液,导入搅拌釜与硝化棉混合,并加入粘结剂、沉降剂和其他助剂。搅拌均匀后,由真空泵吸至模具,通过控制浆液通过模具的时间来控制毛坯质量,之后将毛坯热压成形得到产品。抽滤模压法生产效率高,并能制备各种形状的可燃元器件,产品质量稳定,燃烧速度高,但力学性能较差。3) 模压发泡法将提前均匀混合的可消失药筒材料与化学发泡剂放置于密闭模具内进行加热熔融,而后使发泡剂在塑化温度开始分解、析出气体,压模冷却时,

聚合物硬化并使压缩状态的气泡保留在制品内而形成一种多孔型的药筒。

### 2.2.3 卷制法

卷制法首先将硝化棉溶解成造纸液,由造纸工艺制造硝化棉纸,再将所制得硝化棉纸在卷压机上卷制成可燃药筒,中间夹入TNT等粘结剂与高能填料,最后裁剪成型。由于后续加工较为困难,卷制可燃药筒多用于半可燃药筒的制造。

### 2.2.4 绕丝法

绕丝法是在抽滤模压法基础上对可燃药筒制造方法的改进。首先将硝化棉用溶剂溶解配制纺丝液,通过湿法纺丝工艺制备硝化棉丝,然后以一定厚度的抽滤模压药筒为基底,在药筒外层用纺制的硝化棉丝进行编织包覆,层间使用硝棉胶粘接,制备绕丝可燃药筒。绕丝药筒既具有抽滤模压药筒较高的燃烧速度,同时又具有较好的力学强度。但药筒编织制造工艺过于复杂,生产效率低下,不利于战时大量生产。

## 3 结论

小口径药筒轻量化是大势所趋,不锈钢药筒和铝药筒技术难点相对低,已获得应用;塑料药筒、可燃药筒和可消失药筒的军用弹药应用仍需做进一步的研究。

## 参考文献:

- [1] 《轻金属材料加工手册》编写组. 轻金属材料加工手册:上册[M]. 北京:冶金工业出版社,1980:1.
- [2] 成红刚,陈雄,周长省,等. 铝颗粒燃烧特性研究进展[J]. 四川兵工学报,2010,31(3):84.
- [3] Robbins, F. W, Colburn, J. W, Zoltani, C. K. Combustible Cartridge Cases: Current Status and Future prospects [R]. Maryland: Ballistic Research Laboratory, Aberdeen Proving Ground, 1992, 8: 1-2.
- [4] 韩玉. 无壳弹总体设计[D]. 南京:南京理工大学,2008:8.
- [5] 李华. 工程塑料在弹药部件上的应用[J]. 工程塑料应用,2007,35(8):70-72.
- [6] 贾宪安,胡九锡. 热挤压工艺与模具设计[M]. 北京:机械工业出版社,1986:6-7.