

炮弹用 MCPA 弹带的研制

铁文安

(陕西华山胜邦塑胶有限公司, 西安 710043)

摘要 采用水平式离心浇铸聚合成型工艺制备了铸型尼龙(MCPA)弹带,并对模具设计、成型工艺参数、水平式离心浇铸聚合成型机的结构设计、原辅材料的选择、MCPA 的机械加工参数等进行了研究。所研制的 MCPA 弹带在压装过程中均未出现破碎、裂纹、凹陷、白色印痕等现象,完全达到了某滑膛炮炮弹用 MCPA 弹带的技术要求。

关键词 铸型尼龙 离心浇铸 静态浇铸 聚合成型 弹带

铸型尼龙(MCPA)综合性能优良、应用范围广,它具有密度低、力学性能好、强度高、耐磨、自润滑等优点,可用于制备高膛压炮弹弹带、闭气环等。笔者通过研究 MCPA 的聚合成型方式、设备及生产工艺,研制出符合静态试验指标要求的弹带,满足了某新一代滑膛炮炮弹用弹带的耐高温、高压、防烧蚀及闭气的功能要求。

1 聚合成型方式的选择

MCPA 常用的成型方法包括静态浇铸聚合成型和离心浇铸聚合成型两种方法。

(1) 静态浇铸聚合成型

静态浇铸聚合成型是将液态反应材料慢慢注入模具而固化成型。静态浇铸聚合成型有常压浇铸和压力(包括减压)浇铸两种。常压浇铸制品长度与厚度的比例一般小于 20:1。常压浇铸时,排除模具内的空气较为困难,因而制品中容易出现气泡。压力浇铸可以避免在制品内产生气泡或空穴,用于浇铸厚度为 5~19 mm 的制品。静态浇铸聚合成型一般存在以下问题:①制品壁厚不均匀;②制品容易出现气泡、皱纹、凹陷等缺陷;③制品表面易产生裂纹;④压力浇铸工艺过程难以控制。

(2) 离心浇铸聚合成型

离心浇铸聚合成型方法是将液态反应材料注入旋转的模具中,在离心力的作用下使其充满回转体形的模具,再使其固化成型而得到制品的一种方法。离心浇铸聚合成型一般分为水平式和立式两种。制品轴线方向长度远大于其直径时,宜采用水平式离心浇铸聚合成型,反之则宜采用立式离心浇铸聚合成型。离心浇铸聚合成型的优点为:①制品壁厚不受限制,薄壁和厚壁制品均可以生产;②制品内部不易产生缩孔、气泡或伤痕等缺陷,制品内应力很小;③与静态浇铸聚合成型相比较,制品的机械加工余量可以明显减少;④可以制造具有不同特性的

多层复合结构制品;⑤制品脱模方便;⑥适合管状制品的生产。

根据上述两种浇铸聚合成型方法的特点,结合 MCPA 弹带的结构及性能要求等,笔者选用水平式离心浇铸聚合成型方法。

2 模具设计要点

(1) 模具的密闭性

成型时,由于注入模具的反应物料粘度很低(不超过 $0.009 \text{ Pa} \cdot \text{s}$),为了避免反应物料的泄漏,设计和加工模具时要保证其具有较高的密闭性,模具配合面间的间隙要控制在 $0.05 \mu\text{m}$ 以内。

(2) 模具内表面的粗糙度

模具内表面的粗糙度直接影响制品的外观光洁度及脱模的难易程度。粗糙度越低,制品表面越光亮,越容易脱模。如果用料量适当,制品外表面不需要进行后加工。反之,不但制品脱模难、表面粗糙,而且容易产生小的气泡或斑状条纹。对于内表面粗糙度较高的模具应进行适当的研磨并涂脱模剂。

(3) 模具的浇口设置

模具浇口的设置必须遵循的原则为:①反应物料能填充到模具型腔的各个部位,并且在流动过程中不产生紊流、湍流或涡流;②反应物料以最短的流程注满型腔;③模具排气通畅。

(4) 模具材质

模具的内壁材料应对碱催化聚合反应没有影响,并有足够的强度,易于加工,能耐温 250°C 。可选用钢、镍、铬及其合金等材料作为模具用材。铜(除紫铜、黄铜外)、锌及其合金不易采用,因为它们会与反应物料进行化学反应,影响聚合过程。

3 水平式离心浇铸聚合成型机的结构设计

根据 MCPA 弹带的成型要求,水平式离心浇铸

聚合成型机的设计应主要考虑以下几点：①旋转动力系统能够稳定地带动模具和物料以模具轴心为中心旋转，旋转速度可调；②温度控制系统能迅速升降温，并不得出现明火，显示系统能真实反应模具温度；③动态加料系统应能保证反应物料及时注入高速旋转的模具中，并不得洒落。

图 1 为水平式离心浇铸聚合成型机的结构示意图。

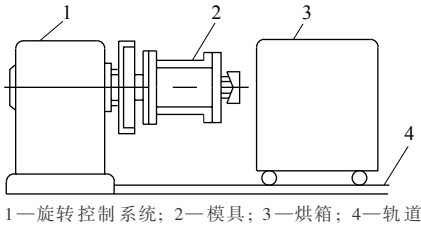


图 1 水平式离心浇铸聚合成型机的结构示意图

4 原辅材料的选择

MCPA 弹带的主要原材料是己内酰胺，辅料除催化剂、助催化剂外，还有成核剂、着色剂、填充剂、补强剂、增塑剂、抗氧剂、脱模剂等。包括己内酰胺在内的各种原辅材料的纯度及相互之间的反应情况都对聚合反应有不同程度的影响。选用的辅料必须满足以下要求：①分子内不含活泼氢；②对 MCPA 的聚合成型反应没有抑制作用；③不能选用亲水性化合物及含有水分或结晶水的物质；④沸点高于 230℃，并在 220℃时不会分解；⑤在 MCPA 中的溶解度很小；⑥毒性小，易于操作。

表 1 列出己内酰胺的性能要求。

表 1 己内酰胺的性能要求

项目	数值
结晶点 /℃	≥68.5
高锰酸钾吸收值	≤20
挥发性碱含量 /mmol · kg ⁻¹	≤1.5
290 nm 波长处吸光度	≤0.20
Fe 含量 /10 ⁻⁶	≤1.0
50% 水溶液色度, Hazen 单位 - 铂 - 钴色号	≤10
熔点 /℃	69.2
相对分子质量	113.16
常压下沸点 /℃	266.9

5 成型工艺流程及成型工艺参数

(1) 成型工艺流程

图 2 示出离心浇铸聚合成型工艺流程。

(2) 己内酰胺的投料量

由于采用水平式离心浇铸成型工艺，模具的长度已经确定，模具的内径即制品的外径也已确定，制品的壁厚则取决于注入模具中反应物料的量。因

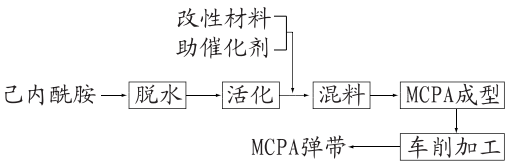


图 2 MCPA 弹带的离心浇铸聚合成型工艺流程

此，应根据所设计制品的尺寸，严格控制反应物料的投料量。通过理论计算和试验研究，己内酰胺的投料量可按式(1) 计算：

$$G = \pi \beta (D - e) l \rho \tag{1}$$

式中： G ——己内酰胺的质量；

β ——聚合产率系数；

D ——管状制品的外径；

e ——管状制品的壁厚；

l ——管状制品的长度；

ρ ——管状制品的密度。

(3) 模具的旋转速度

模具的旋转速度是离心浇铸聚合成型的关键工艺参数之一，直接影响着制品的聚合成型质量。旋转速度过低，离心力过小，不但容易导致反应物料溢出，而且无法制得高强度、致密的 MCPA 弹带；如果模具旋转速度过高，离心力过大，会使制品硬度增加，韧性降低。研究表明，离心力的大小与模具的旋转速度、模具半径、反应物料的密度有关，即：

$$F \propto n^2 R^2 \rho \tag{2}$$

式中： F ——离心力；

n ——模具的旋转速度；

R ——模具型腔半径；

ρ ——反应物料的密度。

一般要求 F 为 0.3 ~0.5 N。不同壁厚制品的模具旋转速度可按经验公式(3) 计算确定：

$$n = 2000 / (R - e)^{1/2} \tag{3}$$

(4) 聚合成型温度

聚合成型温度是决定制品质量的关键指标之一。聚合反应是放热反应，由于聚合反应开始时需要热量，必须事先对模具进行加热，而随着聚合反应的进行，反应放出大量热量，经过一段时间后模具内表面的温度会超过模具外表面温度，造成制品内表面过热，出现质量不均的情况。通常，起始温度越高，反应速度愈快。但起始温度过高时，制品容易产生缩孔和孔道；起始温度过低，则使瞬时分离出来的聚合物在单体中不完全溶解，造成微孔。一般情况下，随着制品厚度的减少，需要提高模具温度和反应物料的温度。

图 3 示出模具温度与管状制品内、外径比值 (d/D) 的关系曲线。由图 3 可知, 聚合起始温度与管状制品的 d/D 在一定范围内呈线性关系。

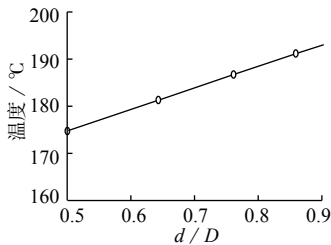


图 3 模具温度与管状制品内、外径比值的关系曲线

(5) 模具的保温时间

聚合反应过程中的保温时间可分两个阶段: 第一阶段为预热保温阶段, 即从加热箱体内温度达到设定温度直至将反应物料注入模具中的时间; 第二阶段为成型保温阶段, 即模具在规定转速下高速旋转并保温直至聚合成型的时间。这两个阶段的时间都是越长越好, 但考虑到生产效率问题, 需根据实际情况进行具体调整。一般情况下, 预热保温阶段需要 30 min, 成型保温阶段需要 20 min。

(6) 热处理

MCPA 制品的热处理分为油处理和水处理两种。油处理可以提高 MCPA 制品的力学强度、硬度和耐磨性能, 降低摩擦系数和吸水性。这是由于制品经油处理后, 在缓慢冷却的过程中晶体发生重新排列而趋于规整化, 结晶度有所提高, 相对分子质量增大所致。而水处理并不影响制品的结晶状态, 除了韧性由于吸水的原因而有所提高、力学性能有所下降外其它物理性能基本没有变化。热处理的时间与制品的厚度有关, 每 1 mm 厚度需要 15 min。

6 MCPA 弹带的机械加工

MCPA 弹带是将已经聚合成型的管状 MCPA 制品进行机械加工而得到的。MCPA 属于机械加工性能良好的材料之一, 通常的机械设备便可满足加工要求。一般聚合成型的 MCPA 制品需要存放一段时间后再进行加工, 以避免加工后发生翘曲变形。MCPA 弹带切削加工的条件列于表 2。

7 MCPA 弹带的性能

使用以上所选的模具、工艺参数, 通过正交试验优化, 经过水平式离心浇铸聚合成型所得的 MCPA

表 2 MCPA 弹带切削加工的条件

项目	粗车	精车
圆周速度/ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$	100 ~200	100 ~200
进给量/ $\text{mm} \cdot \text{r}^{-1}$	0.20 ~0.25	0.10 ~0.15
进刀深度/mm	3 ~5	0.10 ~0.15

的物理、力学性能如表 3 所示。所制 MCPA 弹带在压装过程中均未出现破碎、裂纹、凹陷、白色印痕等现象, 完全达到了某滑膛炮弹用 MCPA 弹带的技术要求。

表 3 MCPA 的物理、力学性能

项目	试样编号						测试标准
	1	2	3	4	5	6	
球压痕硬度/MPa	122	130	156	116	123	148	GB/T3398
缺口冲击强度/ $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$	10	12	9	12	12	10	GB 1043
弯曲强度/MPa	111	115	126	87	107	130	GB/T 9341
压缩强度/MPa	96	96	83	82	84	93	GB/T 1041
拉伸强度/MPa	87	84	86.6	72	73	81	GB/T 1040
断裂伸长率/%	28	30	15	60	63	34	GB/T 1040
低温脆化温度/ $^{\circ}\text{C}$	< -5	-15	< -9	< -9	< -9	< -9	GB/T 5470
热变形温度/ $^{\circ}\text{C}$			218	212	193	> 180	GB/T 1634.1
密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	1.15	1.15	1.14	1.15	1.14	1.16	GB/T 1033
吸水率/%	0.60	0.55	0.59	0.76	0.75	0.46	GB/T 1034
拉伸弹性模量/GPa				3203	3203	3360	GB/T 1040

8 结论

(1) 水平式离心浇铸聚成型工艺优于静态浇铸聚成型工艺及立式离心浇铸聚成型工艺, 是某滑膛炮弹用 MCPA 弹带理想的聚成型方法。所制备的 MCPA 弹带达到了某滑膛炮弹用弹带的性能指标。

(2) MCPA 聚成型反应辅料的选择必须考虑辅料的性能对反应过程的影响及对最终 MCPA 制品性能的影响。

(3) 对 MCPA 制品的热处理可以改变其部分物理、力学性能, 可以根据制品的性能需求选择使用不同的热处理方法。

参考文献

[1] 马卫东. 塑料浇铸成型与旋转成型[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.

[2] 王有槐, 王新华, 朱培. 铸型尼龙实用技术[M]. 北京: 中国石化出版社, 1994.

[3] 中国科学院化学研究所. 铸型尼龙[M]. 北京: 科学出版社, 1973.

[4] 北京化工研究院. GB 13254-1991 工业己内酰胺[S].

DEVELOPMENT OF MCPA ROTATING BAND FOR SHOT

Tie Wenan

(Shaanxi Huashan Shengbang Plastics Co. Ltd., Xi'an 710043, China)

ABSTRACT MCPA rotating band is manufactured by horizontal centrifugal casting polymeric molding process, and the mold de-

sign, parameters of molding process, construction design of machine, selection of raw and auxiliary materials and manufacturing parameters of MCPA rotating band are studied. The developed MCPA rotating band is completely up to technical requirements of certain shot-gun, without breakage, flaw, dent, white moulage and so on.

KEYWORDS MCPA, centrifugal casting, static casting, polymeric molding, rotating band

世界最大乙烯生产联合体在伊朗投产

据报道,世界最大的乙烯生产联合体 Jam 石油化工联合体日前在伊朗南部的港口城市阿萨卢耶市投产。这个石油化工联合体将年产 132.1 万 t 广泛用于工业和医药的乙烯。

伊朗 Jam 石油化工联合体的乙烯年产量在今后的几年里将提高到 420 万 t。阿萨卢耶港所在的位置恰好是伊朗特大型气田南帕尔斯气田的所在地。南帕尔斯气田的第 6、第 7 和第 8 阶段开发项目已在 2008 年 10 月份投产,这 3 个阶段开发项目具有日出口 15.8 万桶凝析油和 4450 t 液化石油气的 ability。

(工程塑料网)

中科院长春应化所二氧化碳共聚物

研发创三项世界第一

中科院长春应化所近日宣布,该所承担的二氧化碳共聚物及其产品产业化项目通过专家鉴定。经过 4 年的艰辛开拓,该项目取得了 3 项世界第一:在国际上首次解决了二氧化碳共聚物的冷流难题;率先开发出具有生物降解性能的高阻隔薄膜材料;获得全球首个二氧化碳共聚物医用可降解材料生产许可证。

二氧化碳共聚物自问世以来,因其能高效利用二氧化碳并解决塑料的“白色污染”问题而备受关注。但其合成过程中始终存在的催化剂效率低、聚合物加工性差、成本高等难题成为二氧化碳共聚物及其产业化的瓶颈,也是各国竞争的焦点。

长春应化所于 2004 年初就已成功开发出可工业化应用的稀土三元催化剂,并在蒙西建成世界首条千吨级二氧化碳共聚物生产线,确立了我国在该领域的国际领导地位。

为加速推进二氧化碳共聚物产业化,开发出具有实用价值的二氧化碳共聚物产品,2004 年 10 月,长春应化所承担并实施了吉林省科技发展计划重大项目——二氧化碳共聚物及其产品产业化推进项目。该项目历时 4 年,取得了一系列在国际上居于领先水平的创新性成果。

项目组开发的多元共聚新型稀土催化剂和强化交联的新技术,解决了二氧化碳共聚物在 30℃ 以上便存在严重冷流现象这一国际上一直未解决的难题,有效提升了二氧化碳共聚物的催化剂效率。

科研人员引入外部结晶控制聚合物聚集态的方法,突破了二氧化碳共聚物连续吹制成膜的技术难题,在国际上率先开发出具有生物降解性能的高阻隔薄膜材料。他们还与吉林金源北方科技发展有限公司联手,开发出二氧化碳共聚物医用敷料,并获得了世界上第一个二氧化碳共聚物医用一次性可降解材料生产许可证。目前,该公司已投入 3000 万元建立了医用敷料生产线。此外,项目组还同中国海洋石油

总公司合作,成功建成年产 3000 t 二氧化碳共聚物生产线。

目前长春应化所与其他单位共同承担的国家“十一五”科技支撑计划项目——全生物降解塑料产业化关键技术的研发也已启动,该项目将在国内建成多条万吨级二氧化碳共聚物生产线,开发低成本、高性能的系列二氧化碳共聚物产品。

(工程塑料网)

格诺斯将在 Chinaplas 首次展示新型挤出机 MRS

格诺斯公司将于 2009 年 5 月 18 ~21 日举行的中国国际橡塑展(Chinaplas)上,展示其最新的研究成果——一种新型的挤出机 MRS,可用于打包带材料、纤维和片材生产领域。拥有专利权的 MRS 挤出机是基于一种行星螺杆技术的系统,这种系统是由一种周围分布小螺杆的大单螺杆组成。具备出色的排气和脱挥性能。

(中聚网)

美经济计划刺激化学品需求

在美国总统奥巴马 2 月 17 日签署了耗资 7870 亿美元的一揽子经济刺激计划,2 月 18 日公布最高耗资达 2750 亿美元的一整套住房救援计划后,美国化工行业,特别是塑料行业的官员纷纷拍手称快。

美国化学理事会(ACC)表示,让人高兴的是刺激方案中包含了能源效率和可再生能源的投资,将推动对化工产品的需求。ACC 指出,未来 24 个月内对提高能源效率的投资,将有利于绝缘材料、密封胶、聚乙烯等合成树脂、电子电气用化学品等领域的生产商。ACC 还指出,化工行业也将受益于刺激方案中的可再生能源项目。因为不但风力发电的叶片需要多种化学品,太阳能电池板、锂离子电池和光电技术产品的生产过程和终端产品零部件中也都会用到化工产品。

美国建筑业官员说,经济复苏计划有助于推动新基础设施项目的实施,如公路、桥梁、机场及海港等。另外,还包括学校和水处理厂等的维修和改善,所有这些都将刺激对合成树脂等化学品的需求。

美国塑料工业协会(SPI)对刺激方案中的减税规定备感兴奋。SPI 首席执行官威廉·卡特奥克斯表示,该计划旨在加强消费,并增大了预算中折旧的空间,这使 SPI 的会员可以更快地对采购任务进行调整。该计划还扩大了经营净损失移前抵减的范围,就是说企业可以将某年的部分亏损计入上一年帐上,来抵扣前一年度所付税金的范围扩大了。这一税收补偿措施将增加规模较小公司短期内的资金流动性。威廉·卡特奥克斯指出,还有一个很重要的信息,就是该计划支持的建筑、汽车等行业都是塑料行业的主要消费对象。此外,还有大约 1350 亿美元的支出将用于基础设施和商业项目,促使美国建筑业复苏。而建筑业正是化工和塑料行业的一个关键下游市场。

(中化新网)