

聚四氟乙烯透波罩软模成型工艺及材料性能研究

姜卫陵 郦江涛 赵云峰 罗萍 李德利

(航天材料及工艺研究所 北京 100076)

文 摘 对聚四氟乙烯电性能、耐老化性能和烧蚀性能进行了研究,结果表明聚四氟乙烯适用于制备战术导弹雷达天线罩。研制的软模成型法采用橡胶类材料作为传压介质,使聚四氟乙烯模压制品具有液体等压成型的效果,成型制品质地均匀,尺寸稳定性好,可避免出现微裂纹和微变形,成型方法有效地提高了成型产品的质量和合格率,且不需要液体等压成型所需的高压设备和液体传压介质,具有简便、快捷、高效的特点。

关键词 聚四氟乙烯,软模成型,等压成型,模压成型

Investigation on PTFE Wave-transmission Cover and Its Soft-die Processing

Jiang Weiling Li Jiangtao Zhao Yunfeng Luo Ping Li Deli

(Aerospace Research Institute of Material and Processing Technology Beijing 100076)

Abstract The electric, ageing-resistant and ablative properties of PTFE were investigated. Experimental results show that PTFE is an applicable material to radar radomes of tactical missiles. Soft-die process was employed, using rubber-like material as pressure transmission medium, which resulted in almost the same effect as liquid isostatic process did. The products made by soft-die process had even quality, stable dimensions, little micro cracks and deformation. Therefore, the quality and qualification rate of the products were improved greatly. Moreover, the soft-die process can avoid high pressure equipment and liquid pressure transmission medium which are necessary to liquid isostatic process, which makes it simple, quick and efficient.

Key words PTFE, Soft-die processing, Isostatic processing, Molding processing

1 前言

针对拦截导弹可能采用毫米波主动雷达寻的的制导方式,突防技术要求在弹头上采用雷达吸波材料。为了防止弹头再入过程中雷达吸波材料由于气动加热失效,需要在端头外层设置具有良好透波性、一定耐热性且烧蚀后不碳化的防护罩。与无机材料相比,聚四氟乙烯的电性能异常稳定,几乎不随频率、温度和湿度的变化而变化,具有优异的耐候性,在任何气候条件下暴露十年,不改变原来的优良性能^[1]。在大于温度 400 时,聚四氟乙烯会产生较

明显的分解,但主要以分子主链断裂进行,不产生碳化层,对透波性几乎不产生影响。对战术导弹来说,聚四氟乙烯是理想的透波罩材料。

在聚四氟乙烯透波罩的模压成型中,遇到的主要问题是由于装料不均匀导致成型压力不均匀,局部压力过于集中,进而导致产生微裂纹,致使产品合格率低,不能满足生产的要求。提高产品质量和成品率,探索新的成型工艺成为聚四氟乙烯材料透波罩研究的技术关键。

2 软模成型工艺

收稿日期:2001-10-25

姜卫陵,1957年出生,高级工程师,主要从事氟塑料制品及其成型工艺的研究工作

2.1 问题的提出

聚四氟乙烯大分子 C—C 主链外层由半径较大的氟原子构成螺旋圆柱外壳,这层外壳极具惰性。C—F 键键能较高(约为 460 kJ/mol),加之氟原子之间的排斥作用使分子呈现较高的刚性,即使在熔融状态下,也不能流动,不能用一般热塑性塑料的加工方法进行成型,而要用“粉末冶金”式的冷压和烧结相结合的方法。通用的模压成型法是将聚四氟乙烯模压粉倒入金属模腔,进行压制,压制过程中压力分布均匀与否靠装料的均匀性来保证。由于这种方法不能自动调节模腔中制品各处压力的分布和大小,极易造成制品内应力,产生微裂纹、微变形和尺寸不稳定,这是聚四氟乙烯制品成型过程中难以克服的技术难点。对于厚度不一致的薄壁壳状制品,均匀装料的难度极大,难以克服微裂纹的产生,存在质量不稳定、效率低和成品率低的问题。透波罩位于端头外侧,直接暴露于气流中,任何缺陷均可能导致内部吸波材料由于温度升高而失效,因此为了克服缺陷的产生,研制新的成型方法十分迫切和必要。为了解决聚四氟乙烯模压制品微裂纹问题,国内外通常采用液压成型法,即可分为内液压法、外液压法和混合法三种^[2,3]。内液压法是用高压泵将液体注入一个密封性能很好的密封袋中,利用密封袋和金属阴模构成的高压室对其中的聚四氟乙烯粉料进行压制。外液压法是将密封性能很好的密封袋包住聚四氟乙烯粉和金属阳模,然后投入液压釜中,在液压釜中注入高压液体,密封袋和阳模构成高压室对其中的聚四氟乙烯粉料进行压制。混合法是制品内、外表面均用密封袋封好后,在密封袋外注入高压液体,适合于成型形状复杂的制品。液压法成型的聚四氟乙烯制品受压均匀、尺寸稳定、质量好,但需要高压釜或高压泵、高压密封袋和传压介质,容易出现密封袋泄漏污染制品,成型难点转化到并不容易克服的高压密封袋制备的问题上,而且生产设备和工艺复杂,一般条件难以实现^[4]。聚四氟乙烯软模成型法的提出解决了制品压制过程中压力传递和分布问题,很好地解决了制品微裂纹、微变形和尺寸不稳定的问题,大大地提高了聚四氟乙烯制品的模压质量和合格率,具有很大的工程应用价值。

聚四氟乙烯软模成型法属于等压模压成型法。在金属模具与聚四氟乙烯粉之间用具有一定“流动性”的软模来调整和传递成型压力。软模的“流动性”实际上是软模在压力作用下的变形作用,能够很好地弥补聚四氟乙烯异形件装料过程中难以避免的不均匀,使通过软模传递到聚四氟乙烯制件上的压力与所压制件各个微表面都近似垂直(即法向施压)且基本相等。

软模成型工艺不需要增加任何新设备,通过选择软模材料、计算软模尺寸、设计和加工软模成型模具、设计和加工制品成型模具和装料模具、计算成型工艺参数并经过实验修正,就可以解决成型时制件形状复杂,厚度不均匀性造成的一系列质量问题。

2.2 软模材料选择及成型

软模在制品冷压和热定型时使用,需要软模具有一定变形能力、厚度和耐热性,以便在冷压中可“流动”,在热定型时能承受短时 300℃ 以上温度。经试验,橡胶是做软模的理想材料^[5]。

2.3 外压成型法模具设计

与普通密封圈成型相比,软模模具腔体较深,成型过程中容易发生因排气困难造成的气泡缺陷。软模成型模具的配合间隙要合适,即要能够顺利排出多余的胶料,也不能因配合间隙过大、流胶过多致使成型压力降低,排气不够。软模成型模具型腔的粗糙度关系到软模的表面质量,良好的软模表面质量有利于聚四氟乙烯粉料在成型过程中流动。软模成型时,成型腔应避免油类物质污染。

软模成型时根据软模接触制品的位置分为外压成型法和内压成型法。压制时软模与制品外表面接触为软模外压成型法。这种方法成型的制品内表面由于与金属模具接触而光滑、规范,若精确计算制品收缩率和阳模尺寸,内表面可不进行机加工;与软模接触的外表面则较粗糙,需要进行机加工。外压成型法可以使软模成型模具的阴模与制品成型模具阴模共用。反之,软模内压成型法适合于外表面不加工的制品。

2.3 外压成型法模具设计

进行模具设计的第一步是根据产品尺寸和聚四氟乙烯制品的收缩率(与成型工艺参数有关)确定产品毛坯的尺寸,根据产品毛坯尺寸确定软模尺寸,软模和产品毛坯尺寸之和是成型模具模腔尺寸。

经过对软模材料的选择和软模尺寸的设计以及利用软模的多次成型工艺实验解决了氟塑料头罩成型压力不均匀所造成的裂纹问题。软模成型法将聚

四氟乙烯的成型难度转化为精确设计模具(包括软模)。只要模具设计合理,操作人员略加培训,即可大大提高制品质量和生产效率。减少了以操作技巧保障制品质量的成分,制品合格率得到大幅度提高。聚四氟乙烯制品的软模成型技术是氟塑料成型工艺领域一个重要创新。

3 材料特性和实验

在对聚四氟乙烯材料软模成型工艺研究的同时,还对产品的使用性能进行了研究。主要包括:透波罩使用的电性能、耐老化性能和烧蚀性能。表1是聚四氟乙烯物理力学性能的实测值。

表1 聚四氟乙烯材料物理力学性能的实测值

Tab.1 Physical and mechanical properties of PTFE

拉伸强度	断裂伸长率	压缩强度	密度	热导率	比热容(100)	平均线膨胀系数	介电常数	损耗角正切	热辐射系数
/MPa	/%	/MPa	/g·cm ⁻³	/W(m·K) ⁻¹	/J(g·K) ⁻¹	(100)/10 ⁻⁶ K ⁻¹			
29.4	301	19.1	2.17	0.258	1.06	131	2.05	<10 ⁻³	0.83

3.1 耐老化性能

根据透波罩的使用要求设计了加速老化试验。本次老化试验的测试项目为介电常数、密度、拉伸强度和断裂伸长率。试验条件为160℃、相对湿度75%,实验结果见图1~图3。结果表明,聚四氟乙烯在湿热老化过程中,介电常数、密度、拉伸强度和断裂伸长率均无明显变化,显示出聚四氟乙烯优异的耐老化性能。

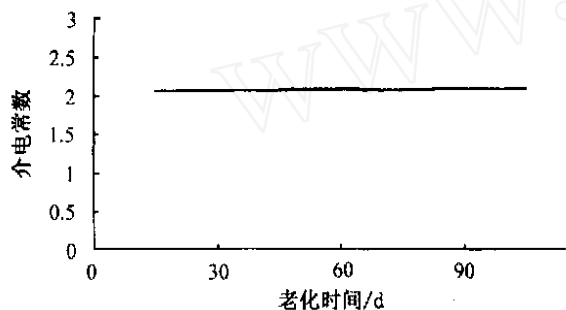


图1 聚四氟乙烯介电常数随加速老化时间变化的关系

Fig.1 Dielectric constant of PTFE varied with ageing time

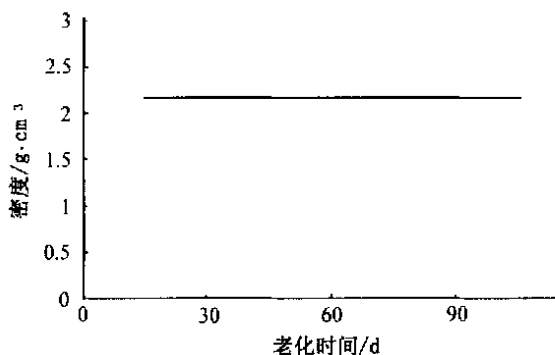


图2 聚四氟乙烯密度随加速老化时间的变化

Fig.2 Density of PTFE varied with ageing time

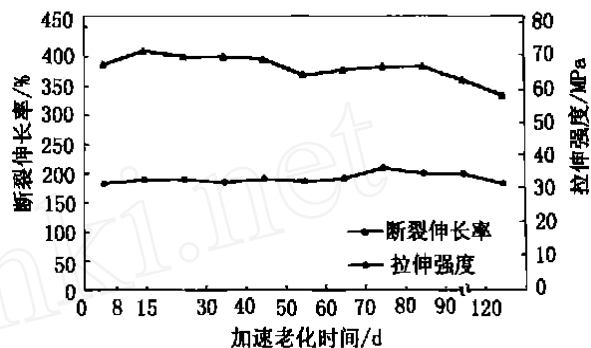


图3 聚四氟乙烯力学性能随加速老化时间的变化

Fig.3 Mechanical properties of PTFE varied with ageing time

3.2 电性能

在进行电性能研究时,观察材料在不同频率下介电常数的变化情况(见图4)。

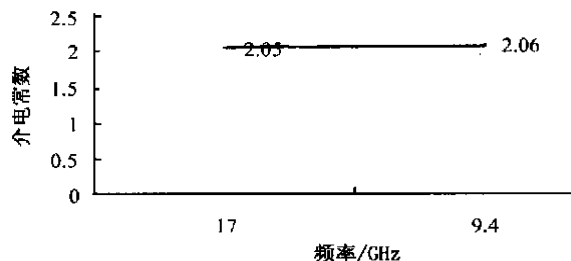


图4 聚四氟乙烯介电常数随频率变化关系

Fig.4 Dielectric constant of PTFE varied with frequency

结果表明,聚四氟乙烯介电常数与频率无关,且不随湿热老化时间而变化。

动态下聚四氟乙烯材料的电性能是通过弹道的定值模拟,测定聚四氟乙烯透波罩在烧蚀前后的透波率来表述的,结果表明透波罩烧蚀试验前后的透波率几乎不发生变化,均大于90%,满足使用要

求。

3.3 烧蚀性能

聚四氟乙烯的线烧蚀速率为 0.45 mm/s。对透波罩在主动段和再入段烧蚀量计算结果表明,通过对聚四氟乙烯透波罩厚度进行设计,透波罩的烧蚀性能能够满足设计要求。

4 结论

(1) 聚四氟乙烯材料电性能优异且稳定,介电常数几乎不随老化和频率的变化而变化。

(2) 通过对聚四氟乙烯透波罩厚度进行设计,其烧蚀性能可以满足透波罩的使用要求。

(3) 聚四氟乙烯软模成型工艺先进新颖,成型的制品质量好、合格率高,特别适合于批量生产需要,

该成型工艺具有良好的工程应用和推广价值。

参考文献

- 1 缪京媛等. 氟塑料加工. 上海塑料研究所, 1988:44~92
- 2 董尚惠. 氟塑料制品的加工方法(一). 含氟材料, 1988;(1):35
- 3 董尚惠. 氟塑料制品的加工方法(二). 含氟材料, 1988;(2):25
- 4 陈国华, 蒋光寅等. 聚四氟乙烯大型棒材成型工艺探讨. 含氟材料, 1987;(2):30
- 5 Lyssy G H. Method of manufacturing thin-walled hollow articles of polytetrafluorethylene, apparatus for performing the method and articles manufactured by the method, USP 3 897 532, 1975:1

(编辑 李洪泉)

高效铲齿成型铣刀

本成果研制的新型高效铲齿成型铣刀与传统结构的成型铣刀不同,具有螺旋齿和飞前角。能逐渐切入和逐渐切离工件,切削平稳、噪声低、效率大幅度提高,切削力成倍下降。

本成果已获专利。无论在成型铲齿刀具设计和制造的理论或在生产技术实践方面都有重大创新。生产考核证明,理论分析正确,铲齿成型铣刀工作性能好,制造成本低,经济效益高,理论分析和成套工艺新颖,突破了传统工艺方案。该成果国内首创并达到国际先进水平。

用一把单刀代替多把成型铲刀进行铲齿,将原成型法铲削变成包络法铲削,其铲削精度及粗糙度靠循环次数及进给量控制。既可提高精度,降低粗糙度,又可大大降低铲刀制造成本。为保证铲齿精度,建立了一套修正计算公式,用以修正圆弧半径及斜角,按修正数据编程则可铲出满意精度的铣刀。为保证刃磨和重磨精度,设计了模拟刀体导向,规定了砂轮锥角公式,以保证不干涉前角。切削平稳,效率高,耐磨度高,经济效益可观。

电力电气用铜铝接头挤压铸焊

本成果挤压铸焊工艺研制了嵌焊钢环式接线端子及嵌焊铜板条式并沟线夹。前者的铜件是带外环沟槽和螺栓孔的环;后者的铜件是带半圆沟槽的梯形板条。铜件焊接面经特殊处理后,置于金属铸造模中,浇入铝熔液并立即进行挤压,铝液冷凝后铜件便牢固地镶嵌焊合在铝件中而成铜铝双金属件。两者均获实用新型技术专利。结构新颖、合理,制造工艺独特,其优点是改善了力学性能,满足了电气性能要求;节省铜材 50%;降低成本约 40%。该成果国内首创,经济效益大,应用前景好。

铜铝设备线夹及铜铝并沟线夹是品种规格多、用量很大的电力电气用标准件。采用挤压铸焊工艺制造的嵌焊铜环式设备线夹及嵌焊铜板条式并沟线夹,电气及力学性能优越,用铜量少,制造成本低,有较强的竞争力和很大的市场。本工艺还可用来制造电力电气用铜铝过渡管和铜铝过渡板等。

· 李连清 ·

— 49 —