

# 隐形飞机和导弹用吸波涂层

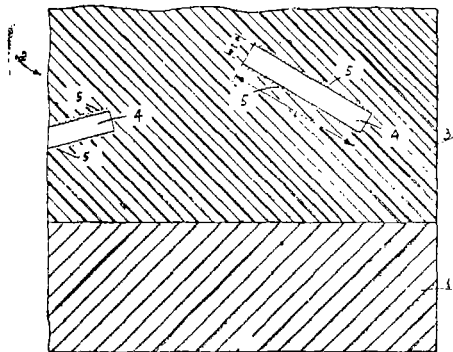
杨 大 灼

隐形技术是一种综合的高技术,它包括飞机和导弹的外形、动力装置、材料、涂层和燃料等方面都具有隐形特性,以达到不被敌方的雷达和红外探测器发现和捕获的目的。

本文仅介绍涂层技术之一——能防止被雷达探测导电表面的吸波涂层技术。

## 1. 涂层结构概述

为了防止在反射体(如导电表面)入射高的无线电微波技术之一,是在被防护表面增加一层高损耗介电材料,这种能吸收入射无线电微波辐射涂层的截面结构如下图所示。导电表



面1复上一复合层2,该层由分散在不导电的粘结体3的导电纤维4(以前用导电薄片)所组成。这种导电纤维最好是铝,亦可以采用其他导体,如铜、铁、钢、钛、坡莫合金或石墨。纤维应切成 $\lambda/2$ 长,即探测雷达工作时,雷达频率波长的一半。该雷达波长可按下式计算:

$$\lambda f = C$$

式中 $f$ 为雷达频率; $C$ 为光速。

典型的雷达波长为5厘米。每根纤维的典型直径 $t$ 为10微米。预先将纤维4切成所要求的长度,并沿着纤维长表面薄薄浸涂一层高介电、低损耗材料,如未加填料的纯环氧树脂或清漆5。然后,将纤维4不规则分散在含有陶瓷、白土或石墨填料的树脂材料牢固基体3中。材料3具有高损耗正切并能够吸收大量的电磁

能。为了使复合层的设计产生谐振作用,涂在表面1的涂层2的总厚度最好为入射辐射 $1/4$ 波长的一倍多。

复合涂层2的施工方法可采用喷涂、辊涂或刷涂工艺,将所需要的涂层施加到表面1上。迅速干燥或固化,或者利用粘结一层预先模制的薄片于导电表面1上的方法均可。

## 2. 涂层结构的工作原理

由于分散在具有高介电损耗树脂中的每根导电纤维,除了端头裸露外,沿着它的长表面都用高介电涂层全部绝缘。无论何时,只要具有纤维长度二倍波长的雷达信号碰到该涂层时,它将引起粘结体3中的纤维4产生谐振,并在该种频率中起调谐偶极子的作用,在偶极子纤维4中的感应电流将通过粘结体3,从纤维的一端到纤维的另一端而形成电路。沿着纤维4表面绝缘,除了纤维4的另一端外,可避免任何地方的电流终断,从而可以保证纤维在所需频率的谐振而不“短路”。流经粘结体3的电流由于粘结体预先已充填有可能引起最高电磁损耗的材料将被它所吸收。在此情况下,雷达波在导电纤维中所感应的雷达信号将在有损耗的基体材料3中被消耗。因此,不能达到金属结构表面1和被反射回敌方雷达。

## 3. 涂层结构特点

因为涂层中每根金属纤维都是一个调谐偶极子和良导体,确保了这种涂层结构对雷达波具有高的吸收效率;由于每根纤维均涂有绝缘涂层,任意分散的金属纤维可以互相接触而不“短路”,效率无损失。从而克服了以前用导电薄片所遇到的严重困难。如沿着薄片整个长方向不产生谐振,而要产生“短路”,电流从薄片一端流动并在其中部某些地方终断,势必引起导电表面对雷达探测信号产生一些反射的缺点;制做这种纤维比加工薄片容易,成本更低。此涂层施工方便,维护简单。

#### 4. 涂层应用范围

由于涂层由高损耗介电材料,如环氧树脂和分散在其中的长度为雷达工作频率 $\lambda/2$ 波长,表面用无填料环氧树脂或清漆绝缘,两端裸露的导电纤维,如铝纤维组成。涂层总厚度大于 $1/4$ 入射波长。当雷达波遇到涂层时,纤维在雷

达工作频率中能产生谐振,使电磁能大量消耗在有损耗的介电基体材料中,不能达到金属表面和反回到敌方雷达。从而防止导电表面被雷达探测到。因此,这种涂层适合用做飞机、导弹或其他反射表面的吸收雷达波涂层。

\* \* \* \* \*

#### 低比重高刚度的Al-Li合金

铝合金是典型的轻结构材料,但是含Li的铝合金比重更小,由于它可用来制作刚度要求高的飞机构件,正受到人们的重视。

在铝合金中添加1%重量Li可使合金的比重降低3%,弹性模量约提高6%,比强度约增加9%。另外, Li在Al中的固溶度大,所以具有时效硬化作用。单相区淬火时效时其析出过程是:固溶体SS $\rightarrow$ 中间相 $\delta'$  ( $Al_3Li$ ) $\rightarrow$ 平衡相 $\delta$  ( $AlLi$ )。由于析出了与母相完全匹配的球状 $\delta'$ ,从而提高了合金的强度。

Al-Li合金制造方法:1.铸锭法;2.用快速凝固法制粉后再进行压力加工的粉末冶金法;3.用高能球磨机进行机械合金化法。

现在欧美的设备能力可制出4.5吨铸锭,预计在1988年可大量生产近9吨重的铸锭。

下表为铸锭法Al-Li合金的研究目标和材料特性,表中各合金都加入2~3%重量Li。

Al-Li合金的使用可望使飞机的重量减轻8~15%,是一种能与碳纤维增强塑料等先进材料相媲美的极有魅力的材料。研究的目的是用作下一代飞机如Boeing7J7、A320等的材料。

典型的Al-Li合金的材料特性

合 金	研 究 目 标	拉伸强度 MPa	屈服强度 MPa	延伸率 %	比重 g/cm <sup>3</sup>	弹性模量 MPa
X8090A	性能相当于2024-T3 但比重减少8%	448.2	393.2	9	2.55	78551
2090	性能相当于7075-T6 但比重减少8%	593.3	558.0	9	2.59	78551
X8192	性能相当于6061-T6 但比重减少9%	441.3	314.8	5	2.52	82081
X8092	性能相当于7075-T73 但比重减少9%	527.6	468.8	7	2.55	79924
2024-T351	原有合金	485.4	345.2	18	2.77	73157
7075-T6	原有合金	571.7	503.1	11	2.89	71784

(刘晓云摘译自《金属》,昭和61年10月)

#### 耐高温循环的泡沫陶瓷

三维网状陶瓷结构的泡沫陶瓷,含有连在一起的陶瓷玻璃纤维原丝,由70~95%(重量) $Al_2O_3$ 和5~30%(重量) $ZrO_2$ 组成,在玻璃纤维原丝中间有互连

的孔洞。

用途和优点:此种泡沫陶瓷可作为过滤器,用于铸造过程中的熔融金属及合金的过滤,还可用作加热装置。它在1300°C或更高些的温度具有优异的耐热循环性能。  
(少卿摘译)