

国外结构隐身材料研究 与应用的新进展

北京材料工艺研究所 赵云峰

隐身技术是当代军事科学的重要成就之一。本文着重介绍了国外近几年在结构隐身材料方面的研究及应用状况,指出先进复合材料的应用技术是结构隐身材料研制的关键,并就其可能的技术途径进行了分析和推测。

Recent Development in the Research and Application of Structural Radar-absorbent Material

Zhao Yunfeng

(The Beijing Research Institute of Materials and Technology)

The stealth technology is one of the most important achievements in modern military science. This paper has introduced the recent progress in the research and application of the structural radar-absorbent material (RAM) abroad. It has been pointed out that the application technique of the advanced composite material is the key to the development and manufacture of structural RAM. And the possible technological ways to solve the problems are also suggested.

隐身技术是当今世界重点发展的军事技术之一,目前隐身技术的关键问题已取得突破,美国在这一领域中处于领先地位。1988年11月22日,美国空军首次公开展示了多年来一直鲜为人知的B-2隐身轰炸机。隐身飞行器的出现无疑将对未来战争产生极为深远的影响。飞行器隐身技术是一门多学科、综合性的系统工程,其中隐身材料是它的一个重要组成部分,只有将外形隐身技术与隐身材料的应用有机地结合起来,才能获得更大的隐身效果。结构隐身材料是指既具有隐身性能又可作为结构部件使用的材料,实际上是一种具有隐身性能的先进复合材料。该材料在美国B-2隐身轰炸机上得到大量应用,是当代隐身材料研究的方向。

早在60年代初,美国科学家通过研究发现,厚2.5cm,中间填充碳黑/银粉吸收剂的玻璃钢蒙皮蜂窝夹层结构在2.5~13GHz频率范围内,对电磁波的吸收率可达95%。但这样的结构不具有作为承力构件的结构强度和刚度,也经受不了超音速飞行的环境。美国Lockheed公司1961年进行第一次飞行的A12/SR-71飞机的背鳍、翼尖、后缘都采用了非金属材料蜂窝夹层结构,虽经受过3马赫的飞行速度和315°C的表面温度,但这种材料也不能作为主承力构件使用⁽¹⁾。雷达波吸收材料在A12/SR-71等机

种上的成功应用引起了人们的重视,在后来的许多飞机及导弹型号中都采用了这种材料。其中一种实用的雷达波吸收材料由透波的Kevlar蒙皮和浸渍碳的泡沫芯或蜂窝组成;另一种则为多层结构,每一层针对一个频率。另外,非金属材料 and 粘接技术的应用,减少或消除了飞行器表面反散雷达波的金属零件,这无疑也是使其隐身性能提高的一个重要因素。

碳纤维的出现才真正提供了可代替金属作为主承力构件的结构材料。碳的电阻适中,是很好的吸收雷达波材料。碳纤维复合材料及后来的Kevlar纤维、碳纤维增强复合材料及其混杂复合材料,高性能热塑性复合材料等的出现和应用有力地促进了隐身技术的发展。许多国家都在积极开展隐身飞行器的研制工作。在美国,除前不久已公开展示的B-2隐身轰炸机外,正在研制或计划研制的隐身飞行器还有F-19A、F-25、ATA、ATF先进战斗机,先进巡航导弹ACM等。西欧联合研制的EFA先进战斗机、日本的ASM-1空舰导弹也采用隐身材料,苏联也正在加紧研制新型的隐身战斗机及隐身导弹。在涉及到先进隐身飞行器的报道中,几乎都无一例外地指出,这些隐身飞行器都大量采用了或准备采用以碳纤维复合材料为代表的先进复合材料⁽²⁻⁸⁾。

报道指出⁽⁹⁾,前不久公开展示的美国B-2隐身

轰炸机是 40 年代 James Nothrop 提出的飞翼隐身结构设想和最新材料科学技术的结晶。B-2 上非金属复合材料占飞机重量一半以上, 机身表面的大部分由吸波的碳纤维蜂窝夹层结构制成, 还采用了碳纤维、玻璃纤维和 Kevlar 纤维等的混杂复合材料。据报道, 为减小雷达散射截面, 飞翼的前后缘由一连串拇指大小的六角形小室构成, 每个六角形小室内填充有吸波材料, 材料的密度从外向内递增, 它们用多层吸波材料覆盖。入射的雷达信号先投射在翼的表面上, 然后被多层覆盖层部分地吸收。剩余的信号进入六角形小室内, 经过小室曲折返回使反射信号继续被吸收。采用这些技术措施几乎可消除来自飞翼前后缘的雷达波反射^[10]。

F-19A 上则大量采用了碳纤维复合材料和有吸波性能的碳纤维复合材料。碳纤维复合材料比强度高, F-19A 的主结构部件如机翼蒙皮、部分主梁、构架及加强纵梁等都由这些材料制成。F-19A 上使用的碳纤维复合材料雷达反射少, 吸热性能好, 所以不易被雷达或红外线探测出来。在发动机四周, 主翼前缘、垂直尾翼、鸭式翼及前部机身等的蒙皮都使用它。发动机短舱则采用蜂窝结构加强角锥板。有报道指出, F-19A 上使用的金属材料还不到其结构重量的 5%^[11]。

西欧联合研制的 90 年代主力战斗机 EFA 也将采用隐身技术, 大量采用碳纤维、Kevlar 纤维复合材料, 其机身结构的一半以上将由有机复合材料制造。据报道, EFA 准备采用的并非目前流行的碳、Kevlar 纤维增强的环氧复合材料, 这种材料在超音速飞行条件下会遭到破坏, 而是采用高温热固性聚酰亚胺及热塑性树脂基复合材料^[12, 13]。

有文献报道了美国先进技术战斗机 (ATF) 验证机选材的方案, 选用各种材料按重量分配的百分比如下^[14]:

热塑性复合材料	41.1
金属基复合材料	12.3
其他复合材料	6.6
钛合金	15.9
钢	6.7
先进铝合金	5.2
其他	12.2

从以上数字可以看出, 与现行的先进战斗机相比, AFT 的选材有重大的变化。选用有隐身能力的复合材料高达 50%, 而且用热塑性复合材料代替了现行的热固性环氧基复合材料。

热塑性复合材料在隐身技术上有重大意义。由玻璃纤维、石英纤维、Kevlar 纤维和超高强度的聚乙烯纤维增强的高性能热塑性复合材料具有优异的透波性能, 是制造雷达罩等的理想材料。另外, 由高性能热塑性树脂纤维和碳纤维等制成的混杂纱增强的热塑性复合材料在结构隐身材料中也具有很大的应用潜力。Philips 石油公司的报道曾指出^[15], 使用特殊碳纤维制成的碳纤维增强热塑性复合材料对吸收电磁波非常有效。在 0.1MHz 到 50GHz 频率范围内, 可使入射的电磁波大幅度衰减。

结构吸波材料在导弹上也已应用^[16], 如波音公司的 B-1 轰炸机用的近程攻击导弹 (SRAM) 的水平安定面采用结构吸波材料。经飞行试验证明, 它能缩小的有效散射面积比预计的还要好。1983 年日本防卫厅提出在 ASM-1 空舰导弹上使用吸波材料的计划, 拟将其稳定舵及弹翼改用不反射雷达波的复合材料。

此外, 有些文献也报道了有关结构吸波材料的一些新观点^[17]。如: (1) 在基质材料上构筑电阻材料的几何图形 (偶极矩阵、环形、方形), 最后将这种基质材料制成蜂窝结构。吸波的关键是印刷阵列的导纳, 它取决于几何图形及所用材料的电阻。将这种材料制成多层并掺入适量铁氧体, 能增加这种材料的吸收带宽。(2) 利用线性规划设计某种纹路的阻抗。即在导体表面的小圆柱形、半球形或方形凹槽中, 充填介电材料或铁氧体, 能使导体在正常入射波情况下, 与自由空间匹配, 达到吸波目的。(3) 在塑料基质中镶嵌环形天线吸波单元。

从以上国外应用研究现状的分析可以看出, 先进复合材料的应用是结构隐身材料研制的关键。综合国外应用情况及先进复合材料的特点, 推测美国可能在以下方面取得进展:

1. 找到了碳纤维与其它纤维正确有效的混杂组合方法, 使结构具有较高的力学性能和吸波性能。
2. 有效地应用了高性能热塑性复合材料。包括碳纤维或其它纤维的混杂纱增强的高性能热塑性复合材料。
3. 在电磁波吸收理论上有新的进展, 通过采用特殊的结构型式和图形, 吸收或偏转电磁波。
4. 对目前普遍应用的高强高模碳纤维, 实施有效的表面处理工艺或其它工艺技术, 使其具有吸波或透波性能。
5. 通过改变碳纤维制造工艺过程中的个别环节, 得到具有较高强度、模量, 且又能吸波的新型碳纤维。

6.解决了不同类型吸波材料及透波材料的综合应用问题。

美国很可能在上述某一方面或几个方面取得了突破,从而解决了先进复合材料在结构隐身材料中的应用技术难题。

参考文献

- (1) Martin Streetly, Intervia, 1988, 11, P.1191.
- (2) Marvin Leibston, Military Technology, 1986, 9, PP.219~224.
- (3) Kevin B. Wilshire, Military Technology, 1987, 6, PP.24~35.
- (4) Alan S. Brown, Aerospace America, April, 1987, PP.16~22.
- (5) William R. Sears, Aerospace America, July 1987, PP.16~19.
- (6) Benjamin F. Schemmer, Armed Forces Journal International, January 1988, PP.36~40.
- (7) Charles Rabb, Defense Electronics, July 1986, PP.66~72.
- (8) Bill Sweetman, Stealth Aircraft, Motorbooks International Publishers and Wholesalers Inc., 1986, PP.47~53
- (9) Christopher Joyce, New Scientist, 1988, 26, P.16.
- (10) Popular Science, July 1988.
- (11) 原田哲夫, 航空情报(日), 1986, 8, PP.64~67.
- (12) Defence Material, 1986, July / August, PP.106~111.
- (13) David Saw, NATO's Sixteen Nations, November 1987, PP.45~49.
- (14) 航空情报, No.693, 1987, 航空部科技情报所.
- (15) Bill Sweetman, International Defence Review, 1986, 11, P.1636.
- (16) 张常泉, 宇航材料工艺, 1987, No.3, PP.6~9.
- (17) 王稚, 隐身技术研究的现状与趋势, 1987.

(6) Benjamin F. Schemmer, Armed Forces Journal International, January 1988, PP.36~40.

第四届全国真空热处理 年会在黔召开

第四届全国真空热处理年会于8月1日在安顺召开。本年会是对我国真空热处理技术在航空航天科研项目及民用产品等方面最新成果的一次大检阅,同时也是同行们互相切磋真空热处理在设备和工艺技术方面所存在的问题,互相传递信息和经验。年会的宗旨是:“根据我国国情,坚持不懈地探讨真空热处理技术在深度和广度方面的问题,提高我国在工艺技术和设备研制上的技术水平,始终跟踪这一学科的前沿,力争能与国际水平同步发展”。

真空热处理是本世纪40年代兴起的一项新技术,我国是从70年代开始研究这一学科的。目前国外真空热处理发展极为迅速,已应用于航空、航天、汽车、工模具行业。在高度工业化国家中,真空热处理已占18%,预计到2000年将达到23%,使真空热处理取代空气炉和盐浴热处理。我国真空热处理虽然起步较晚,但是受到了人们的重视,目前我国真空热处理技术在航空航天行业已进入中试阶段,汽车、轴承、工模具行业已得到应用。

本届年会共接待了100余家单位的代表,共收到论文67篇。经评委会评选出13篇优秀论文,并由中国机械工程学会热处理专业学会颁发《优秀论文证书》。这次年会,是我国真空热处理专业的盛会,

它必将进一步推动我国真空热处理技术的发展。

(赵义善)

一种新型涂料

Rust-Oleum公司研制出一种新型高性能9100环氧树脂涂料。该涂料成本低,涂敷时节省时间,在展销会上曾多次推广。9100涂料不但有耐水和耐化学腐蚀作用,而且具有优良的耐磨性能。

该涂料适用于手工涂敷,可涂于锈蚀的工具表面上(涂敷前要求用钢丝刷除去表面上的污垢和浮锈)。

9100涂料也是一种高层建筑用涂料,一次涂敷干燥后涂层厚度可达125~200 μm 。这意味着,涂敷一次就可获得足够的保护层。

高性能9100环氧树脂涂料,原本为在钢铁上使用而研制,但它用在石造建筑和混凝土之类的底基上(用于水泥楼板上,具有良好的耐磨性能),也是很理想的。

9100涂料有七种可用颜色,其中包括红色和黄色等基色。

Rust-Oleum公司将高性能的9100环氧树脂涂料称作“省力”型系列涂料;专门开发该产品的目的,就是为了使用户在涂敷、维护期间省时、省力。

(赵文龙摘自《ANTI-CORROSION》Vol.35, No.4 P.18)