



图1 兰开斯特二战轰炸机

### 考虑复飞的原因

兰开斯特是二战期间英国的功勋重型轰炸机，由四台 1460 马力劳斯莱斯梅林发动机提供动力，是前阿夫罗曼彻斯特飞机的重新设计（图 1）。兰开斯特于 1941 年 1 月首飞，并于 1942 年初投入生产。战争期间生产的近 7,400 架兰开斯特战机全部用于夜间战略轰炸。对于这些任务，飞机宽敞的炸弹舱通常会携带混合类型的强威力炸弹。大多数兰开斯特都配备了各种机枪炮塔。战后，幸存的兰开斯特号担任过不同的非战斗角色，包括巡逻、照相侦察、航空测绘、空中加油的空中加油机，甚至作为远程跨大西洋客运和邮政运输的客机，直到 1960 年左右退休。今天，大约有 17 架飞机留在历史静态展示中，大部分在加拿大。至少有两架兰开斯特飞机恢复了适航性，并计划保持其适航性。

### 复飞的挑战

由于缺乏备件和/或有效的维修工艺，这类飞机和任何其他历史飞机的适航性恢复都是极具挑战性的。腐蚀通常影响部件的美观和功能，而大多数部件由不能经受高温维修工艺的材料制成。后炮塔安装环就是一类部件（图2）。近80年的腐蚀产生了影响美观和组件完整性的贯穿孔。在不影响零件完整性的前提下，这些穿孔很难用传统的维修工艺进行修复。



图2a 飞机尾机枪部炮塔



图2b与c 被重度腐蚀已穿孔的炮塔安装环



### 技术路线

冷喷涂是一种固态金属固结工艺，它使用高速气体射流将金属和其他粉末颗粒喷至基材，其中颗粒在撞击时发生塑性变形和固结。术语“冷喷涂”是指工艺中涉及的温度相对较低，通常远低于喷涂材料和基材的熔点。SST冷喷涂设备可采用空气作为工作气体，沉积时温度足够低，不会对基材材料产生热影响。在对该区域进行低温尺寸恢复后，可以使用标准加工方法将涂层材料有效地加工回公差内。SST冷喷涂技术提供了采用手持喷枪和自动喷枪喷涂各种金属成形的能力（图3）。

图3 SST-PX便携式冷喷涂系统

### 解决方案

采用冷喷涂技术对炮塔安装环进行了修复。首先，对零件的表面进行了清洁和喷砂处理。然后使用 SST-PX冷喷涂系统手动填充所有破损区域，包括通孔，使用喷涂参数如表1所示。

为了成功填充腐蚀穿孔，并得到足够高的涂层结合力，操作员采用分步喷涂的策略，现在孔洞的边缘缓慢堆积，稍微打磨后再进行下一步堆积。涂层逐渐桥接以关闭孔洞。重复这些步骤，得到了结合力足够的涂层，确保后续加工的成品质量（图4）

### 客户收益

由于金属粉末对基材和已形成涂层的结合是在固态下实现的，冷喷涂工艺具有独特的性能，可形成结合强度高、孔隙率低、无氧化物的涂层产品。其特性使冷喷涂技术特别适合于沉积对工艺温度敏感的材料。



图4 冷喷涂和打磨后的炮塔部件

表 1 喷涂参数

机器: SST-PX / 手持式喷枪 / 2.0毫米喉径 / UltiLife™ 喷管
喷涂粉末: SST-A0050 (铝-氧化铝)
基体: 钢
气体: 氮气
表面准备: 80粒度喷砂
气体温度: 400 °C
气压: 180 psi (13 bar)

更多信息，请联系我们：

<https://www.supersonicspray.com/contact-us/contact-us>

### Practical cold spray coatings.

#### HEAD OFFICE:

CenterLine (Windsor) Ltd.  
415 Morton Drive  
Windsor, Ontario, Canada  
N9J 3T8

Head Office  
Sales  
Service

#### TELEPHONE TOLL-FREE

519-734-8464 800-820-6977  
519-734-6560 800-771-6172  
519-734-0080 800-268-8184

#### EMAIL

info@cntrline.com  
sales@cntrline.com  
service@cntrline.com

Visit our website to obtain detailed contact information for each of CenterLine's operations.

[www.cntrline.com](http://www.cntrline.com)



© 2020 CenterLine Holdings Inc. All Rights Reserved.

SST-CS-010-PR-1.0-092020