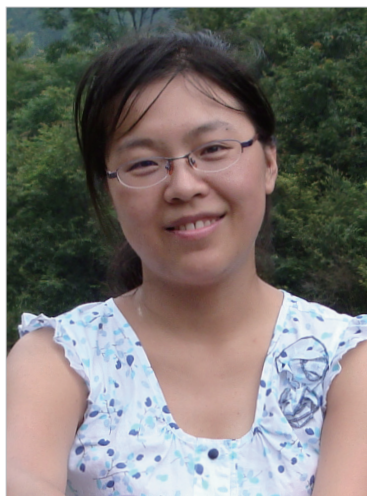


# 精益生产在直升机复合材料制造中的应用

## Application of Lean Manufacturing in Helicopter Composites Fabrication

中航工业昌河飞机工业(集团)有限责任公司 许 漂 汪心文 陈正生



许 漂

中航工业昌河飞机工业(集团)有限责任公司工程技术部工程师,现从事复合材料成型工艺研究与制造工作。

直升机复合材料制造业的发展,要求在专业技术进步的同时,辅之以科学的管理方法,才能满足产品生产效率和质量等各方面的要求。

统、实施科学的生产组织管理和条码管理手段,并应用数字化铺层设计和数控下料技术、激光铺层定位技术和优化组合固化工艺等制造手段,实现了复合材料产品的准时化、有序化和均衡生产,并有效地降低了生产成本,改善和提高了产品质量,使精益生产在直升机复合材料制造中得到了切切实现。

### 材料的精细管理

当前的复合材料制造工艺普遍采用干法—热压罐成型工艺,预浸料、胶膜等是生产过程中主要的原材料,但该类材料的储存和使用条件特殊,必须在低温环境下储存,且对储存期和外置时间规定均有严格规定。为保证材料的状态满足使用要求,必须及时掌握生产所用材料的信息,如:炉批号、卷号、牌号以及储存期、复验期、累计和剩余外置时间等。信息量庞杂,管理难度大,实际生产中经常遇到断料、过期的现象,延误生

产进度。

材料管理信息化系统的开发和应用,实现了复合材料用原材料的精细化、规范化管理。能够方便、迅速的掌握材料的库存和使用状态。材料的出、入库记录、库存量、外置时间等与生产相关的信息均能及时反映在该系统中,其应用解决了预浸料管理难的问题,能有效地减少和消除材料的浪费,为及时合理地安排复合材料零件生产发挥了重要作用,图1所示为材料数字化管理系统的操作界面。

### 生产组织管理

#### 1 工作流程及工序操作标准化

工作流程的标准化,是指根据每个零件的工艺特点,将制造工艺流程进行标准化划分,对每一类工艺相似的零件制定统一的操作工序。每个操作工序均由专门的班组负责完成。操作流程的规范化、标准化有助于缩短制造过程中的时间和人工浪费。

当前,国内企业正在向精益化生产模式转化,精益生产强调准时化生产、降低成本、减少浪费<sup>[1]</sup>,精益思想同样适用于直升机复合材料的制造。因直升机复合材料件尺寸小,品种多,且制造工艺特殊,生产能耗大,随着复合材料在直升机结构上的日益广泛应用,复合材料发展的重点也逐渐倾向于高效、规范化的管理和生产。

本文围绕复合材料构件的制造环节,针对生产和管理过程中的瓶颈问题,运用先进的材料数字化管理系



图1 材料数字化系统应用

工序操作的标准化是指在每一环节均有统一的操作标准用于指导工人操作,例如,一致统一的工艺技术标准、设备操作标准可以有效地提高工艺纪律的贯彻率,使产品的质量得到保证。

### 2 制造工序专业化

复合材料制件的制造过程包括工装准备、材料下料、铺层、固化、打磨修整、喷漆等工序。传统的制造流程,要求操作工人完成所有工序的操作,这很难做到各个环节都精益求精。通过对制造工序进行专业化划分,将每个工序固定相应人员操作,明确其操作内容,有助于提高工人的专业操作技能,能够有效地提高各项工作质量和工作效率。

### 3 制造过程的条码管理

实际的复合材料零件生产,工序环节较多,零件需要在车间之间周转。随着飞机型号、架次的增多,零件的品种和数量越多,给在制品及产品的管理带来很大的不便。各零件的状态不能及时地反馈到下一工序,会使后续各工序的准时化生产受到影响,造成生产管理状态混乱。

运用条码管理系统对零件实施条码管理,将每个零件的状态及时反应到该系统中,生产组织人员便能方便地掌握零件的状态信息,根据零件的配套情况及时地安排组织生产,保证了生产节拍和进度。图2所示为复材产品制造过程条码管理应用示例。条码系统的应用是产品状态管理的一个有效途径,对于计划性的安排组织生产可起到重要的

作用。

## 复合材料精益制造

### 1 数字化铺层工艺设计与数控下料

应用数控下料技术可以在短时间内按需要的铺层取向、铺层尺寸实现近尺寸下料。同时,自动下料也可以实现优化排样,在提高材料利用率的同时,对于提高生产效率和下料精度也起到了重要作用,可极大地降低制造成本。因此,数控下料对于复材制件的批量生产有明显优势。

数控下料数据的制作依赖于铺层的工艺设计环节,铺层的工艺设计是将三维数据转换为平面图形的过程,也即铺层展开的过程。数字化铺层工艺设计使下料数据更为准确,铺层时的裁剪量大大降低。

### 2 激光铺层定位技术的应用

激光铺层定位技术是利用激光头将铺层工艺设计环节制作完成的铺层边界数据投影到三维立体工装上,铺层顺序和铺层位置均可通过该定位系统直观地表示出来,操作工人按照每层的投影线进行逐层铺层。激光铺层定位技术的应用,能保证铺层的位置精度,而且使铺层工作效率明显提高,有利于提高复合材料构件的制造精度,稳定和产品质量,同时降低产品的生产成本。

### 3 复合材料产品的组合固化

复合材料主要的成型设备—热压罐运行成本较高,而当前的实际生产,每次进罐固化的零件随意性很大。一般视生产任务的节点参与进罐,未能使热压罐的能源利用率有效的发挥到应有的水平。因此,有必要视生产任务对参与固化的复合材料零组件进行优化组合,将每一批进罐固化的零件组合和固化工艺固定下来,在提高设备能源利用率的同时,规范固化过程的控制和管理,保证产品质量。

进罐固化制件分组的原则应在考虑设备能力的基础上,选取固化参数,如升温速率、固化温度、保温时间等相类似的复合材料制件以及导热性能类似的零件/工装组合同时进罐固化。同时,也要考虑车间的生产计划,尽量减少制造过程中的浪费,该组合固化的方式体现了精益生产的内涵。

## 结束语

直升机复合材料制造业的发展,要求在专业技术进步的同时,辅之以科学的管理方法,才能满足产品生产效率和质量等各方面的要求。在复合材料制造过程中,运用先进的材料管理系统,采取科学合理的生产组织管理措施,并应用数字化铺层设计和数控下料技术、激光铺层定位技术、优化组合固化工艺等先进的制造手段,使复合材料制造过程的各个环节均得到了有效的管理和控制,保证了产品的准时化、均衡生产<sup>[1]</sup>,节约了大量生产成本,并有效改善和提高了产品质量,使精益生产在直升机复合材料制造中得到了切实体现和应用。

## 参考文献

- [1] 张锡华. 精益生产的应用. 汽车工艺与材料, 2009(3):30-35.
- [2] 施宝良. “精益生产”模式推动企业标准化管理. SSM, 2009(2):29-31.

(责编 三丰)



图2 条码系统应用示例