

复合材料航空产品制造过程质量控制的应用初探

齐洁

6101141991****1026

摘要: 航空产品制造过程中越来越注重复合材料的应用,并且对相应的质量控制工作提出严格要求,当前其已经成为复合材料航空产品制造期间重点研究的一项内容。不仅要对过程控制项目表中的内容进行细化,也要针对具体情况合理选用多种质量工具,保证实际确定的过程要素控制点精准可靠,不能发生复合材料产品制造过程质量控制效果差的情况,否则就会发生制造的复合材料航空产品质量不达标这种情况,难以获得相应效益。本文将复合材料航空产品制造过程的特点作为切入点,结合制造过程质量控制的意义和项目展开阐述,针对如何提高复合材料航空产品制造过程质量控制水平进行全面探讨,旨在保证制造产品的质量特性符合前期设计阶段提出的相应要求。

关键词: 复合材料;航空产品;质量控制;过程要素

DOI: 10.69979/3029-2727.25.03.029

引言

复合材料已经成为当前制造航空产品过程中使用率非常高的一种材料,通过借助整体化使用的方式,既能达到有效减轻航空器结构件重量的目的,也能降低制造成本,对于延长结构件使用年限和提高结构件可靠性具有重要作用。实际上,保证产品符合设计要求的措施类型非常多,其中严格控制复合材料制件过程质量就是非常重要的一项举措,实际操作时应在其中投入较多时间和精力。这就要在精准掌握这项工作重要性的基础上,制定并实施针对性的制造过程质量控制方案。加之,飞机性能处于显著提高的状态,离不开复合材料的支持。如果想要满足航空企业在质量方面提出的严格要求,就要最大限度上减少复合材料不合格产品的生产,防止发生质量控制水平低和效益少等问题。

1 复合材料航空产品制造过程的特征

经过细致研究,可以确定复合材料是比较具有代表性的一种高分子材料体系,其与金属材料相比存在较大差异,以及在产品制造过程中实际存在的特点非常鲜明。结合目前比较常见的模压成型、注压成型的实际状况进行分析,了解到复合材料航空产品制造过程属于基于多种特性形成的过程,同时其也是多种材料复合化的过程。通常情况下,会细致地分为两种过程,具体是指可视过程、不可视过程。对于过程属性而言,还会分为下料过程和特殊过程。

现阶段大部分的复合材料航空产品,特别是结构覆

盖件的主体材料都为预浸料,具体的过程会被确定为预浸料物理转化的过程,并且也是预浸料物理变化向化学变化转化的过程。进入制造阶段,工艺人员的各项操作行为非常关键,一定要将设计给出的产品质量特性值、材料规范要求作为参考依据,以及在精准掌握制造过程特点的基础上,对工序中控制的质量特性值进行确定、处于明确质量特性形成过程的状态^[1]。不仅如此,对产品制造的相应顺序进行细化处理。以往发生率较高的几种质量问题包括:产品蜂窝层和铺贴层分层、装配协调性差等。如果没能采取有效措施处理,就会对整体装配的质量和进度造成影响。基于此,严格管控期间依据在一个车间严格管控复合材料航空产品制造过程所有工序的特征,做好不断细化过程管控内容方面的工作,最终目标是保证过程要素均符合规范化的过程质量控制要求。

2 复合材料航空产品制造过程的细化要点及质量控制意义

2.1 细化过程控制项目的重要内容

产品实现过程中不可避免地涉及多项内容,其中非常关键的一部分是制造过程,并且过程中的工序控制情况处于严重影响产品符合性质量的状态。当前我国在复合材料航空产品制造过程控制方面,以及颁布并实施诸多相关规章制度^[2]。以一些生产工序比较复杂的产品为例,实际依据的生产制造指令不能处于非常繁琐和复杂的状态,而是要保证具备简单明了的特征,这样能够更

加明确地完成过程输出、输入任务,同时可以保证过程要素之间的相应活动顺利进行,甚至对于提高控制点识别效果、做好测量检验与监视工作具有重要作用。策划产品制造过程期间,工艺人员将产品制造这一角度的内容作为核心依据,不仅要精准掌握设计要求和制造过程二者之间的关系,也要按照每一个工序形成的质量特性,科学合理量化和细化工序控制要求。不可否认,复合材料航空产品的制造过程也属于管理的过程。这就要借助针对性的管理措施,对过程要素的实际状态进行控制,这样能够保证产品实现过程。现阶段比较常见的举措是不断细化工序控制项目,保证具体识别的工序控制点精准可靠,从而在形成控制项目表的基础上提高制造过程质量控制效果。

2.2 开展制造过程质控控制工作的重要意义

在研究复合材料构件这项工作中,不能忽视的一项工作是对复合材料航空产品质量控制工作进行深入研究,不仅要保证复合材料的性能处于稳定状态,也要避免发生不同批次复合材料性能波动大的情况^[3]。通过保证这些基础工作有序开展的方式,能够使飞机安全系数提高。飞机构件由复合材料组成,一旦质量与规范要求不符,就会降低飞机的安全可靠。这就要在根本处解决问题,具体是指保证原材料的可靠性达标,选用各项条件符合要求的成型、固化、加工、连接工艺。基于此,制造复合材料期间重点分析对构件质量波动情况产生影响的各类因素,之后则是深入研究降低或避免这些影响的举措,进而为后续显著提高材料性能参数创造条件。

3 做好复合材料航空产品制造过程质量控制工作的举措

外观可视、尺寸可以测量、不能直接测量,这些都是复合材料航空产品制造过程形成的特性^[4]。如果想要使各个过程形成的产品质量特性与设计要求相符,就要突出工序受控的特征,进入实际操作阶段,将科学合理选用、高效应用质量工具这项工作落到实处,在此基础上制定和实施针对性的管理方案,一定不能出现过程控制效果差的情况。

3.1 形成制造过程控制的特性因果图

经过深入研究,能够确定制造复合材料航空产品期间,过程的具体受控情况、产品质量特性,二者之间存在因果关系,实际上过程质量管理就是严格控制“原因(要素)”的具体表现。如果处于没能理清因果关系的

状态,那么就会发生最终控制效果缺乏针对性和不具备有效性等多项难以解决的问题^[5]。这种情况下,一定要充分利用“因果图”这种具有较强实用性的工具。对于复合材料航空产品制造过程而言,大部分为识别特殊过程。针对特殊过程形成的质量特性,特别是不可视、不可直接测量的质量特性,前期阶段先是做好“特性因果图”编制方面的工作,操作过程中将其作为依据精准识别过程要素。

3.2 细化并控制制造过程

将复合材料航空产品制造过程与其他产品的制造过程相比,不难发现前者的自身特点更加明显,不仅包括一般过程,也会涉及特殊过程,同时需要严格控制的工艺参数类型非常多。人、机、料、法、环,这些都是比较常见、非常重要的几种过程要素,全面发挥作用后能形成网状的工序过程。因此,为了进一步提高制造过程控制效果,就要依据具体状况将《热压罐管理规定》、《时间敏感性材料管理规定》等方面的文件编制工作落到实处,在此基础上则是细致执行,从而使产品制造过程符合规范要求。

一是做好人员控制方面的工作。针对复合材料航空产品制件过程进行分析和研究,能够发现班组多人共同作业是比较常见的一种形式,这就意味着每个员工的专业能力和素养、工作状态和技能水平,一定都要处于与当前零件制造控制要求相符的状态,否则就会导致制造质量受到人员这项因素的影响,极易发生制造质量差的情况。实际采取控制措施之前,一定要明确人员控制方面具体包括的内容,受教育的实际情况、上岗证、工作经验属于静态水平控制的范畴,制造人员的质量意识、生产制造指令内容的熟练情况、身体和状况等均属于动态水平控制的范围^[6]。从操作人员的角度出发,可知既要处于对工序控制情况进行准确识别的状态,也要获取精准可靠的生产过程信息。基于此,在全面了解上述内容的基础上,将具有较强针对性的技术管理制度制定工作落到实处,要求工序操作人员自身具备较强的专业能力,且在日常工作中严格遵守工艺纪律、保证多余物的自我检查工作有序开展。除此之外,依据复合材料航空产品制造过程消耗较多时间、涉及诸多工序、工作场地经常变化等多个方面的特征,更加严格地控制工种间的人员调整情况,并要依据具体的变化状况保证相应的细节处理工作有序开展。

二是做好制造设备的控制工作。进入复合材料航空

产品制造这一过程,离不开多种设备的辅助,其中使用率非常高的设备包括生产、工艺、计量检测等先进设备。为了使设备始终处于高效稳定运行的状态,就要在控制期间注重开展设备精度控制工作,一定要使其与产品的特性要求相符,不能发生设备性能不达标和无法满足过程要求的情况。

首先,严格控制生产设备。这项操作是指控制热压罐、固化炉、冷库等多种类型的生产设备。不仅要对相关设备的保养和维护工作完成情况进行检查,也要精准确定系统精度测试、炉温均匀性测试的定期开展情况,以及对热分布是否符合规范要求的情况进行确定^[7]。热压罐是制造期间十分关键的一种生产设备,一般情况下工作现场会有已经批准的作业指导书,并且其中涉及的内容非常详细,既要符合规范要求的批量生产模如罐热分布技术作为基础保障,不能发生设备使用率低和最终效果不佳的情况。其次,在工艺装备控制工作中投入诸多精力。为了提高工装模具的控制效果,精准确定是否符合首件检验状态、对工装二次检定工作的开展状况进行判断等。此外,严格检查正式使用之前的工作面是否干净,以及确定热分布图的实际清晰状况等。最后,将计量检测设备这项工作放在重要位置。实际操作时主要针对压力表和电子秤等计量检测设备进行控制,既要保证标识处于清晰的状态,也要对检定周期内的工作开展情况进行确定,格外注意一定不能出现测量精度低和结果不可靠的问题。

三是高效完成材料控制工作。复合材料航空产品质量与规范要求相符的一个关键前提条件,体现在做好材料控制这项工作方面,具体涉及形状、批次、有效期、材料质量等多个方面的控制内容。针对原材料和辅助材料进行分析,可知其对时间、温度都非常敏感。为了能够做好保存方面的工作,注重应用低温封存方法。尤其是高效落实主体材料控制工作时,重点控制预浸料和胶膜等材料的控制工作,进入低温密封存放过程中不能扭曲纤维,并要在正式使用之前在室温环境下存放一定的时间,通常会规定为存放 $\geq 6\text{h}$,同时密封袋没有出现水分凝结的问题,这样才可以确定材料处于回暖和可以使用的状态^[8]。除此之外,处于待入工序状态的使用材料,不能受到外来物的污染。

四是保证技术文件的控制工作有序开展。规范的技术文件中既要保证具备详细的制造过程信息,也要具备

产品特性信息,全面发挥作用后能够为操作人员正常开展工作提供正确指导。与此同时,将工艺流程安排和工序衔接等方面的工作内容融入其中,为后续提高制造质量创造条件。

五是提高环境控制效果。污染控制区、环境监控区,均是复合材料航空产品制造期间使用的主要场地。前种区域应单独并完全封闭,以及严格控制照明度、清洁度、正压差;后种区域的主要工作是下料,一定要对照明度和温湿度等因素进行严格控制。

4 结束语

综上所述,复合材料航空产品制造过程质量控制工作至关重要,为了避免发生控制效果差和产品质量不达标等问题,就要在实际操作时制定和实施针对性措施。先是对特性因果图这项工具进行应用,再对控制过程涉及的内容进行细化,之后则是采取科学合理的措施提高过程控制水平,从而为后续提高飞机安全可靠创造条件。

参考文献

- [1] 张振,许昊润,倪福鹏,等. 航空复合材料结构制造缺陷超声检测研究进展[J]. 力学季刊,2025,46(01):1-19.
- [2] 周航. 增材制造技术在飞机起落架上的应用[J]. 中国科技信息,2025,(06):19-21.
- [3] 韩霞,韩学影. 科技创新驱动航空制造业发展的路径及政策研究[J]. 中国科技论坛,2025,(03):77-85.
- [4] 毛吉烜,张晓平. 商用航空发动机复合材料风扇叶片应用与制造工艺进展[J]. 宇航材料工艺,2025,55(01):1-11.
- [5] 陈秋云,韩小勇,陈俊林,等. 民机复合材料液体成型技术研究与进展[J]. 合成纤维,2025,54(01):40-46.
- [6] 金海鹏,叶雷,刘世英,等. 民机材料适航符合性验证方法和技术发展[J]. 航空材料学报,2022,42(03):1-11.
- [7] 马军,万建平,任卫安,等. 航空复合材料智能制造新模式的探索与实践[J]. 航空制造技术,2022,65(07):44-53.
- [8] 金子坤,王琛. 有限元仿真技术在航空复合材料产品制造上的应用[J]. 中国石油和化工标准与质量,2019,39(03):220-221.