

航空制造业精益数控加工车间设备技术发展动态

■ 航空工业西安飞机工业集团有限责任公司 (陕西 710089) 刘红安

摘要: 在《中国制造2025》精神的指引下,航空制造业发生了深刻的变化,其在核心领域——航空类零部件生产制造方面的突出特征就是按照精益化理念组织开展生产。其目的是增加经济增加值EAV,由此引发了精益数控加工车间设备技术不断推陈出新,出现前所未有的技术密集型的典型特征。



设备维护工程师 刘红安

1. 《中国制造2025》的前瞻性指导意见是航空制造业创新驱动的不竭动力

报告中说,制造业是国民经济的主体,是立国之本、兴国之器和强国之基。打造具有国际竞争力的制造业,是我国提升综合国力、保障国家安全与建设世界强国的必由之路。但同时也指出,与世界先进水平相比,我国制造业仍然大而不强,在自主创

新能力、资源利用效率、产业结构水平、信息化程度及质量效益等方面差距明显,转型升级和跨越发展的任务紧迫而艰巨。

报告中反映的是客观事实,航空制造业拥有近30万名员工,市值近2 000多亿元,下属公司10余家,但是经济增加值EAV却处于末端水平,因此,必须积极响应《中国制造2025》战略的国家号召,全面提高企业技术实力和

市场竞争力,推动转型升级。

2. 航空制造业全面推进精益化工厂建设和企业精益管理应对挑战和重塑自我

所谓精益管理是以尽善尽美为目标,以市场需求为动力,以消灭浪费和不断改善为核心,以最少的投入获取成本和运作效益的最大改善,持续消除价值链中的一切不增值环节,永无止境地追求精益求精的一种生产组织方式。具体来讲,就是公司上层运用架构的理念和方法,以战略为统领,以价值创造为核心,以客户需求为导向,将体系的设计与先进工具的集成相互融合,一方面从源头保证精益化工厂体系的科学性、系统性和完整性,另一方面以问题为导向开展体系的持续优化。

建设精益工厂的核心任务,就是要围绕生产现场自主管控体系,搭建起工具应用的开放平台,将生产中的五大要素(安全、质量、成本、进度及人员)

可视化、开展分层例会、生产作业计划、精益单元与形迹化管理、培训验证与质量印章管理及设备综合利用率OEE等相互关联,验证固化,持续推进。

3. 精益数控加工车间设备转型升级

由此,我们可以看出,精益数控加工车间必须要达成高质量、高效率、低成本及准时交付的目标,要时刻关注零件种类特征、生产周期与配套难度的关键问题,对产品要分族分类,根据产品工艺特点,研究制定分族分类规则,对各族类零件,从加工流程、切削参数和刀量具使用入手,进行优化并研究应用快速换型方法,实现工艺标准化。同时按照所有零件的分族分类情况,结合现有生产线设备布局,对原分工进行调整合并,建立精益生产单元。对关键设备和重点项目用看板管理的方式拉动生产,逐步实行物料、工装、刀量具及生产辅助用品的配送,通过编制作业指导书规范生产过程控制,细化单元管控,逐步减少、杜绝人为因素对生产过程和产品质量的影响所造成的系统波动,保持单元运行平稳。

因此,为了适应精益化工厂的需求,精益数控加工车间设备应该具有以下主要特征:①设备基础牢固,基础工作台经过一年地基沉降过程,水平工作台水平度变动不超过0.01mm/m。②大转矩大功率切削,主轴转矩 $\geq 270 \text{ N}\cdot\text{m}/3000 \text{ r/min}$ 。主轴功率 $\geq 60 \text{ kW}$ 。③五坐标联动, X 、 Y 、 Z 、 A 、 C 坐标进行空间复杂转换。④精度高,精度稳定,性

能可靠, X 、 Y 、 Z 坐标定位精度达到0.008mm/m,重复定位精度0.005mm/m,五坐标设备 A 、 C 旋转坐标轴定位精度 $10''$ /全行程,重复定位精度 $5''$ /全行程,对于五坐标高速加工中心,尤其考量RTCP空间动态精度达到0.04mm以内;且以上精度要在一年时间内能够较好保持,直线轴规定 $\leq 0.01 \text{ mm/m}$,旋转坐标轴 $\leq 3''$ /全行程。⑤满足大飞机零部件的高速加工需求, X 、 Y 、 Z 坐标G00快速定位速度 $\geq 40\,000 \text{ mm/min}$,主轴转速 $\geq 10\,000 \text{ r/min}$ 。⑥数控机床性能稳定,满足壁板、框和梁类零件加工需要数十个小时连续运转无故障不间断要求,否则引起工件加工超差、变形甚至报废。⑦自动换刀功能,可以实现 ≥ 24 把刀具连续不间断无故障更换。⑧自动找正功能,实现工件快速无人干预建立精确的工件坐标系。⑨刀具自动测量功能,实现刀具快速无人干预自动测量,刀具长度、半径,测量误差 $\leq 0.01 \text{ mm}$ 。⑩刀具的许用速度必须 $\geq$ 实际加工速度。⑪高速加工刀具和刀柄必须满足动平衡和径向圆跳动的要求,一般应达到G6.3或G2.5以上要求。⑫自主维护功能。⑬生产线模式。

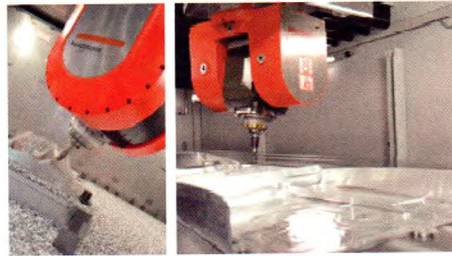
因此,在组建成立精益加工

厂时,选用设备必须有目标、有针对性,按照以上硬性技术指标严格对加工设备进行选型、招标和采购。同时,在厂房中要留有足够空间能够对5台以上同型号设备进行流水线作业或生产线模式加工。用于铝合金加工的五坐标数控桥式龙门加工中心,其加工中小型零件,效率较高,性能优良,具备精益数控加工车间设备的一些特征。

为了提高机床加工效率,尤其是针对大型航空类零件的加工,在高精度、高转速加工的前提下,还要求设备保持长时间运行极佳的稳定性,高刚性双通道双主轴五坐标高速数控桥式龙门铣床应该是首选,该类型设备不仅精度高,而且结构设计合理,操作人员视野开阔,同时也便于操作工人上下料,清理机床台面堆积的切屑,其优良的特性深为业内人士所称赞。如某典型设备 X 向行程 $18\,000 \text{ mm}$, Y 向行程 $3\,000 \text{ mm}$, Z 向行程 $1\,000 \text{ mm}$,回转轴 A 轴 $\pm 105^\circ$, C 轴 $\pm 220^\circ$, X 、 Y 、 Z 坐标G00快速定位速度 $50\,000 \text{ mm/min}$,配置两个电主轴,最大转速 $20\,000 \text{ r/min}$,最大功率 63 kW ,可用于绝大多数铝合金大型零件的数控加工,尤其令人瞩目的是设备采用先进的数控



用于铝合金零件加工的五坐标数控桥式龙门加工中心



航空类复杂曲面零件的五轴高速加工

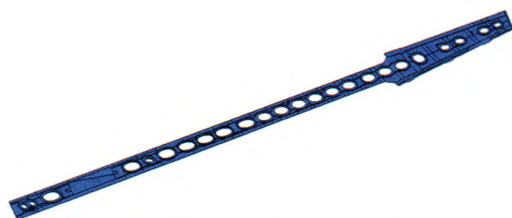
系统西门子840DSL, 购买并开放双通道权限, 使数控设备可一次装夹两块毛料, 同时加工两个大型零件, 两个零件可以是一左一右对称件, 或相同的两个零件, 其加工效率翻倍。选用高效加工设备是精益化生产的基本要求。

机床的辅助功能如换刀、自动找正功能及刀具自动测量功能等, 全部由设备数控系统按照指令自动执行完成, 减少人为干预, 消除中间过程的人、时间和资源的浪费, 消除安全隐患。

为了在数控加工过程中缩短人流和物流路线, 降低或消除人为出错率, 实现零件的一致性加工和无差错加工, 可以将小批量的零件加工按照生产线模式安排生产, 主要是从产品的分族分类入手, 根据生产交付瓶颈确定在线上所加工的产品族以及每一族产品的工艺方案, 包括加工流程、装夹方案、刀具选用以及切削参数, 达到每一族产品的工艺标准化。在工艺标准化的基础之上编制标准作业指导书, 规范操作者动作要领, 实现操作的标准化, 此举也使产品质量得到了极大的保证。同时依据工艺标准化制定出了每类产品族的标准工时, 通过合理安排加工顺序, 实现均衡生产、按需生产。

4. 精益数控加工车间设备信息化程度

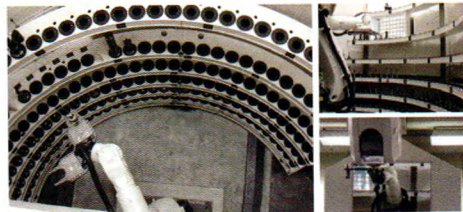
德国西门子公司的赫尔穆特·路德维希指出, 无论你生产现代商用飞机、节油型汽车还是高性能高尔夫球杆, 产品生命周期管理 (Product Life-Cycle Management, 简写PLM)、



典型的航空类大型零件外形尺寸



双通道双主轴五坐标高速数控桥式龙门铣床



机器人在设备的层级式刀库中抓取刀具



6台三坐标数控立式铣床组成精益生产线

制造执行系统 (Manufacturing Execution System, 简写MES) 以及工业自动化所使用的技术都在帮助制造厂商通过提高生产力、缩短创新周期并尽量降低风险, 以实现总收入的增长。因此, 航空制造业精益工厂关于生产设备的工艺流程、设备状态以及自主维护等必须植入到公司信息化工程建设中, 从而为实现智能加工打下坚实基础。

毋庸讳言, 目前, 航空制造业精益数控加工车间设备技术仅

仅具有智能制造的一些特点和雏形, 未来还有很长一段路要走, 一切工作都在向着“绩效卓越, 价值创造”的目标看齐, “黑灯工厂”、“无人工厂”似乎离我们并不遥远。现代化的精益制造工厂, 每个生产、准备环节都清晰可见、高度透明, 航空制造业人多势众的生产场面将逐步演变为“人精器众”, 人与机器默契合作, 弹奏着一曲曲生产线上的和谐交响乐。MW

(收稿日期: 20170815)