

产品短期应急产能提升方案研究

沈汝洵, 吕九九, 孟波

首都航天机械有限公司, 北京

收稿日期: 2023年8月7日; 录用日期: 2023年8月28日; 发布日期: 2023年9月14日

摘要

为解决某产品短期内任务量激增、产能不足问题, 本文以某金属壳体的机械加工为例, 详细分析增加年时基数、补充设备(人员)、扩充外协后达到的产能, 并定性分析了各措施的优劣。建议优先采取增加年时基数的措施, 若产能不足则再补充瓶颈设备, 同时可多方调研, 在保证产品质量的前提下扩充外协。

关键词

产能提升, 机械加工, 年时基数, 瓶颈设备, 扩充外协

Research on Product Capacity Improvement Scheme in the Condition of Short-Term Emergency

Ruxun Shen, Jiujiu Lv, Bo Meng

Capital Aerospace Machinery Corporation Limited, Beijing

Received: Aug. 7th, 2023; accepted: Aug. 28th, 2023; published: Sep. 14th, 2023

Abstract

In order to solve the problem of a product's term increase sharply and insufficient capacity, this paper takes the machining of a metal shell as an example, analyzes the production capacity achieved after increasing the annual base, supplementing equipment (or personnel) and expanding external cooperation in detail, analyzes the advantages and disadvantages of each measure. It is suggested to give priority to measures increase the annual base, if the capacity is insufficient, then supplement the bottleneck equipment, at the same time can be multi-investigation, under the premise of ensuring product quality expansion of outsourcing.

Keywords

Capacity Improvement, Machining, Annual Basis, Bottleneck Equipment, Expand Outsourcing

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着订单数量增加,某产品出现短期内任务量激增的问题,在传统高质量要求下,生产制造的高效率、高效益亦不能忽略。如何在短时间内充分利用资源快速提升产能,满足客户订货需求、提升企业效益成为当前急需解决的问题[1]。

短期内任务激增指任务持续时间长、数量至少翻倍的生产。根据客户订货需求,某金属壳体现有产能为 X 个/年,短期产能目标为 $2.6X$ 个/年。为快速提升制造能力,本着高质量、高效率、高效益原则,本文以某金属壳体的机械加工制造为例,针对短期内任务激增问题,提出能力提升方案,满足产品制造和企业需求。

2. 产品工艺流程

某典型金属壳体的制造工艺流程如图1所示,涉及铸造、机加共2大专业,铸造含配砂、造型等10个工序[2],机械加工含铣基准、铣外形等10个工序。其中,热处理工序位于铸造专业,不再单独列出。

机械加工中的铣基准、铣外形、铣端面、铣内形和X光检测工序采用设备加工,钳工、清洗、钢印、称重和检验采用人工操作。

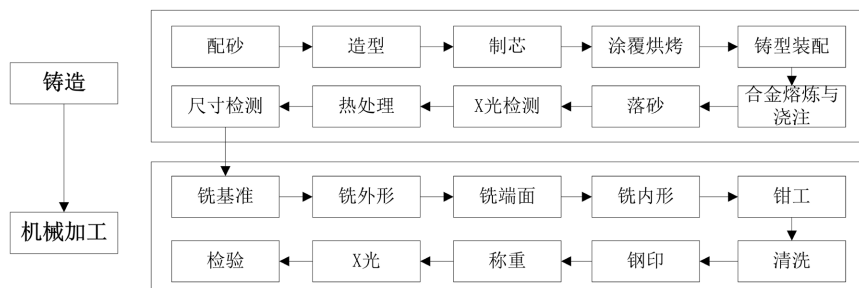


Figure 1. Flowchart of manufacturing process of a typical metal shell

图1. 某典型金属壳体的制造工艺流程图

3. 现有产能

考虑产品存在混线生产,产能计算公式如下:

$$\frac{\text{年时基数} \times \text{设备(人员)数量} \times \text{设备(人员)占比}}{\text{该设备(人员)所有产品的实作工时之和}} \quad (1)$$

其中设备(人员)占比计算公式为:

$$\frac{\text{产品1订货量} \times \text{产品1实作工时之和}}{\text{产品1订货量} \times \text{产品1实作工时之和} + \text{产品2订货量} \times \text{产品2实作工时之和} + \dots} \quad (2)$$

定义以下符号：

a ——实作工时基数；

b ——设备/人员数量基数；

X ——产能基数， $X = 72.29 \frac{b}{a}$ 。

现以机械加工中的铣基加工为例说明产能计算详细过程。该工序用的设备为 JJ001 五轴镗铣床，现有设备数量为 $2b$ 台，该设备承担本产品两项工序：工序 1 铣基准和工序 4 铣内形，两项工序的实作工时分别为 $40a$ 小时和 $100a$ 小时。根据《机械工厂年时基数设计标准》(GB/T 51266-2017)，机械加工设备三班制的年时基数为 5060 小时[3]。JJ001 五轴镗铣床为该金属壳体机械加工专用设备，设备资源占比为 100%，产能为：

$$\frac{5060 \times 2b \times 100\%}{40a + 100a} = 72.29 \frac{b}{a} = X \text{ 个/年}$$

同样方式可计算其他工序产能，结果如表 1 所示。

Table 1. Machining capacity table of a typical metal shell

表 1. 某典型金属壳体的机械加工产能表

序号	工序名称	实作工时 (小时)	工种名称	人员数量	设备名称	设备编号	设备数量	年时基数	资源占比	产能 (个/年)
1	铣基准	$40a$	/	/	五轴镗铣床	JJ001	$2b$	5060	100%	X
2	铣外形	$100a$	/	/	五轴龙门铣床	JJ002	$2b$	5060	100%	$1.4X$
3	铣端面	$100a$	/	/	镗铣床	JJ003	$2b$	5060	100%	$1.4X$
4	铣内形	$100a$	/	/	五轴镗铣床	JJ001	$2b$	5060	100%	X
5	钳工	$20a$	机加钳工	b	/	/	/	1820	100%	$1.14X$
6	清洗	$5a$	油封工	b	/	/	/	1820	60%	$3.02X$
7	钢印	a	机加钳工	b	/	/	/	1820	100%	$1.14X$
8	称重	a	机加钳工	b	/	/	/	1820	100%	$1.14X$
9	X光	$20a$	/	/	射线检测机	ZZ001	b	1820	100%	$1.26X$
10	检验	$10a$	机加检验	b	/	/	/	1820	50%	$1.26X$

绘制产能图，如图 2 所示。由图知产能短板为工序 1 的铣基准和工序 4 的铣内形，机械加工产能取产能最小的为 X 个/年。

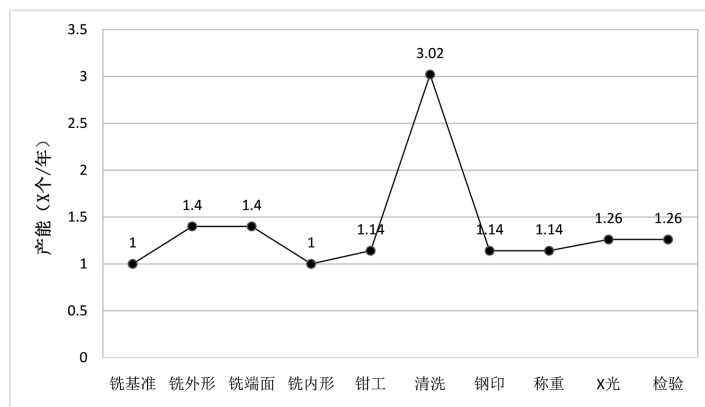


Figure 2. Machining capacity diagram of a typical metal shell

图 2. 某典型金属壳体的机械加工产能图

同样的方式可得铸造(两班制)产能为 $1.1X$ 个/年。

机械加工产能最低, 则机械加工能力即为该金属壳体的产能, 为 X 个/年。

4. 产能提升措施

本文策划的产能提升措施有以下几个前提:

- 1) 产品图纸、工艺方案已定型, 不再更改;
- 2) 主辅材料准备充足, 无需等待;
- 3) 人员工作时间最多 8 小时/天、250 天/年; 设备工作时间可达 24 小时/天、360 天/年;
- 4) 无疫情、重大自然灾害等不可抗因素影响生产。

4.1. 增加年时基数

工序 1 铣基准、工序 4 铣内形, 采用的是三班制、250 天/年, 年时基数为 5060 小时。若将设备提升为三班制、360 天/年, 则产能为 $X \div 250 \times 360 = 1.44X$ 个/年;

工序 2 铣外形、工序 3 铣端面由三班制、250 天/年提升为三班制、360 天/年, 则产能为 $1.4X \div 250 \times 360 = 2.02X$ 个/年;

工序 5 钳工、工序 7 钢印、工序 8 称重由单班制(8 小时)、250 天/年提升为两班制(8 小时、8 小时, 共 16 小时)、360 天/年, 则产能为 $1.14X \div 250 \div 8 \times 360 \times 16 = 3.3X$ 个/年, 产能满足 $2X$ 个/年需求。

工序 9X 光、工序 10 检验由单班制(8 小时)、250 天/年提升为两班制(8 小时、8 小时, 共 16 小时)、360 天/年, 则产能为 $1.26X \div 250 \div 8 \times 360 \times 16 = 3.63X$ 个/年, 产能满足 $2.6X$ 个/年需求。

工序 6 油封产能已达 $3.02X$ 个/年, 不再增加班制和工作天数, 产能满足 $2.6X$ 个/年需求。

通过增加工作班制、工作天数, 工序 5~工序 10 产能满足需求。

JJ001 五轴镗铣床 $2b$ 台, 三班制、250 天/年所需人员为 $6b$ 人(单台设备需 1 人), 三班制、360 天/年所需人员 $360 \div 250 \times 6b = 8.64b$ 人。新增人员 $2.64b$ 人。

JJ002 五轴龙门铣床 $2b$ 台, 三班制、250 天/年所需人员为 $6b$ 人(单台设备需 1 人), 三班制、360 天/年所需人员 $360 \div 250 \times 6b = 8.64b$ 人。新增人员 $2.64b$ 人。

JJ003 镗铣床 $2b$ 台, 三班制、250 天/年所需人员为 $6b$ 人(单台设备需 1 人), 三班制、360 天/年所需人员 $360 \div 250 \times 6b = 8.64b$ 人。新增人员 $2.64b$ 人。

机加钳工单班制(8 小时)、250 天/年所需人员为 b 人, 两班制(8 小时、8 小时, 共 16 小时)、360 天/年所需人员为 $360 \div 250 \times 16 \div 8 \times b = 2.88b$ 人。新增人员 $1.88b$ 人。

ZZ001 射线检测机 b 台, 单班制(8 小时)、250 天/年所需人员为 1 人, 两班制(8 小时、8 小时, 共 16 小时)、360 天/年所需人员为 $360 \div 250 \times 16 \div 8 \times b = 2.88b$ 人。新增人员 $1.88b$ 人。

油封工产能已足够, 无需新增人员。

以上合计新增人员 $11.68b$ 人。

4.2. 补充设备(人员)

不改变生产班制, 仅补充设备(人员)达到产能 $2.6X$ 个/年, 需补充的设备(人员)情况如下:

工序 1 铣基准、工序 4 铣内形用的设备为 JJ001 五轴镗铣床, $2b$ 台设备在三班制、250 天/年班制下产能为 X 个/年, 产能达到 $2.6X$ 个/年, 需补充 $(2.6X \div X - 1) \times 2b = 3.2b$ 台。

工序 2 铣外形、工序 3 铣端面用的设备分别为 JJ002 五轴龙门铣床、JJ003 镗铣床, $2b$ 台设备在三班制、250 天/年班制下产能为 $1.4X$ 个/年, 产能达到 $2.6X$ 个/年, 需补充 $(2.6X \div 1.4X - 1) \times 2b = 1.71b$ 台设备。

工序 5 钳工、工序 7 钢印、工序 8 称重用机加钳工 b 人, 在单班制、250 天/年班制下产能为 $1.14X$ 个/年, 产能达到 $2.6X$ 个/年, 需补充 $(2.6X \div 1.14X - 1) \times b = 1.28b$ 人。

工序 9 X 光用的设备为 ZZ001 射线检测机, b 台设备在单班制、250 天/年班制下产能为 $1.26X$ 个/年, 产能达 $2.6X$ 个/年, 需补充 $(2.6X \div 1.26X - 1) \times b = 1.06b$ 台设备。

工序 10 检验用机加检验 b 人, 在单班制、250 天/年班制下产能为 $1.26X$ 个/年, 产能达到 $2.6X$ 个/年, 需补充 $(2.6X \div 1.26X - 1) \times b = 1.06b$ 人。

以上合计新增 JJ001 五轴镗铣床 $3.2b$ 台(新增人员 $9.6b$ 人)、JJ002 五轴龙门铣床 $1.71b$ 台(新增人员 $5.13b$ 人)、JJ003 镗铣床 $1.71b$ 台(新增人员 $5.13b$ 人)、ZZ001 射线检测机 $1.07b$ 台(新增人员 $2.14b$ 人), 合计新增人员 $24.34b$ 人。

4.3. 扩充外协

机械加工为普通加工能力, 可通过技术输出工艺方案, 由外协厂家利用现有能力或购置设备完成产品加工[4], 需外协的数量为 $2.6X - X = 1.6X$ 个/年。经调研, 考虑单个厂家现有固定资产规模及现有任务, 全部外协给某一厂家难度较大, 需多家调研。

扩充外协方式存在质量隐患, 因外协厂家不熟悉产品图纸及工艺流程, 易出现产品加工效率低、质量不合格等问题[5][6]。

4.4. 措施比较

增加年时基数工序 1~工序 4 产能可提升, 但无法满足产能目标 $2.6X$ 个/年。工序 5~工序 10 仅补充人员即可达到产能目标。

补充设备(人员)各工序产能可满足产能目标, 但需补充设备、人员数量较多。

为避免任务完成后造成设备等资源闲置, 同时减少固定资产投资, 可综合采取增加年时基数并补充短线瓶颈设备的措施。工序 1 铣基准、工序 4 铣内形用的设备为 JJ001 五轴镗铣床, $2b$ 台设备在三班制、360 天/年班制下产能为 $1.44X$ 个/年, 补充 $1.61b$ 台设备, 产能可达 $2.6X$ 个/年, 可采用新购设备、租赁设备的方式。工序 2 铣外形、工序 3 铣端面用的设备分别为 JJ002 五轴龙门铣床、JJ003 镗铣床, $2b$ 台设备在三班制、360 天/年班制下产能为 $2.02X$ 个/年, 需再补充 $0.57b$ 台设备, 产能可达 $2.6X$ 个/年, 同样可采用新购设备、租赁设备的方式。

增加年时基数后需新增的人员为 $11.68b$ 人, 补充短线瓶颈设备后需新增的人员 $(1.61b + 1.61b + 0.57b) \times 3 = 11.37b$, 合计 $11.68b + 11.37b = 23.05b$ 人。

三种措施补充的设备、人员见表 2。

说明: 新增设备、人员数量需根据实际情况向上取整。

Table 2. Comparative table of capacity improvement measures

表 2. 产能提升措施比较表

序号	措施	产能(个/年)	补充设备	补充人员
1	增加年时基数	$1.44X$	/	$11.68b$ 人
2	补充设备(人员)	$2.6X$	JJ001 五轴镗铣床 $3.2b$ 台 JJ002 五轴龙门铣床 $1.71b$ 台 JJ003 镗铣床 $1.71b$ 台 ZZ001 射线检测机 $1.06b$ 台	$24.34b$ 人
3	增加年时基数后再补充设备	$2.6X$	JJ001 五轴镗铣床 $1.61b$ 台 JJ002 五轴龙门铣床 $1.61b$ 台 JJ003 镗铣床 $0.57b$ 台	$23.05b$ 人

综合增加年时基数和补充短板设备可满足 2.6X 个/年的产能目标,补充的设备数量也较少,产品质量、效率、周转路线与原来一致,是最优方案。

扩充外协可满足 2.6X 个/年的产能目标,无需新增固定资产,因产品涉及多个厂家周转,产品质量存在隐患。

5. 结束语

某金属壳体的制造涉及铸造、机加共 2 大专业,本文详细研究了机加专业的产能提升措施,并定性分析了各措施的优劣。铸造与机加类似,可在增加年时基数的基础上适当补充通用设备,同时可多方调研,在保证产品质量的前提下扩充外协。

参考文献

- [1] 左玲玲. J 公司生产线产能提升研究[D]: [硕士学位论文]. 徐州: 中国矿业大学, 2019: 1-2.
- [2] 王华侨, 王永凤, 郭玉, 等. 大型薄壁高强度铝合金异型舱壳精密砂型铸造成型关键技术应用研究[J]. 模具制造, 2019, 19(3): 59-68.
- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部, 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB/T 51266-2017. 机械工厂年时基数设计标准[S]. 北京: 中国计划出版社, 2017.
- [4] 龚静, 张伟, 韩一丁, 李萧薇, 郭娇娇. 装备制造企业产能提升路径研究[J]. 航天工业管理, 2021(6): 48-51.
- [5] 韩青鹏. 面向机加行业外协服务平台的研究与实现[D]: [硕士学位论文]. 大连: 大连工业大学, 2020: 8.
- [6] 杨伟, 张丕英, 王怀胜. 基于装备生产流程的外协质量管理探讨[J]. 电子质量, 2020(10): 91-96.