

Analysis on Production Cost of Free-trimming Pulp Molding Products

◎ Zheng Tianbo, Jin Kun, Zhang Jinjin, He Linlin
(Zhejiang Eurasia United Equipment Group Co., Ltd., Hangzhou 310004, China)

免切边纸浆模塑制品的生产成本分析

◎ 郑天波 金坤 张金金 贺林林
(浙江欧亚联合装备集团有限公司, 杭州 310004)



郑天波 先生

硕士, 高级工程师; 主要研究方向为环保可降解植物模塑生产设备自动化及生产工艺研究。

中图分类号: TS767

文献标志码: A

文章编号: 1007-9211(2022)06-0032-05

摘要: 为了系统研究分析免切边纸浆模塑制品的生产成本, 课题组研究了免切边纸浆模塑制品的生产模具设计、模具加热系统设计、模具维护保养等对生产成本的影响。依据热膨胀理论分析免切边纸浆模塑成型模具的制造方式, 对比生产实践中免切边纸浆模塑制品模具的结构要求, 总结免切边纸浆模塑制品生产模具的设计总体要求。从免切边纸浆模塑制品的产量、能耗、模具成本、维护成本、产品质量和合格率等方面, 对生产成本进行全面计算和分析。分析结果表明: 同样大小的模具安装面的条件下, 免切边纸浆模塑制品的产量明显低于切边制品, 模具成本和维护成本远高于自动切边制品的模具, 免切边制品的废品率较高。所以不管从产量、质量、成本、模具的互换性等方面分析, 纸浆模塑免切边制品明显不占优势。

关键词: 纸浆模塑; 模具; 免切边制品; 生产成本; 生产设备

Abstract: In order to systematically study and analyze the production cost of free-trimming pulp molding products, the research group studied the impact of the production die design, die heating system design and die maintenance on the production cost. Based on the manufacturing method of free-trimming pulp molding products according to the theory of thermal expansion, compared the structural requirements of free-trimming pulp molding products in production practice, and the overall design requirements of free-trimming pulp die products were summarized. The production cost is comprehensively calculated and analyzed from the output, energy consumption, mold tie cost,

maintenance cost, product quality and qualified rate. The analysis results show that under the condition of mold mounting surface of the same size, the production of free-trimming pulp molding products was significantly lower than margin trimming products, the mold cost and maintenance cost of free-trimming products is far higher than that of automatic margin trimming products, and the waste rate of free-trimming products is higher. Therefore, no matter from the analysis of output, quality, cost, mold interchangeability and other aspects, pulp mold free-trimming products are not obviously advantageous, and there are major production problems unforeseen by the initial entrants.

Key words: pulp molding products; molder; free-trimming products; cost; equipment

在禁塑的大背景下, 纸浆模塑产品因其环保、可自然降解、干净漂亮的外观被越来越多的行业领域所采用, 用途越来越宽广。特别是在食品包装和餐饮具行业已经得到了广泛应用。

由于食品包装和餐饮具行业所用的纸浆模塑制品主要是采用湿压法制作工艺, 制品边缘往往会凹凸不齐且带有一定的毛刺, 通常采用切边的方式把废边切除, 达到制品边缘光洁整齐的效果。

如果能做到免切边, 就能省掉切边工序而且还省去切下的边料, 降低生产成本。但20多年实践证明, 免切边的纸浆模塑餐具制品质量较差且不稳定、产品合格率低, 而且免切边纸浆模塑制品的成本较高。

本课题组从免切边纸浆模塑制品的模具设计、产品排布、产量、热效率、模具成本、加热板成本、加热方式、换模效率、模具维护成本等方面进行全面分析计算, 为纸浆模塑制品的模具设计和生产方式选择提供参考。

1 纸浆模塑制品的生产过程

一定浓度的浆液中, 加入适量助剂, 吸滤成型模具把浆液中的纤维制成湿坯, 经热压定型模具对湿坯进行加压加热, 使湿坯成为干燥制品, 切除制品不整齐的多余边缘, 从而获得所需形状制品。这是一种湿压法制作纸浆模塑制品的过程。

具体分为三个步骤: (1) 吸滤成型模具吸附植物纤维制作湿坯; (2) 通过热压定型模具对湿坯进行加

压加热, 使湿坯成为干燥制品; (3) 把制品多余边缘切除, 切除的多余边缘被粉碎后再被重复利用。

1.1 免切边的定义

所谓免切边, 就是不经机械切边工序而达到与切边同样效果的工艺。由于以前的许多纸浆模塑制品生产设备自动化程度低下, 无法做到自动切边和自动打孔, 都要进行手工切边、手工打孔(侧打孔), 所以出现了一些免切边的纸浆模塑制品。

1.2 热压定型模具的热膨胀

湿压法制作纸浆模塑制品的过程中, 吸滤成型模具始终保持室温状态, 称作冷态模具。热压定型模具工作时处于170~190℃的工作温度, 是热态模具。热胀冷缩, 热压定型模具从冷态变成热态时, 模具会热膨胀变大, 制品的尺寸和中心距也因热胀而变大。

1.3 模具热膨胀量的计算方法及分体式模具和分体加热板

按公式(1)计算金属长度膨胀量 ΔL :

$$\Delta L = a \times L(t_2 - t_1) \quad (1)$$

式中:

ΔL —金属长度膨胀量, mm;

a —热膨胀系数, mm/mm·℃;

L —金属长度, mm;

t_1 —周围空气温度, ℃;

t_2 —金属温度, ℃。

通常模具温度为180~200℃, 周围空气温度30℃, 模具材料通常为铜或合金铝的热膨胀系数是恒定的, $(t_2 - t_1)$ 变化也不大, $a(t_2 - t_1)$ 可以用系数 k 来代替, 按公式(2)计算金属长度膨胀量 ΔL :

$$\Delta L = k \times L \quad (2)$$

式中:

k —简化热膨胀系数, 也可称之为热膨胀百分比, mm/mm。

根据经验, 铜模具和铜加热板的简化热膨胀系数, $k=0.3\%$; 铝模具加热板的简化热膨胀系数, $k=0.4\%$ 。

而常规模具的大小为900~1200 mm, 也有模具的大小为1500 mm×1500 mm、1850 mm×1850 mm的大台面纸浆模塑成型机。

根据公式(2), 如果铝模具的大小为900 mm, 则 $\Delta L = k \times L = 0.4\% \times 900 \text{ mm} = 3.6 \text{ mm}$; 如果铝模具

的大小为1200 mm, 则 $\Delta L=k \times L=0.4\% \times 1200 \text{ mm}=4.8 \text{ mm}$; 也就是说, 1000 mm \times 1000 mm的铝模具, 长度膨胀量 $\Delta L=4 \text{ mm}$ 。

同理, 1500 mm \times 1500 mm的铝模具, 长度膨胀量 $\Delta L=6 \text{ mm}$; 1850 mm \times 1850 mm的铝模具, 长度膨胀量 $\Delta L=7.4 \text{ mm}$ 。

由此可见, 整体加热板和整体模具的热膨胀量是比较大的, 任何采用整体加热板的模具都会出现制品的大小边现象, 免切边制品根本无法做到比较整齐的边缘效果。免切边的成型模具必须采用分体式模具和分体加热板。

1.4 模具热膨胀与免切边效果的相关性

因为整体加热板的加热膨胀会导致热压模具上的制品型腔的中心距变大, 所以热压模具的制品型腔的中心距大于吸滤成型模具的制品型腔的中心距。虽然, 在模具设计时可以进行预先控制, 但由于制品品种多样, 无法达到加热后的热压模具上的制品型腔的中心距与吸滤成型模具的完全一致。这就会导致热压定型后制品的边缘大小不均匀, 行业内称之为大小边。通过边缘的切除可以保证制品的边缘大小一致, 堆叠在一起时非常整齐。但免切边制品的大小边导致制品边缘的不整齐。模具热膨胀量越大, 制品边缘越不整齐。为达到较整齐的制品边缘, 需要控制模具热膨胀量。

1.5 免切边制品需采用分体式加热板和分体式模具

由于免切边制品需采用分体式加热板和分体式模具, 分体模具和分体加热板只适合某一特定制品, 通用性很差。更换模具时必须同时更换加热板。而加热板的价格几乎与模具的费用相同。所以, 免切边制品的模具

费用较高, 几乎是整体模具费用的2倍。模具费用高导致制品成本分摊高。

2 免切边纸浆模塑制品的生产成本影响因素

2.1 吸滤成型的真空消耗

免切边的生产过程中, 在吸滤成型时采用的纸浆浓度较低(因为如果纸浆浓度较高, 免切边效果就差, 毛边严重), 所以生产免切边制品时, 浆的浓度比切边的低较多。一般地, 切边制品浆的浓度: 4%~5%; 免切边制品2%~3%。同样生产1t制品, 真空吸滤成型时的排水量要增加较多, 几乎达到2倍以上。也就是说生产免切边制品要消耗的真空量比切边制品大得多。真空耗能是纸浆模塑生产过程的主要能耗之一。

2.2 包装、运输成本

免切边工艺为了达到减少毛边的效果, 在热压合模时, 要经过较长时间的虚压过程, 否则就出现“炸边”现象或较多毛边。所谓“虚压”就是热压合模时, 上下热压模具在合拢时先不压紧, 对模具内的“湿坯”进行一定时间的烘烤, 等“湿坯”被烘烤到一定干度后, 再施加合模力进行热压定型。

这一虚压烘烤过程浪费了很多热量, 另一不良后果就是制品的密实度低。比如同样300个10寸圆盘制品叠在一起, 免切边制品比正常的制品要高出30~50 cm, 大大增加了包装、运输成本。

2.3 原料的特殊要求对成本的影响

根据多个使用过免切边工艺生产的厂家反馈, 采用蔗渣浆、麦草浆等100%草浆无法达到免切边效果, 要加入一定量的木浆进行调浆。



自动切边的纸浆模塑制品成型机



自动切边的纸浆模塑制品

2.4 免切边分体式加热板的通用性与互换性差, 导致模具成本较高和制品成本显著增高

一台纸浆模塑生产设备通过更换模具的方式可以生产许多种产品。生产纸浆模塑食品包装或餐具产品, 因为种类多、制品式样繁杂, 要求模具价格低, 尽量减少模具的更换部分, 尽最大可能保留模具的通用部分。决定制品形状的模具型腔部分是必须更换的, 模具的加热板及加热板下面的真空腔体可以通用。采用整体加热板是通用性最好的, 分体加热板越小越不通用。所谓分体式加热板, 就是分成小块的为分体式模具单配的模具加热板, 通用性是一个大问题, 也就是说, 分成小块的的分体式加热板基本上是某一单一制品专用的, 更换模具需要同时更换分体式加热板和真空腔体, 所以更换模具的成本较高。

分体模具和分体加热板只适合某一特定制品, 更换模具时必须同时更换加热板。而加热板的价格几乎与模具的费用相同。所以, 免切边制品的模具费用较高, 几乎是整体模具费用的2倍。

2.5 分体式模具和加热板导致制品排布数量减少和产量降低

按加热方式分, 加热板主要分为电加热和导热油加热二种方式。所以, 加热板也分为“电加热板”和“导热油加热板”。电加热板, 包含插入在加热板内的许多根电加热管; 导热油加热板, 内设导热油回路, 外部与导热油管道连接。

分体式电加热板, 在每一小块加热板都需要插入一定数量的电加热管, 要把电线通到每一块加热板, 所以分体式电加热板之间需要保持一距离; 分体式导热

油加热板, 则每一块分体的导热油加热板都内设导热油回路, 分体式导热油加热板之间需要采用管道相互连接, 而且要有最小弯曲半径, 所以分体式导热油加热板之间的距离更大。

分体式电加热板和分体式导热油加热板之间需要保持的距离, 造成机器可生产制品的数量减少, 导致产量降低。

2.6 分体式加热板的维护和更换麻烦, 成本较高

分体式电加热板, 在每一小块加热板内都需要插入一定数量的电加热管, 所以电加热管数量远远大于整体式电加热板。电加热管有一定的使用寿命, 分体式电加热板更换电加热管的机率比整体式电加热板大得多, 且操作难度大、停机时间长。每块分体式电加热板及其电加热管, 相互之间的规格尺寸都是不一样的, 没有互换性, 电加热管备件多, 管理成本高。

分体式导热油加热板, 则每一块分体的导热油加热板都内设导热油回路, 由于加热后的热膨胀, 连接分体式导热油加热板之间的管道容易漏油。

更换分体式加热板也是非常耗费时间的工作。因为需要拆下模具、分体式加热板、电线、与之连接的导热油管等。所以免切边制品的模具变更麻烦, 更换模具的时间长、人工成本高。

2.7 免切边制品的废品率较高

由于黄边、黑边现象经常发生, 免切边制品的废品率较高, 明显提高了生产成本。

2.8 免切边制品较低的综合产量对成本的影响

根据上述分析, 以下因素导致免切边的产量比非免切边的要低。(1) 免切边工艺的排水量大, 吸滤时间长, 导致产量降低; (2) 较长的虚压过程导致产量降低; (3) 分体式模具和加热板导致制品排布数量减少和产量降低; (4) 免切边制品低的合格率, 导致产量降低。产量低, 必然导致成本升高。

3 质量比较

纸浆模塑制品中, 有大量的掀盖式锁盒, 锁盒由盒盖和盒体二部分组成, 标签锁定系统把掀盖式的盒子盒盖和盒体锁在一起。标签锁定系统需要在掀盖盒子的底盒侧面开一个或二个窄长孔。小尺寸有一个标签锁, 大尺寸有两个。自动切边的纸浆模塑生产设备是在



免切边的纸浆模塑制品

制品热压定型后冲切出这些窄长孔，窄长孔整齐漂亮、性能好。

免切边加工方法制作窄长孔的方法：标签锁的窄长孔在吸滤成型时形成，经过热压干燥定型后，制品保留了这些窄长孔。但是这样的窄长孔在侧面上很难制作，容易变成宽度大的宽长孔。宽长孔严重影响标签锁定系统对掀盖式盒子的密封效果。免切边加工出来的宽长孔周围存在较多容易脱落的碎纤维，既影响使用又不卫生。

4 结束语

从真空消耗量、包装运输成本、原料成本、模具成

本、维护成本、制品产量、制品质量等多方面综合分析，免切边制品的生产成本比自动切边制品的生产成本要高。据统计，免切边制品的生产成本高出切边制品20%左右。

“免切边的纸浆模塑制品生产成本低”和“免切边的纸浆模塑制品制造过程简单”，都是初行者的认识误区。

使用过免切边方式来生产纸浆模塑餐具制品生产的厂家有：山东邹城的一家工厂、广东绿洲公司、广西南宁的侨旺公司、马来西亚的一些工厂等。但最终这些公司都增加了切边机，对制品进行切边处理。这些都是过去的经验和教训。☞

[收稿日期：2021-12-28]

SCIENTIFIC
RESEARCH

科学
研究

山东省造纸工业研究设计院 科学研究中心

我院科学研究中心拥有雄厚的技术力量和国内领先水平的实验检测手段。现有制浆、抄纸、涂布加工等全套实验设备和先进的分析、检测仪器100多套。近年来完成了数十项科研项目，大部分填补了国内空白，部分达到国际领先水平。曾多次获得省部级科技成果奖及科技进步奖。在制浆、造纸、化学助剂应用及涂布加工等方面，积累了丰富的经验。



近几年完成的代表性科技项目

- 高档奶杯纸生产技术的研究
- 食用菌菌渣制浆及其综合利用技术的研究
- 微涂轻质印刷纸的研制
- 环保型高档防近视课本纸的研究
- 粉煤灰矿物纤维的精制及其在高档文化用纸中应用技术的研究
- 芦竹生物 APMP 制浆及配抄轻型印刷纸的研究



联系电话：0531-86951828

中华纸业传媒



浆纸技术



中华纸业

CHINA PULP & PAPER INDUSTRY

第43卷
总第526期 第**6**期

2022年3月·下半月刊

国际标准连续出版物号:ISSN 1007-9211 国内统一连续出版物号:CN 37-1281/TS 邮发代号:24-136



杰锋传动 保用**10**年

—— 质量重于泰山 ——

