

# 低压灌注设备配比调节方法的改进研究<sup>\*</sup>

李爱平<sup>1</sup> 王红蕾<sup>1</sup> 冯小军<sup>1,2</sup>

(1. 同济大学现代制造技术研究所, 上海 200092; 2. 深圳职业技术学院, 深圳 518055)

**摘要** 在分析德国 E. Tartler 公司生产的 MDM-5 型低压灌注设备现有齿形皮带机构配比调节方法存有弊端的基础上, 提出了应用变频调速方法进行配比调节的方案。该方案不但可以弥补齿形皮带机构调节配比的不足, 而且还具有操作过程简单, 能实现平滑的无级调速, 控制精度较高及系统体积小、质量轻、节约电能、便于维护等优点; 给出了控制系统框图, 并指出变频器的选用要点。

**关键词** 低压灌注设备 配比 反应注射成型 变频调速

低压灌注过程属于反应注射成型, 其工艺流程如图 1 所示。常温、低压的 A、B 两组分(液态)分别经计量泵以一定的配比送入混合头内进行充分混合后注入模具, 经快速反应、聚合交联、固化、脱模后即得到制品<sup>[1]</sup>。该低压灌注工艺具有物料混合效率高、原料配方灵活、生产周期短、过程简单及成本低等优点, 目前其制品已用于汽车、家具等工业和建筑业等多个领域。

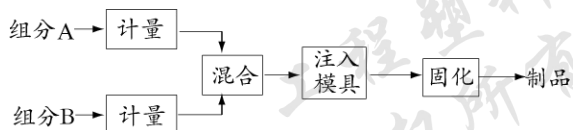


图1 低压灌注工艺流程图

适当调整 A、B 两组分的配比, 可以得到不同性能的制品, 而制品的性能始终是企业和市场所关注的焦点, 所以, 如何精确而又方便地调节进入混合头的两组分配比是研究低压灌注设备的重要内容之一。笔者在分析现有配比调节方法的基础上, 提出了采用变频调速方法来调节两组分的配比, 并以合成聚氨酯为例, 将原料分成 A、B 两组分, 比较了改进配比调节方法前后的差异。

## 1 现有配比调节方法

图2为德国 E. Tartler 公司生产的 MDM-5 型低压灌注设备。该设备主要由混合头、储料桶、计量泵、主机箱等结构组成, 其中主机箱由电机、齿形皮带、齿形皮带轮、继电器、皮带张紧轮等组成。其齿

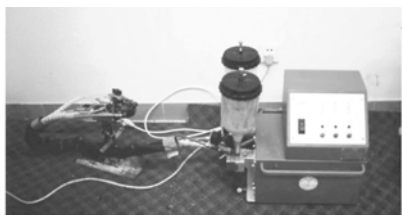


图2 MDM-5 型低压灌注设备

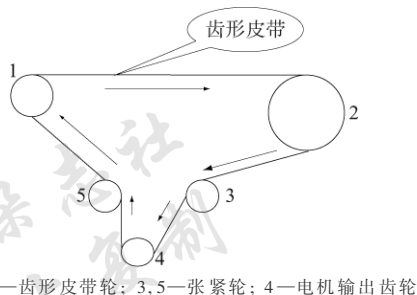


图3 齿形皮带配比调节装置

形皮带配比调节装置如图 3 所示。由图 3 可知, 动力经电机输出到齿轮, 经张紧轮 5 传到齿形皮带轮 1, 而齿形皮带传力到齿形皮带轮 2, 实现两根泵轴的旋转。由于齿形皮带轮 1、2 的齿数不同, 导致两根泵轴的转速不同, 相应地输出的流量也不相同。在这个装置中, 两组分的配比只能通过更换齿形皮带轮来调整。通过改变两个齿形皮带轮的齿数比可引起泵轴转速比的变化, 从而实现输出流量(配比)的改变。在生产实践中, 这种配比调节机构具有下述缺点: ①配比调节麻烦。操作时必须经常打开机箱, 调换相应的齿轮以满足配比调节的需要, 操作费时费力。②设备维护不便。长期运行后需要更换的齿轮太多, 极易丢失。③制品质量难以保证。因经常更换齿轮会造成齿形皮带的变形及磨损, 致使配比调节不精确, 制品质量不能保证。

## 2 应用变频调速方法进行配比调节

### 2.1 变频调速方法的原理

改变电机转速的方法有很多, 而变频调速是近代电气工程中发展最快的一种电动机调速方式。电机的转速方程式<sup>[2]</sup>为:

<sup>\*</sup> 广东省自然科学基金项目(030635)、上海市科技攻关项目(031111078)

$$n = 60 \times f \times (1 - s) / p \quad (1)$$

式中:  $n$ ——电机转速, r/min;

$f$ ——电源频率, Hz;

$s$ ——电机转差率;

$p$ ——电机定子极对数。

由式(1)可知,改变频率 $f$ 、电机转差率 $s$ 或电机定子极对数 $p$ 都可以达到改变电机转速的目的。其中通过改变电机定子极对数 $p$ 进行调速的方法不适合平滑调速的场合,且调速时低速的人为特性较硬,静差率较高;通过改变电机转差率 $s$ 调速的方式在调速过程中会把转差率部分或全部消耗掉,调速时发热严重,且效率较低;而变频调速方式的调速性能最好,不仅调速范围大且静态稳定性好,有较高的平滑性、较硬的低速特性及好的动态响应,可以实现恒转矩调速,并保持过载能力不变,运行效率很高,这是异步电机最有发展前途的一种调速方式。

## 2.2 应用变频调速方法进行低压灌注设备配比调节的原理

在低压灌注设备中采用两台电机分别驱动两台计量泵,固定其中一台电机(M1)的转速,采用变频调速器调节另一台电机(M2)的转速以实现计量泵流量的调节,从而达到对两组分配比的调整。这样不仅能实现平滑的无级调速,保证高可靠性和高精度,而且节约电能,经济实用,可操作性也较好。

在计量泵的选用上,可以采用回转式计量泵中应用最多的齿轮计量泵。齿轮计量泵不仅可达到较高的计量精度,而且还能很好地控制温度,计量不同粘度的物料,尤其是它的流量调节范围较宽<sup>[3]</sup>。计量泵的输出流量与泵轴转速的关系如式(2)所示:

$$Q = \pi m^2 \times Z \times b \times n \times \eta_v / 30 \quad (2)$$

式中:  $Q$ ——输出流量, L/min;

$m$ ——齿轮模数;

$Z$ ——齿数;

$b$ ——齿宽, mm;

$n$ ——泵轴转速, r/min;

$\eta_v$ ——泵的容积效率。

在固定计量泵的容积效率恒定情况下,其输出流量与泵轴转速之间呈线性关系。故只要改变电源频率 $f$ 就能实现泵轴转速 $n$ 的变化,从而达到无级调速,进而达到改变计量泵输出流量的目的,实现高可靠性、高精度的双组分配比的调整。

如果选用可编程序控制的变频流量控制系统<sup>[4]</sup>,则控制系统原理框图如图4所示。由图4可

看出,该系统采用可编程序控制器,可以实现手动设定频率和自动设定频率。手动设定频率是指系统可以直接进行手动调节,如在原料灌注之前先手动设定好所需频率,或者当流量传感器出现故障时,人为将手动/自动开关置于手动位置,从而实现频率的手动设定。当系统处于自动设定频率时,系统以泵1、泵2流量的比值即实际的两组分配比作为反馈信号,与人为设定的恒定配比相比较,进而启动电机进行变频调节运行,达到预设的恒定配比,形成一个动态平衡过程,从而实现系统的自动调节配比功能。

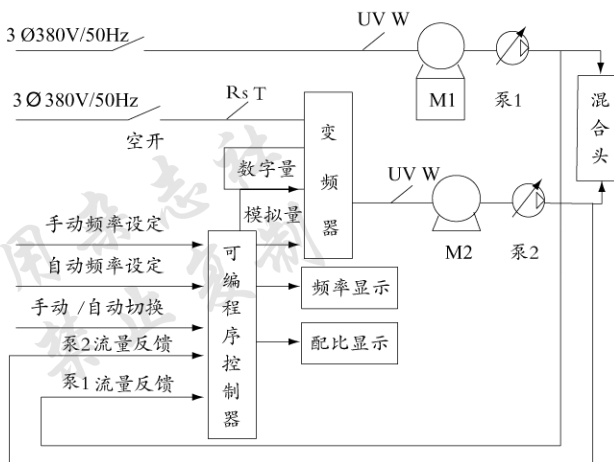


图4 控制系统原理框图

## 2.3 变频调速方法的优点

(1) 操作简便。采用交互式操作方式,在改变配比时无需更换机箱中的任何零部件;使用LED监视器及故障指示灯随时监控系统的运行状况。

(2) 制品质量好。采用变频调速实现无级调速,精确控制物料配比,从而保证制品质量。

(3) 节约电能。通过变频调速器控制泵用电机的转速,而泵的实际流量正比于电机的转速,所以泵的输出功率也正比于电机的转速,从而起到了节能的效果。

(4) 可靠性好。合理选用变频调速器,使其具有比较完善的保护功能,当发生故障时,系统能够实现及时保护,并有声光报警功能。

表1列出齿形皮带装置和变频调速装置的比较。由表1可知,采用变频调速方法来调节配比的方案是合适的。

## 2.4 应用变频调速方法时应注意的问题

除了弄清原理,还必须合理选用变频器。选用时应注意以下问题:

(1) 合理选择变频器功率。变频器功率应与电机功率大致相当,以利于变频器的高效率运转。另

| 表 1 齿形皮带装置和变频调速装置的比较 |        |        |
|----------------------|--------|--------|
| 项 目                  | 齿形皮带装置 | 变频调速装置 |
| 尺寸稳定性                | 不稳定    | 稳定     |
| 制品质量                 | 一般     | 好      |
| 工作效率                 | 中      | 高      |
| 可操作性                 | 差      | 好      |
| 节能效果                 | 一般     | 好      |
| 使用成本                 | 低      | 中      |

外,当变频器的功率分级与电机功率分级不不同时,变频器的功率要尽可能接近或略大于电机的功率。

(2) 合理确定变频器容量。可以通过测定电机的实际功率来选择变频器的容量;还可通过式(3)来计算变频器的容量:

$$P_b = 1.05 \times P_m / \eta \times \cos \phi \quad (3)$$

式中:  $P_b$ ——变频器的容量, kW;

$P_m$ ——电机功率, kW,

$\eta$ ——电机效率;

$\phi$ ——电机功率因素。

IMPROVEMENT ON PROPORTION ADJUSTING METHOD OF LOW-PRESSURE BOTTLER

Li Aiping<sup>1</sup>, Wang Honglei<sup>1</sup>, Feng Xiaojun<sup>1, 2</sup>

(1. Institute of Advanced Manufacturing Technology, Tongji University, Shanghai 200092, China;

2. Shenzhen Polytechnic Institute, Shenzhen 518055, China)

**ABSTRACT** A method of frequency control for proportion adjusting is put forward by analyzing the adjusting method of denti-form belt feeder in MDM-5 low-pressure bottler made by E. Tartler GmbH, Germany. This method not only can make up the defects appearing in the conventional one, but also has the advantages such as simplicity of operation, smooth speed variation, high control accuracy and the system being small, light, energy saving and convenient for maintenance. A figure of new control system is brought forth and the key selection essentials are pointed out.

**KEYWORDS** low-pressure bottler, proportion, reaction injection molding, frequency control

废旧塑料门窗将成为大市场

我国塑料门窗产业是 20 世纪 80 年代发展起来的。目前早期投入使用的塑料门窗已陆续进入更换期。

随着塑料门窗的进一步推广和使用年限的推移,废旧塑料门窗的更换淘汰将成为一个巨大的市场。回收利用旧塑料门窗不仅是节约材料资源的需要,更是环境保护的需要。过去国内对塑料门窗的回收利用问题曾有过争论,一些业内人士认为,“废弃的塑料门窗难以回收处理”、“PVC 材料不可再生利用”、“废旧塑料门窗因为难以回收,会对环境造成严重的污染,甚至是灾难”等。然而事实上,塑料门窗的回收利用是完全可行的。

塑料门窗的原料 PVC 是一种热塑性塑料,具有可重新塑化的特点。对于生产过程中形成的试模过渡料和下脚料,经过粉碎、筛选后,可以重新掺混到新原料中再次挤出成型,或者与新原料共挤出以使之被包裹在型材内部。

国内一些 PVC 型材厂家一直在从事这项工作,通过使用混合送料装置将粉状料和回收粉碎料均匀地混合,并严格

求得变频器容量后,可按变频器产品目录选择具体规格。

3 结语

以德国 E. Tartler 公司生产的 MDM-5 型低压灌注设备为例,分析了齿形皮带装置调节反应注射成型中两组分配比的弊端。而采用变频调速方法调节两组分配比,可以弥补齿形皮带装置调节配比方法的不足,且具有操作过程简单,能够实现平滑的无级调速,控制精度较高及系统体积小、重量轻、节约电能等优点,是保证制品质量、提高生产效率的有效方法。

参考文献

1 Macosko C W. Reaction Injection Molding Fundamentals. New York: Hanser, 1988.

2 韩安荣. 通用变频器及其应用. 北京: 机械工业出版社, 2000.

3 张惠敏. 聚氨酯加工设备中的计量系统. 橡胶技术与装备, 1996, 22: 9

4 Siemens. 西门子通用变频器应用实例手册. 西门子公司, 2002.

控制粉碎料的输送量,所生产的型材完全能满足各项性能要求。另外,还可以将回收料制成板材、管材、管件、扶手等塑料制品。

在 20 世纪 90 年代初期,欧洲一些国家就着手对更换下来的塑料门窗进行回收利用,并具有一整套粉碎、分离、回收、重复利用的成熟办法。德国 1993 年就建成了一家废窗回收处理工厂,该厂全部采用自动化生产方式,仅有 48 名员工,年处理废窗可达 2 万 t,而且回收材料的利用率高达 97% 以上,废弃物仅有 2.5% 左右,从而有效地解决了废弃塑料门窗再利用和环境保护问题。

我国大范围推广使用塑料门窗的时间虽然比欧洲晚,但是我国塑料门窗的使用数量大,一些产品具有使用周期短、更新快的特点。因此,有关部门对这一问题必须引起足够的重视。只要我们认真学习、借鉴国外成熟的废旧塑料门窗回收经验、技术,做好废旧塑料门窗回收再生工作,尽可能对资源进行循环利用,将对我国经济可持续发展和环境保护工作发挥重要作用。

(皖甘)