

电磁加热节能装置在注塑机(挤出机)上的应用研究

陶永亮¹, 寻尚伦², 郑英杰³, 邱峰⁴, 高廷文¹, 田书竹⁵

- (1. 重庆川仪工程塑料有限公司, 重庆 400712 ;
2. 深圳塑能节能装备有限公司, 广东 深圳 518122 ;
3. 重庆大茂堤维西汽车部件有限公司, 重庆 402761 ;
4. 重庆科技大学材料与新能源学院, 重庆 401331 ;
5. 广东岭南职业技术学院智能制造学院, 广东 广州 510663)

注塑机是将热塑(热固)性塑料利用塑料成型模具制成各种形状的塑料制品的主要成型设备^[2]。制造业中, 注塑机耗能的电老虎之一, 注塑机数量庞大, 使用寿命一般在20年左右。据有关文献报道, 南方一发达城市塑料制品碳排放占制造业的相对值高, 其工业增加值占制造业产值的3.25%, 电力耗能占制造业耗能的10.62%, 塑料制品业2010年当时的碳排放量为329.4万t^[3-4]。

挤出机是塑料原料颗粒加工、材料改性搅拌造粒、挤出加工产品中必须配置的设备, 耗电情况和注塑机大同小异。可见注塑机(挤出机)是耗能很高的设备, 耗能越高, 相对地碳排放也成正比。2020年9月22日, 在第75届联合国大会一般性辩论会上, 中国向世界承诺二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值, 努力争取2060年前实现碳中和(简称“双碳”目标)^[5-6]。面对“双碳”目标, 注塑机(挤出机)节能改进是势在必行的途径。

1 注塑机(挤出机)耗能基本概况

注塑成型工艺将熔融的聚合物溶体, 再注入到模具型腔中, 等聚合物溶体固化后, 模具型腔打开, 塑件被顶出。具体动作: 合模→注塑座向前移动→注塑→保压→冷却(预塑)→注塑座向后移动→开模→顶出塑件→顶杆复位→合模。通过这一工艺分析, 注塑

机需要有操作动力和聚合物加热系统, 即动力部分和加热部分, 这两项都需要电能来支持。在传统液压注塑机用电量中, 液压油泵占到了80%以上^[7], 其他还有料筒加热用电占到约15%, 电气操控用电和其他一些用电占到了5%等^[8]。其中料筒加热是使聚合物熔化有着必不可少的环节。挤出机与注塑机耗电情况大同小异, 挤出机用模头出丝或产品, 注塑机用模具出产品。

挤出机是通过加热、加压和剪切等方式, 将固态塑料变化成均匀一致的熔体, 并将熔体送到下一个工艺^[9]。工作时原材料通过加料口送入机筒, 随着螺杆旋转而向前推进。当原材料进入机筒后, 受到来自料筒外面加热器的加热, 材料开始软化并熔化。螺杆保证了物料在向前推动过程中受到剪切、压缩和搅拌作用, 这有助于材料混合均匀, 确保熔融物质量。熔融材料通过挤出机机头, 这是决定产品形状的关键部分。根据生产需求的不同, 机头可以被替换成不同的模具, 从而生产出不同截面的制品, 有的是出丝后造粒, 有的根据口模挤出所需的产品。在塑料挤出行业, 加热料筒的电能占比通常低于驱动电机, 对于中小型设备使用传统电阻加热, 包括加热料筒在内其他能耗(如加热、冷却、辅助系统), 料筒加热占总电能的20%~40%^[10]。为了实现注塑机(挤出机)节能低碳, 有必要降低液压油泵的耗电量, 这也给注塑机(挤出机)动力改进提供新的途径的同时, 也需要降低料

筒加热用电量,通过电磁加热节能装置在注塑机(挤出机)上应用,改进使注塑机(挤出机)料筒加热方法,使用电尽量减少。

2 料筒电磁节能加热装置

传统的注塑机(挤出机)料筒加热方式是使用电阻式加热圈。这种电阻式加热圈是通过电流的电阻热效应来产生热量^[11],将加热圈的内壁安装在料筒(也称炮筒)外壁上,并且需要紧密接触(接触式传导)才能将热量传递到料筒上。目前,电阻式加热圈具有结构简单,价格便宜,安装使用方便等优势。在接触式传热中,注塑机(挤出机)在高速运行过程中有震动现象也会影响到加热圈的加热效果另外,加热圈的外圈裸露在空气中,会散发出较多热量,热损较大,热损失可达50%^[12],从而带来能耗的增加。加热圈的外圈裸露在外面夏季对生产环境影响较大,并有一定安全风险。

电磁加热圈(防漏胶)是在传统电阻式加热圈基础上做了技术创新,用电磁加热替代了电阻加热,节能和安全指标有着很好地提升。其原理是通过电磁加热控制器将交流电转换为高频电路,经过电磁发热圈(即高频线圈)产生高频磁场,使料筒铁分子发生共振而产生热量,达到加热目的^[13]。电磁加热圈包括带定位功能内筒基体(由耐高温材料构成),电磁感应线圈,设有线圈定位边和测温点定位缺口,电磁感应线圈是多股电线绕制在内筒基体上,是单层或双层(多层)的线圈,这与加热器功率选择层数^[14]。如图1所示。

电磁加热圈可以在注塑机、吹膜机、挤出机塑料机械料筒高频加热选用,使料筒本体发热并且不散热,降低剪切力,同规格型号的整套加热圈比电阻加热圈节电率40%~50%。电阻加热圈外圈表面温度有236℃,电磁加热圈外圈表面温度有47℃,降低车间内温度3~6℃,极大节约了电力成本,做到节能减排。一般5个月即可收回全部投资^[15],使用寿命长,电磁加热圈得到了广泛的应用。现在还有“纳米红外线加热”,通过碳纤维或石英灯管等对料筒直接表面光源高温加热,由发热圈到料筒直接热传递,节能效果更佳。



图1 电磁加热圈结构与安装示意图(网图)

2.1 电阻加热圈与电磁加热圈实验比较

为了让大家对电磁加热圈的了解,通过电阻加热圈与电磁加热圈实验获得相关数据(如图2所示),电阻加热圈用于料筒上,电磁加热圈用于法兰盘上,进行实验与比较。实验表明:

(1) 电磁加热圈预热启动较快,缩短整体加热时间。

(2) 采用电磁加热升温快而且更加均匀,解决传统传导式加热存在的控温不准,以及热缓冲时间长等问题。

(3) 电磁加热可以保证机筒和法兰同步加热,提高整体温度均匀性。

(4) 电磁加热圈安装和维护方便,通用性较强。

2.2 磁加热圈应用优势

电磁加热圈在注塑机(挤出机)应用多年以来,基本形成独特优势:

(1) 相比传统铸铜铸铝红外线等电阻丝加热节能40~60%。

(2) 发热圈表面低,基本无热量排放到车间,改善操作人员工作环境。

(3) 发热圈表面设有温度传感器,当温度失控或加温异常时,切断加热信号并报警,发热圈表面温度40~50℃,可安全触摸,维护方便,具有电磁屏蔽作用。

(4) 缩短加热时间,电磁加热圈比电阻加热圈缩短预热时间30%,并且加热更加均匀。

(5) 电磁电源功率可曲线加热,实现精准控温,改善产品质量,生产效率高。

2.3 电磁加热圈在注塑机上应用

BU650T是一台锁模力650 t、注塑量为4 000 g的注塑机,是注塑厂应用较广的大中型注塑机,注塑机

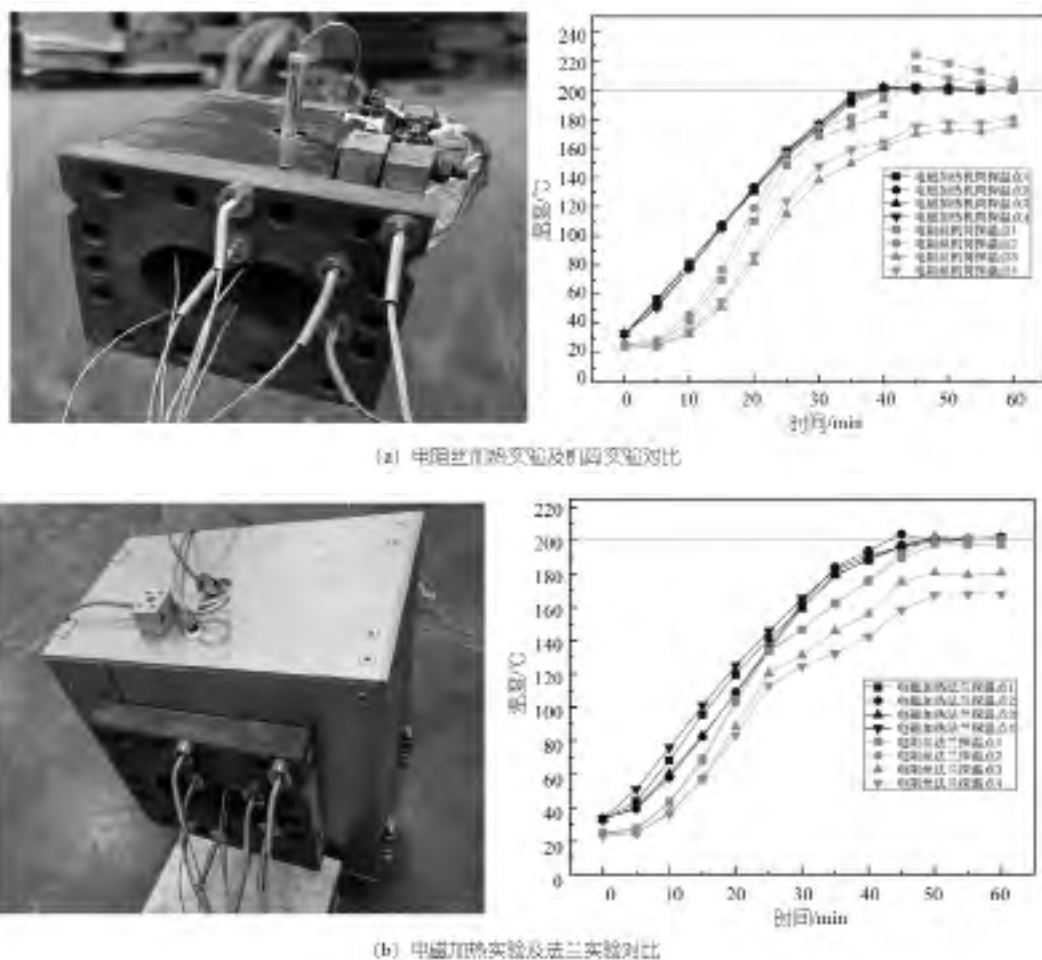


图2 电阻丝加热、电磁加热实验与对比

料筒采用电阻式加热圈组加热，每小时用电量9 kW·h（度）。采用电磁加热圈组加热，每小时用电量5.4 kW·h（度），其中每小时节约电量3.6 kW·h（度），由此采用电磁加热圈组比电阻式加热圈每小时节电率40%，节约电能。每年节电量为 $5.4 \times 22 \times 26 \times 12 = 370\ 656$ kW·h（度）（按每天工作22 h，每月26天计算），对一台注塑机来说一年的节约电量很可观。电磁加热圈采用扣合式安装方式，拆卸方便，互换性强。电磁电源置于加热主体设备侧面，避免导线干扰，操作方便。整体结构紧凑，布局合理，节省空间。后期维护成本大大降低^[16]。如图3所示。



(a) 原电阻加热圈示意 (b) 电磁加热圈示意图
图3 两种加热圈安装示意图

2.4 电磁加热圈在挤出机上应用

平行双螺杆挤出机（螺杆直径65mm）是用户常用的一种挤出机^[17]，可以用来挤料造粒或用来挤出产品。挤出机使用电阻加热圈组每小时耗电量17 kW·h（度），改用电磁加热圈组每小时耗电量8.5 kW·h（度）。由此采用电磁加热圈组比电阻式加热圈每小时节能率50%，省电一半。

某一材料改性企业，有4台同样型号挤出机，每小时节电 $8.5 \times 4 = 34.0$ kW·h（度），每年节电量为 $34 \times 22 \times 26 \times 12 = 233\ 376$ kW·h（度）（按每天工作22小时，每月26天计算），全年共节省标准煤28.7 t，减少二氧化碳排放量133 t，由于塑化能力更高，客户螺杆转速由原来的70%提升到100%，产能有30%提升。

按照每度电0.8元工业用电价计算，每年投资收益为 $233\ 376 \times 0.8 = 186\ 700$ 元（电费），此项投资总共12万元，投资回收期为0.64年。加上30%产能提升，

0.5年内可收回投资。车间温度降低2℃,安全性提高,加热圈表面温度50℃可触摸,改善工人作业舒适度,符合职业健康标准。如图4所示。

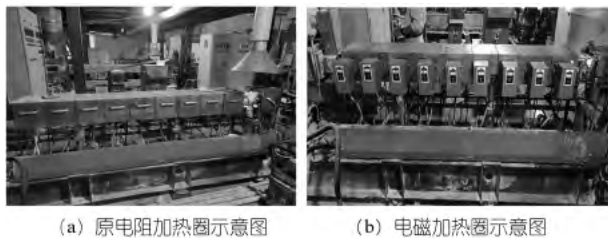


图4 两种加热圈安装示意图

平行双螺杆挤出机(螺杆直径75 mm)^[18],使用电阻加热圈组每小时29.1 kW·h(度),改用电磁加热圈组每小时9.3 kW·h(度),采用电磁加热圈组比电阻式加热圈每小时节能节电量19.8 kW·h(度),每小时节电率68%。如图5所示。

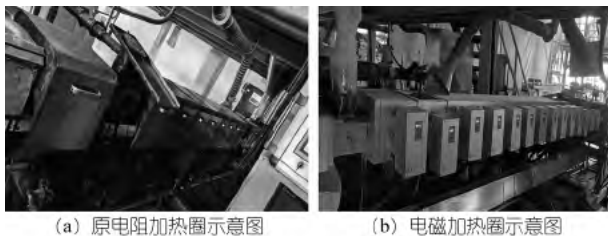


图5 两种加热圈安装示意图

2.5 电磁加热圈其他应用

电磁加热圈不仅在注塑机挤出机上应用,还可以在类似料筒加热的设备上使用,如多层共挤流延机,片材挤出机^[19]、吹膜机、吹(吸)塑机和中空成型机等。如图6所示。

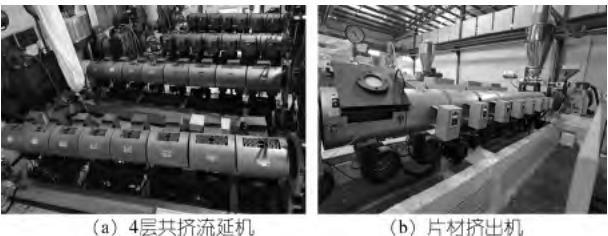


图6 电磁加热圈其他用处

3 结束语

据报道,2019年塑料的生产和焚化将产生超过8.5亿t二氧化碳当量,相当于189个500 MW燃煤发电厂的排放量。据估计,从现在开始到2050年全球塑料生产和焚化将累计排放560亿t二氧化碳当量,占本

世纪中叶根据当前减排承诺可以“支出”总碳预算的10%~13%。到本世纪末,与塑料有关的排放量可能占碳总预算的一半^[20]。从这些数据中看出,塑料行业碳排放量还是很大,减排之路上任重道远。塑料行业通过节约电能,控制产品质量,生产更多地合格产品是减少排放的一个重要途径,实施节能减排、降本增效是实现“双碳”目标基础。以AI赋能减碳,为助力塑料行业智造升级,绿色转型提供源源动力。将实施一系列举措来降低排放量,让电磁加热装置为减缓全球温室效应贡献微薄力量。

参考文献:

- [1] 卢洲洲.光学液态硅胶透镜元件的注塑成型工艺优化研究[D].广东省:汕头大学,2024.
- [2] 景津环保股份有限公司首次公开发行股票招股意向书摘要[N].证券日报,2019-07-08(D15版).
- [3] 王鸿杰.注塑机的节能减排改造路径研究[J].机械管理开发,2017,32(01):111-113.
- [4] 注塑机节能减排改造路径研究的论文[EB/OL].[2019-10-25].
- [5] 安蓓,谢希瑶.《中共中央国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》发布[N].中国纪检监察报,2021-10-25(01版).
- [6] 北极星智能电网在线.如何把握碳市场机遇应对减排的挑战[EB/OL].[2020-12-17].
- [7] 刘学平,潘源,向东.注塑成型工艺的碳排放分析[J].机械设计与制造,2012(11):1-3.
- [8] 泰石电子.注塑机节能发展趋势介绍[EB/OL].[2015-01-30].
- [9] 汪舰.微结构聚合物光纤的制备及其应用基础研究[D].中国科学院研究生院(西安光学精密机械研究所),2010.
- [10] 挤出机能耗怎么降,从螺杆组合开始入手[EB/OL].[2023-09-12].
- [11] 滕秀才.高效节能注塑机关键技术分析研究[D].广东省:广东工业大学,2014.
- [12] 加热圈(图)[EB/OL].[2017-02-08].
- [13] 深圳震业兴科技有限公司.电磁加热圈接线端子防水盖[P].中国:CN201220580842.5,2012-11-06.
- [14] 深圳震业兴科技有限公司.防漏胶电磁加热圈外壳[P].中国:CN201210438860.4,2012-11-06.
- [15] 陶永亮.注塑过程智能控制方法及应用实例[J].橡塑技术与装备(塑料),2019,45(16):38-41.
- [16] 基于复合短纤维的双螺杆挤出设备及其使用方法[P].中国:CN202411101106.0,2024-08-1.
- [17] 爱丽汶森(北京)材料有限公司.一种抗撕裂PVC复合板材:CN201410042759.6,2014-01-27.
- [18] 四川大学.一种色变助剂组合物及其制备方法与应用[P].中国:CN201510076466.4,2015-02-12.
- [19] 昆山博益鑫成高分子材料有限公司.一种防水透气医疗胶带及其制备方法[P].中国:CN201911153555.9,2019-11-22.
- [20] 全球塑料生产和焚烧碳排放有多大.[EB/OL].[2019-11-15].