

温度和振动力场对聚合物固体物料压实密度的影响^{*}

石宝山 瞿金平 周南桥 何和智

(华南理工大学聚合物新型成型装备国家工程研究中心,广州 510641)

摘要 通过对聚合物固体物料的压实实验,探讨了温度和振动力场对固体物料压实密度的影响。结果表明,温度越高,固体物料越容易被压实;振动力场的引入有利于聚合物固体物料的压实,随着振动力场各参数的增大,可以加速聚合物固体物料的压实。

关键词 振动力场 聚合物 固体物料 压实密度

聚合物加工时,自固体物料被加入挤出机料斗进入螺杆到被压实经历了由松到密的过程。然而对这一过程的分析却是十分困难的,其主要原因在于压实过程的复杂性,包括了固体粒子运动的随机性,固体物料性质随压实而发生的变化,固体物料由于摩擦和外加热导致的温度升高等。试验表明,固体物料的状态属性对其加工过程有着重要影响,应当加以详细分析,而密度则是固体物料的重要属性之一,因此对于加工过程中固体物料密度(表观密度)的变化规律需要进行详细探讨。

目前最经典的固体输送是 Darnell 与 Mol 理论。该理论认为固体物料流动速度及密度沿螺槽方向是不变的^[1]。随后的研究者通过实验发现事实并非如此,国内外学者在这方面已经做了大量工作。如 E. Broger 等^[2,3]对螺槽等深和忽略固体物料密度变化的假设做了修正,提出在渐变螺槽中必须考虑螺槽深度、固体物料密度变化,并计入各向压力相异的影响。C. Y. Cheng 等研究了由于压实引起的固体物料密度变化及在不同密度和不同压力下与金属表面的真实接触面积,他们的研究表明,在较低的压力下较软的固体物料更容易达到完全压实,但接触面积不能达到 100%。H. Potene 等^[4]的研究考虑了螺杆和机筒壁的影响,而忽略压力、压力梯度及温度,推导出计算固体物料密度的公式,但该公式只在完全静态的条件下才有效。K. S. Hyun 等^[5]在一台自制的实验设备上研究固体颗粒和粉末的压实行为,他们得出这样的结论:压实过程中固体物料发生弹、塑性变形,空隙率减小,固体物料逐渐被压实,当压力很大时其中的空隙会很小,固体物料密度接近固体颗粒的密度(真实密度);温度对固体物料密度的影响也很大,温度升高,固体物料更容易变形,相应密度会发生较大变化;不同物料如半结晶性物料和非结晶性物料的压实行为不同。

与上述研究不同的是, D. Q. Qiu 等^[6]在实验研究中引入了振动。他们通过对固体物料施加振动和不加振动的压实行为的比较,发现室温下在压实初期即压力较小时,振动对固体物料密度的影响比较明显,在这一阶段施加振动时密度上升得很快,但升幅不大。随着压力的增加,不论有无振动时固体物料密度的差别越来越小。他们还分别对结晶性物料和非结晶性物料在不同温度下密度与压力的关系进行了研究。

当将振动引入聚合物加工全过程^[7~9]后,可以发现固体物料流动速度及密度沿螺槽方向变化相当明显,变化程度与振动力场的各参数相关。关于振动参数对固体物料压实密度的影响至今没有详细的论述,更没有一个可供工程应用的表达式来表示。因此笔者在自制的振动台和压实装置上进行固体物料的稳态和动态压实实验,比较固体物料在振动力场作用下的压实行为,探讨固体物料的压实密度与压力的关系,以及温度和振动参数对固体物料压实密度的影响,以期为研究固体输送过程及机理,特别是电磁动态挤出固体输送过程及机理提供帮助。

1 实验部分

1.1 原料

低密度聚乙烯(LDPE): 951 - 050, 常压下密度为 0.62 g/cm^3 , 极限压力下密度为 0.92 g/cm^3 , 玻璃化转变温度为 -68°C , 广东茂名石化乙烯工业公司。

1.2 实验装置

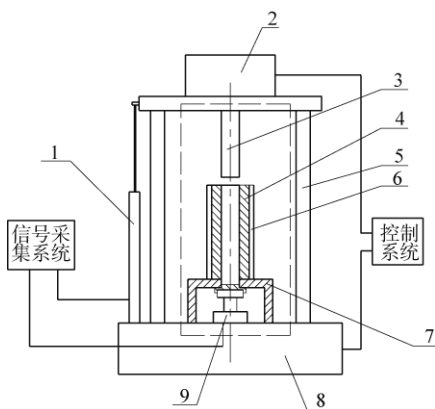
实验采用自制的振动台和压实装置,如图 1 所示,虚线框部分为压实装置。

1.3 实验方法

实验之前对压杆下压需要设定一个最大值,这

^{*} 国家自然科学基金资助项目(10590351)

收稿日期:2006-04-12



1—电子尺; 2—液压振荡器; 3—压杆; 4—料筒; 5—移动杆;
6—加热器; 7—支撑座; 8—底座; 9—压力传感器

图1 振动压实实验装置简图

个值应当大于把松散物料压实到密实状态(其密度接近物料的真实密度)所需要的压力。实验过程中每次加入的物料质量应相等,通过改变振动和温度等条件来考察固体物料密度与压力的关系。

2 结果与讨论

本实验装置是模拟单螺杆挤出机的固体输送段的固体压实过程,是基于研究固体输送理论简化模型而建立的。但在实验过程中与挤出机工作过程不同的是,挤出机可以连续进料,而本实验装置做不到这一点,在压实过程中物料质量是恒定的。

在固体物料压实的过程中,当不施加振动时压杆以匀速下降,因此料筒中固体物料的密度随着时间的延长而成比例增大,直至最后达到一个最大值;当施加振动后压杆的运动形式等于在一个稳定的速度上叠加了一个周期性的波动,与不施加振动时相比,在相同的时间内活塞下降的位移是相同的。由此可知在实验过程中不论有无振动固体物料密度均是一个仅与时间成比例的变化量,而要找出振动力场对固体物料密度的影响则需对压实过程进行更深入的研究。

图2为频率8 Hz时不同振幅下压力与时间的关系曲线。从图2可以看出,随着振动力场的引入,在相同时间点(即压杆下降到相同位置)料筒中物料所受的压力增大;而且振幅越大,压力越大。当没有施加振动时,压力以指数形式逐渐增大直至最大值,而施加振动后在压力增大的过程中会有一个平台出现,而后压力继续增大,最后达到与没有施加振动时相同的最大值(预先设定的最大值)。

挤出机加工时,当固体物料在螺槽中被压实的过程中,螺槽中所建立的压力对固体物料的压实程

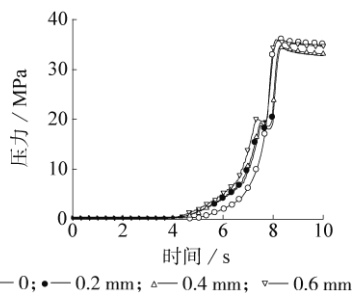


图2 不同振幅下压力与时间的关系曲线

度有很大的影响。从图2可以发现,振动力场的引入对于压力的建立有明显的影晌,由此可知振动力场对密度必然也有影响。

2.1 温度对固体物料密度的影响

图3为不同温度下没有施加振动时固体物料密度与压力的关系曲线。从图3可以看出,温度对固体物料密度的影响很大,在相同压力下40℃时固体物料的密度比室温时提高很多,随着温度的升高,固体物料密度增大得更快,当温度接近熔点时,只需较小的压力就能使固体物料的密度迅速升高至接近真实密度。这表明温度的提高可以使固体物料更容易被压实。因为温度对固体物料密度的影响主要与物料的弹性模量有关,温度升高,物料的弹性模量降低,更容易变形。

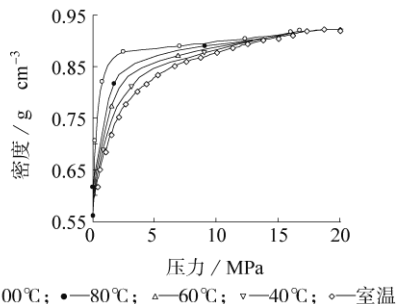


图3 不同温度下密度与压力的关系曲线

2.2 振幅对固体物料密度的影响

图4示出频率8 Hz时不同振幅下固体物料密度与压力的关系曲线。从图4可以看出,当纵坐标相同即压杆下降到相同位置时,随着振幅的增加,螺槽内所建立起来的压力增大。由于本实验装置不可能连续进料,所以此时料筒中的物料具有被压缩得更加密实的趋势。在单螺杆挤出机加工的固体输送过程中,尽量提早建立固体输送的压力,缩短固体输送段的长度,一直是塑料加工者追求的目标。这一点体现在物料密度上就是要增加固体输送密度。这个问题在C. I. Chung的试验中已得到验证。

从图4还可以看出,当振幅变化时密度随压力

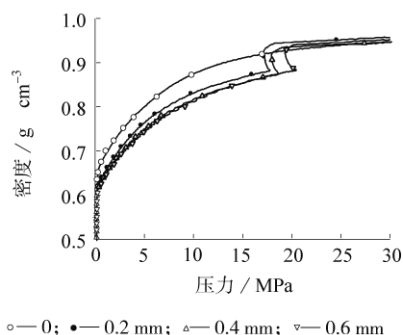


图 4 不同振幅下密度与压力的关系曲线

的变化规律是完全相似的,且施加振动后,固体物料密度与压力的曲线都有一个突变点。这个突变点就是振动的引入所致,这是因为固体物料之间存在孔隙,在挤压初始阶段每个颗粒的运动是相对无规则的,随着压力的建立,孔隙进一步减小,所有颗粒的运动也变得相对有序。这一变化过程在宏观上表现为固体物料体积的迅速减小(即密度迅速增大),而所测压力基本没有变化;在微观上表现为固体物料之间被挤压得更加密实,所有颗粒的运动变得开始有序。而当固体物料被压实到一定程度(即接近真实密度)时,即使再增加压力,物料密度也基本没有什么变化。

另外,可从机理上对图 4 进行分析。在塑料加工过程中,在压力作用下固体物料从松散状态被压至最密实状态,其密度随着压力的增加而增大,直至最后接近真实密度,在初始阶段固体物料密度增加较快,随着压力的增大其升幅减小。这是因为在初始阶段固体物料处于最松散状态,颗粒间排列很松散,空隙率最大,在压力作用下颗粒间产生相对运动,不断填充空隙,压力使固体物料产生弹性变形和塑性变形,并使空隙得到进一步的填充。随着压力的增大,空隙的填充能力下降,因此固体物料密度提高变慢;而当引入振动力场后,固体物料因压力产生周期性的变化而被周期性地压缩、释放,颗粒间的相对运动加剧,空隙分布更加均匀,并得到更充分的填充,固体物料的均匀性更好。固体物料颗粒间的频繁运动降低了物料的弹性模量,加强了颗粒间的摩擦,产生更多的热量,物料更容易被压实,粒子在瞬时压力作用下更容易发生变形。由此可见振动力场对固体物料的压实过程有促进作用。

2.3 频率对固体物料密度的影响

图 5 为振幅 0.3 mm 时不同频率下固体物料密度与压力的关系曲线。对比图 4 可以发现,两个图

中曲线的变化趋势基本相似,纵坐标相同即压杆下降到相同位置处时对应的压力随着频率的增加而增大,而且同样当施加振动后在一定阶段存在一个突变点,这一点之后聚合物固体物料的密度迅速增大至真实密度,而后随着压力的继续增大,固体物料的密度基本无变化。其影响机理与图 4 是完全相同的。

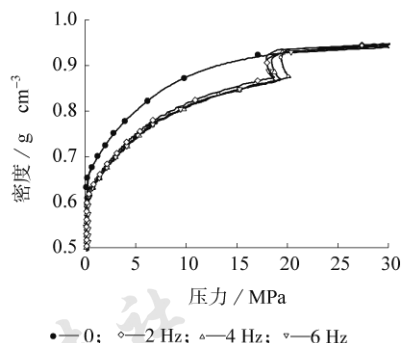


图 5 不同频率下密度与压力的关系曲线

3 结论

在挤出加工中温度越高,固体物料越容易被压实,引入振动力场也有利于物料的压实,并且振动参数对物料压实的影响程度不一。在一定范围内,当振幅或频率一定时,随着频率或振幅的增大均可加速物料的压实,且压实的效果更好,即物料的均匀性更好。由此可以推断实际工程中在允许范围内应当尽量增大各振动参数。

参考文献

- 1 朱复华. 螺杆设计及其理论基础. 北京: 轻工业出版社, 1984. 21
- 2 Broyer E, Tadmor Z. Solids conveying in screw extruders. *Polymer Engineering and Science*, 1972, 12: 12
- 3 Tadmor Z, Broyer E. Solids conveying in screw extruders. *Polymer Engineering and Science*, 1972, 12: 378
- 4 Potente H, Schoppner V. Bulk density of plastics pellets in a screw channel. *Int Polym Proc*, 1995(10) : 10
- 5 Hyun K S, Spalding M A. Bulk density of solid polymer resins as a function of temperature and pressure. *Polymer Engineering and Science*, 1990, 30: 571
- 6 Qiu D Q, Prentice P. Influence of pressure on bulk density of polymer solid granules at different temperatures. *Advance in Polymer Technology*, 1998, 17: 23
- 7 Qu Jinping. Study On the pulsating extrusion characteristics of polymer melt through round-sectioned die. *Polym-Plast Technol Eng*, 2002, 41(1) : 115
- 8 韦宇欣. 振动力场对聚合物固体物料的压实密度和固体床压力建立过程的影响: [硕士学位论文]. 广州: 华南理工大学, 2005.
- 9 瞿金平. 塑化挤出新概念. 华南理工大学学报(自然科学版), 1992, 20(4) : 1

EFFECT OF VIBRATION FIELD AND TEMPERATURE ON DENSITY OF
POLYMER SOLID GRANULES

Shi Baoshan, Qu Jinping, Zhou Nanqiao, He Hezhi

(National Engineering Research Center of Novel Equipment for Polymer Processing, South China University
of Technology, Guangzhou 510641, China)

ABSTRACT The effect of vibration field and temperature on the density of polymer solid granules is studied through the experimental investigation of solid granule compaction. The experimental results show that the higher the temperature, the more easily the granules can be compacted; the introduction of vibration field is of great advantage to the compaction of polymer solid granules; the compaction of polymer solid granules is accelerated with increasing the amplitude or frequency.

KEYWORDS vibration field, polymer, solid granule, compaction density

大连商品交易所申请开通塑料期货交易

大连商品交易所已经向中国证监会 (CSRC) 提交了启动线性低密度聚乙烯期货交易的申请。如果得到批准, 这一举措会使众多国内公司收益, 而外国公司不会受到太大影响, 因为外国公司不能在中国三大期货交易所进行交易。

我国政府正在尽最大的努力减轻对农业从业人员和相关公司的经济限制, 因为两年来城郊居民之间的收入差已急剧拉大。进行聚乙烯期货交易将减少农业领域公司的一些风险, 这种风险往往产生于价格大幅度浮动。

据伦敦金属交易所的发言人说, 大连交易所进行这一期货交易的决定 进一步强调了在塑料行业进行可靠的风险

管理的必要性”。 (慧聪网)

杜邦公司在沪成立包装用树脂研发设施

日前, 杜邦公司包装用塑料与工业用树脂部宣布其在亚太区的首个研发设施在上海成立。

杜邦公司称, 新研发设施中包括一台当前最先进的工业用 9 层共挤吹膜生产线, 用于开发各类包装及工业用薄膜结构。并且, 此次新研发设施的投资中还包括一个小型实验室、一台内置的 3 层共挤吹膜生产线, 适合于快速制造产品雏型及规模较小的研发工作。这些先进的设备均可运用于全球的包装业、消费品业及工业用物料市场。此外, 新研发设施还配备多种测试和分析仪器。 (塑料加工中心)