

螺杆钻具定子衬胶工艺对橡胶与金属 粘合强度的影响

李 涛, 辛振祥

(青岛科技大学 橡塑材料与工程教育部重点实验室/山东橡塑材料与工程重点实验室 山东 青岛 266042)

摘要:从定子管材的表面处理、粘合剂涂刷方式、注胶方式和硫化工艺等方面阐述影响橡胶与定子粘合强度的因素。应根据定子热处理和机加工过程中存在的油污的类别选择合适的金属表面处理方式及清洗剂; 粘合工艺的重点是根据配方选择合适的粘合剂、涂刷方式、涂刷厚度和隔绝空气污染; 注胶时综合考虑注胶压力、速度、温度及方式, 减少胶料对粘合剂的冲刷; 硫化时应控制硫化罐内温度、保证压力均匀。

关键词:橡胶; 定子; 表面处理; 涂刷方式; 粘合强度; 注胶工艺

中图分类号: TQ330.1+6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-890X(2015)08-0485-05

随着我国经济建设的快速发展, 对石油的需求量也越来越大, 作为石油钻井用重要工具的螺杆钻具市场需求日益剧增。而作为螺杆钻具核心部件的定子衬胶层, 由于其使用环境苛刻, 因此对性能要求也十分苛刻, 其质量的好坏直接决定螺杆钻具的使用寿命, 而橡胶与定子的粘合强度是影响螺杆钻具使用性能的关键因素。本文从定子管材的表面处理、粘合剂涂刷方式、注胶方式和硫化工艺等方面阐述影响橡胶与定子粘合强度的因素, 以期获得高性能、高质量稳定性的定子产品提供参考。

1 定子壳体材质及表面处理

影响金属粘合性能的因素主要有金属的元素成分、晶型结构、加工工艺和表面形态 4 个方面。通常情况下, 前 3 项因素往往受到粘合产品的性能制约, 橡胶制品工厂的选择余地小, 因此, 所能做的就是金属表面处理。通常在加工、运输和储存过程中, 金属表面会吸附水分、气体、油脂和其他污染物, 生成一层氧化膜, 氧化膜、油脂和水分屏蔽了金属的高能表面, 在粘合完成后, 又形成一个弱界面层, 使整个粘合件强度大大降低, 因此金

属表面状态是决定粘合是否成功的一个重要因素。金属的表面处理对粘合性能尤为重要, 为了获得更佳的粘合强度以及更稳定的质量, 必须将定子壳体内表面的这些氧化膜、油脂、水分等进行处理, 改变其表面状态, 获得清洁、干燥、粗糙和具有活性的表面, 从而满足粘合剂浸润、扩散和渗透的要求。

金属表面的处理方法有清洗、脱脂、机械处理和化学处理, 而通常采用的处理方法是清洗、脱脂、喷砂、清洗。

1.1 清洗脱脂

定子壳体在储运、切削和热加工过程中会沾染大量的油污, 通过清洗剂的溶解、皂化作用以及表面活性剂的润湿、渗透和分散等物理作用, 使污物溶解、分散, 离开金属表面, 并让清洗剂占据表面, 清洗剂挥发后即可获得洁净的表面。通常使用的溶剂有 120# 汽油、乙酸乙酯、苯、甲苯、酒精、四氟乙烯、1,1,1-三氯乙烷、丙酮等。通常采用的方法是选择一种合适的溶剂对定子内孔进行刷洗。然而单独进行刷洗并不能保证有效彻底地清理干净金属表面的油污等杂质, 应先进行蒸汽脱脂, 然后再进行溶剂清洗脱脂, 效果比较理想。

1.2 蒸汽脱脂

为了获得理想的脱脂效果, 多采用蒸汽脱脂的方法。蒸汽接触到金属表面时, 由于金属表面

作者简介:李涛(1982—), 男, 陕西西安人, 青岛科技大学在职研究生, 德州联合石油机械有限公司工程师, 主要从事螺杆钻具定子橡胶配方的研发与应用工作。

温度低于溶剂沸点,因此蒸汽冷凝,冷凝的溶剂从金属表面回滴到蒸发区。与此同时,金属表面的油脂溶解而脱离金属表面,从而达到理想的脱脂效果。

蒸汽脱脂的工艺控制主要有以下三点。

(1)金属件不可浸入溶剂,亦不可高于冷凝区,金属件不可相互接触。

(2)当金属件温度达到溶剂沸点时,脱脂过程应该结束。

(3)溶剂中油的质量分数达 0.25 时应更新。

影响定子壳体内表面清洗的因素很多,结合生产中所遇到的问题归纳后有以下三点。

(1)定子内孔的表面粗糙度。光滑的表面比粗糙表面容易清洗,因此应当控制定子内孔加工的表面光洁度。

(2)定子内孔表面污物的性质。应清楚了解定子壳体在生产、热加工、冷加工过程中所接触到的物质(如切削液、调质介质等)。根据这些残留物特性,结合相似相容原理,采用合适的清洗溶剂及合适的浓度范围。一般来说,溶剂的浓度和温度越高,清洗效果越好。

(3)外加的机械物理作用。通过外加作用力强化清洗过程,提高表面污物清洗速度及效率。例如增加振动、超声波可增加清洗剂的流动性及污物的脱落速度;提高清洗介质的压力可以增强清洗剂的渗透能力。对于定子内孔清洗,比较简单实用的方法是通过高压喷射清洗剂外加尼龙刷清洗。

1.3 表面喷砂处理

机械处理的目的是除去金属表面的氧化膜层,获得活化的新生金属表面,以利于金属与橡胶之间的粘合。通常采用的方法有:砂纸打磨、钢丝刷打磨、钢丝轮打磨、车削、喷砂(干法、湿法)。在定子壳体内孔的处理中一般采用喷砂处理,这种方式生产效率高,质量最稳定。

影响喷砂效果的因素有颗粒材料及尺寸、喷射速度、冲击角度、冲击距离和喷射时间。常用于定子表面处理的磨粒有石英砂、钢丸、棕刚玉、钢砂。其中钢砂与棕刚玉搭配进行喷砂效果较好。

定子喷砂处理工艺的要点及注意事项有以下几点。

(1)合理制定喷砂时间,针对定子壳体的内孔大小、长度、锈蚀程度进行区别对待,特别要考虑二次利用定子(由于内孔衬胶损坏,将橡胶脱去,再利用定子)的喷砂,喷砂时间不宜过长,保证清除表面污物即可。过度喷砂会使金属表面产生肉眼看不见的微裂纹^[1-2],导致工件在使用中存在隐患。研究表明,过度喷砂对粘合强度反而不利^[3]。

(2)喷砂所选用的钢砂粒径大小及硬度依据定子壳体来选择,钢砂硬度低,喷砂效果差,损耗大,硬度过高会损伤壳体。一般建议钢砂粒径为 0.6~1 mm^[3]。

(3)喷砂介质不宜单独采用一种。对于定子壳体的表面处理,钢砂与棕刚玉搭配最理想。棕刚玉属于易耗品,一般比例控制在 20% 左右。棕刚玉的加入可以有效地提高喷砂效率及质量,由于其易碎的特点,在排风筛选过程排出的粉状棕刚玉可以吸附并带出大量的污物,从而保证喷料的洁净性。

(4)喷砂时磨料对金属表面的冲击角度控制在 30°~60°。如果冲击角度过大,如接近 90°时,摩擦力会减弱,氧化膜层易残留在金属表面;若冲击角度太小,冲击力的作用减弱,净化效果不佳。

(5)喷砂时的流量控制结合气源压力以及喷嘴距金属表面距离优化调整。合理控制磨料流量,保证磨料冲击金属表面的速度。

1.4 喷砂后的处理

定子壳体经过喷砂处理后,应该尽快转入清洗环节(主要目的是去除残留的粉粒),因为新暴露的高活性表面在大气中容易重新氧化或者污染,最好是控制在喷砂结束后 1 h 以内清洗完毕并涂上粘合剂。此处清洗壳体内部的溶剂一般多采用丙酮或者三氯甲烷。

由于清洗壳体内孔所用的溶剂易挥发,因此操作环境应保证干燥、通风,并且在涂刷粘合剂前应确保清洗剂已经完全挥发。

2 粘合方法与工艺

在定子衬胶中应用最广泛的是美国洛德公司的 Chemlok 系列和罗门哈斯的 Thixon, Megum 系列粘合剂。一般均采用双涂工艺,即分为底涂胶与面涂胶。底涂胶主要成分是酚醛树脂类,可

以与金属表面发生强烈的物理吸附和化学作用,生成次价键和化学键,获得较高的粘合强度。面涂胶主要成分是卤化聚合物,位于底涂胶和橡胶之间,通过相互渗透并借助内部添加的高活性交联剂于热硫化过程中在界面之间发生交联反应,产生较高的粘合强度^[4]。

2.1 粘合剂的搅拌

粘合剂一般为分散体系,由溶剂、可溶性化合物、聚合物及无机盐、填料组成,其中固相成分质量分数一般为0.25左右。在储存、运输过程中,无机盐、填料等不溶性物质沉积在容器底部,部分化合物因溶解性不良漂浮在上部,或与无机盐沉积在桶底。因此在使用前,应该注意搅拌,尤其在第一次使用前应该将桶底的固化物充分搅拌均匀,使各种材料达到均衡分散,否则有可能达不到预期的粘合效果。在使用过程中,也应定期搅拌,一般每隔0.5 h搅拌5 min为宜。搅拌不良常常是导致粘合失败的原因之一,而粘合失败不易察觉,因此操作中不可掉以轻心。

由于粘合剂中含有可挥发成分,因此最好在密闭容器中进行搅拌,或者在搅拌时添加盖子。

2.2 粘合剂涂刷方式对粘合效果的影响

粘合剂的涂刷主要有刷涂和喷涂2种方式。刷涂法在国内广泛应用,简便易行,但涂胶质量均一性难以保证,不适用于大规模的工业生产。喷涂法工艺比较复杂,但涂胶质量平均,可采用半机械化或自动化涂胶,是涂胶工艺的发展方向。

金属表面处理后应尽快涂胶,涂层应均匀,且覆盖所有待粘合表面。涂胶工艺中最重要的是涂胶厚度,对于大多数单涂粘合剂及面涂型粘合剂,粘合强度与涂胶厚度有密切的关系,涂胶越厚,粘合强度越高,这是由于粘合剂涂层厚度越大,其中所含的交联剂扩散到橡胶层的越多,粘合就越强。但是粘合剂涂层也不宜太厚,一般以粘合剂供应商提供的干膜厚度的1.5~2倍为宜。

2.2.1 刷涂

刷涂工艺目前主要采用刷子进行刷涂,刷头一般为尼龙或鬃刷,这种方式操作简单,而且刷子使用周期较长。但是刷涂后的粘合剂厚度差异较大,尤其是中部与两端的厚度差异更大,随着定子长度的增大,这种现象越发明显。

采用海绵刷在定子壳体内部滚动涂刷,要求刷子在刷杆的轴向上可轻易转动。当海绵刷蘸取粘合剂后,将刷子放入定子壳内部,施加少量力使刷子与定子壳接触,然后刷子随着定子壳体的自转而转动,同时缓慢拉动刷杆移动刷子。采用这种方式涂刷的粘合剂均匀,而且更容易控制粘合剂的涂刷量。但是此方法对操作者技能要求较高,同时海绵刷不能清理,粘合剂的长时间浸泡和多次涂刷会造成海绵刷溶胀变形甚至脱落海绵颗粒,因此海绵刷属于易耗品。

综合对比认为,海绵刷刷涂方式优于尼龙刷等涂刷方式,涂胶厚度均一,涂胶量容易控制。虽然海绵刷成本较高,但是由于其刷涂均匀,粘合剂的消耗量有所减小,粘合剂的节约量远远高于海绵刷损耗所带来的成本增加。

2.2.2 喷涂

喷涂是目前认为保证粘合剂涂层厚度最好的方式,但在实际操作中,由于工艺复杂、对操作者技能要求较高、粘合剂损耗大等原因未得到普及。此方法比较适用于批量化生产。主要控制因素有以下几方面。

(1)要求喷涂设备耐粘合剂中溶剂的腐蚀,易拆卸和清理。

(2)压缩空气须经过除油、除水、除尘处理。

(3)粘合剂粘度控制要精确,需配备专业测量工具。粘度的差异直接影响到喷涂过程中的雾化效果及总量。

(4)喷头位置与定子内壁的相对位置要求始终保持一致。

(5)喷涂过程中明确空气压力、粘合剂粘度、定子自转速度、喷头行走速度、喷头与内壁的相对位置、定子相互之间的关系,综合考虑后制定工艺流程。

(6)应及时清理喷头及喷管内残留的粘合剂,防止粘合剂固化堵塞管路。

2.3 粘合剂的干燥及涂胶件的储存

工艺中最后一个需要考虑的因素是干燥,任何一种溶剂型粘合剂若不彻底干燥,残留的溶剂可能成为粘合失败的原因。由于定子壳体为管材,干燥时间应适当延长,尤其是底涂胶与面涂胶的涂刷间隔时间,如果不考虑干燥箱强制干燥,室

温干燥最好将时间间隔控制在8 h以上;如果有条件进行干燥箱强制干燥,一般干燥温度控制在80~90℃,烘干时间10~15 min,这样不但有利于彻底驱赶残留溶液,还可以提高粘合剂胶膜的耐冲刷性能。

定子涂刷完毕后,存放于清洁干燥的环境,并且在存放过程中将两端用纱布罩上,防止污染。干燥彻底的定子壳体应尽早进行硫化粘合,但考虑到实际生产情况,建议涂完胶的定子壳体存放时间控制在一周以内。

3 注胶工艺对粘合效果的影响

在定子衬胶过程中,胶料都是通过注射的方式进入模腔的。由于采用的设备不同,注射分为压力机模压注射法和注射机注射法。这两种方法的区别主要有以下几点。

(1)胶料的进入方式。采用注射机,胶料通过螺杆塑化输送到注射缸中,而压力机是通过开炼机将胶料依据注射缸的大小打卷直接放入。

(2)胶料温度控制。注射机能通过对各个阶段温度的精确控制从而控制注射胶料的温度,并且注射机都配有冷却水循环系统;而压力机注射的胶料温度主要取决于开炼机打卷时的胶料温度,而且胶料温度芯部与外部差异较大。

(3)注胶方式。由于设备本身的设计及场地问题,压力机仅能从定子壳体外圆注胶,而注射机从定子壳体端部及外圆均可注胶,注胶渠道取决于工装。

(4)注射速度。柱塞式压力机注射时,注射速度取决于注射压力及模腔内的阻力,压力恒定时,速度随着模腔内阻力的逐渐增大而减小;注射机则通过压力与速度两方面控制,当模腔内阻力小时,速度是恒定的,只有当模腔内阻力增大至压力达到设定值时,速度才会逐渐减小。

注射机在定子衬胶工艺中应用比较广泛,尤其是德士马公司专门设计的应用于定子衬胶的注胶机,现阶段已经发展到以双注射缸为主。因此注胶工序所涉及的内容都以此注胶机为准。

3.1 参数控制

注射胶料的性能与温度、压力、注射速度、胶料在注射腔中停留时间等因素均有直接关系,如

果控制不当,会出现焦烧现象,从而影响到粘合质量。因此在参数设定上需要注意以下几方面。

(1)结合胶料的焦烧性能及工艺需要,设定合理的温度参数,尤其是注射嘴的温度。

(2)速度及压力的设定应根据胶料的门尼粘度及工装综合考虑。

(3)螺杆转速应结合胶料的门尼粘度重点考虑,防止胶料在进入螺杆期间发生焦烧现象。

3.2 注射方式

目前主要有两端注胶、一端注胶和定子外圆注胶3种方式。胶料在注射过程中对粘合剂有一定的冲刷作用,这种作用因粘合剂牌号、胶料的温度、门尼粘度和流动速度不同而不同。

因此在胶料的注射过程中,在保证胶料性能的前提下,应在最短的时间内完成注射,以减少胶料对粘合剂的冲刷,即以缩短胶料对粘合剂冲刷时间的注胶方式为主。

3.3 保压

注射完成后应将注射孔堵死,使橡胶内部有一定的压力,从而使橡胶与粘合剂紧密接触,同时防止胶料在硫化过程中出现溢出现象,保证在硫化过程中橡胶与金属粘合更好。

4 硫化过程对粘合效果的影响

4.1 模具

在橡胶硫化、粘合剂固化期间,需要足够的模压使粘合剂与混炼胶紧密接触,硫化压力可防止气泡产生,使胶料致密,提高胶料的物理性能和制品的使用性能以及胶料与壳体之间的粘合强度。

定子硫化是在硫化罐中进行,而且有固定的模具,因此在设计模具时应考虑在注完胶料后可以方便快捷地填堵上注射孔,同时严格控制各个工装之间的装配公差,防止胶料在硫化过程中因内部受热压力提升而溢出。如果从注射孔及工装之间的间隙中大量溢出胶料,溢出胶料的流动会造成对粘合剂层的冲刷,从而影响溢出部位橡胶与定子的粘合。

4.2 温度与时间

温度对粘合剂与橡胶之间的扩散有重要影响,硫化过程中温度与时间合理匹配可达到理想的粘合效果,欠硫化和过硫化都会降低粘合强度。

在定子硫化过程中,高温短时间硫化不如低温长时间硫化获得的粘合强度高,而低温分阶段硫化获得的产品质量更加稳定。

定子的硫化目前主要采用蒸汽硫化、电加热硫化和油浴硫化,主要根据工厂设备条件进行选择。现仅对蒸汽硫化进行说明。蒸汽因热效高、洁净被广泛应用,但应该注意以下几方面。

(1)蒸汽进入硫化罐时须进行汽水分离。

(2)蒸汽进入罐体内部时避免蒸汽喷到工件。采用罐体内铺设管路,管路上面均匀打出排气孔,并加装挡板,蒸汽通过管路排到罐体空间。

(3)及时排出罐体内的冷凝水,并且采用疏水阀自动外排。

(4)罐体内温度应采用自动控制,可随温度的变化自动进汽和排汽。

5 结语

在定子衬胶工艺过程中,粘合是最重要的环节,如果粘合不良或者失效,产品就没有使用价

值,甚至会造成更大的连锁损失。因此,在制定工艺过程前,应做好充分的试验准备,积累大量的实验室数据及生产试制数据,从而指导工艺过程的制定。要获得高性能、高质量稳定性的定子产品,首先需要选择最佳的粘合剂组合,其次控制好定子壳体的清洗除油、内孔表面处理,制定合理的硫化工艺,在工艺过程控制中对能量化的指标进行量化,对不能量化的指标进行细化,确保工艺控制得当,从而保证橡胶与壳体之间的高效完美结合。

参考文献:

- [1] 伍东华,廖红军. 钢骨架表面的抛丸处理及涂胶工艺研究[J]. 橡胶工业,2004,51(11):688-690.
- [2] 伍东华. 橡胶与金属骨架粘合失效的原因分析及解决方法[J]. 特种橡胶制品,2005,26(4):39-42.
- [3] 黄良平,唐先贺,谭亮红. 金属表面处理工艺对橡胶与金属的粘合性能的影响[J]. 特种橡胶制品,2003,24(1):34-37.
- [4] 郑晖,曾凡伟. 橡胶与金属骨架材料粘合强度的影响因素[J]. 橡胶工业,2013,60(11):697-701.

收稿日期:2015-02-04

Effect of Rubber Injection Process for Positive Displacement Motor Stator on Adhesive Strength between Rubber and Metal

LI Tao, XIN Zhen-xiang

(Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266042, China)

Abstract: The factors influencing the adhesion strength between rubber and metal, such as stator surface treatment, application method of adhesive, dispensing process and vulcanization process, were described in this paper. In stator surface treatment, the surface treatment process and cleaning agent should be selected based on the oil contamination type from heat treatment and machining process. The key points of bonding process were to choose suitable adhesive, adhesive application method, adhesive thickness and avoid air contamination. During the dispensing, the pressure, speed, temperature and dispensing method should be taken into account, and it was critical to avoid any damage to adhesive layer. Furthermore, the temperature in the autoclave and uniformity of pressure should be accurately controlled.

Key words: rubber; stator; surface treatment; coating method; adhesion strength; dispensing process

欢迎在《橡胶工业》《轮胎工业》《橡胶科技》杂志上刊登广告