等离子热喷涂在粮油食品机械中的应用

鲁 珺,李诗龙　(武汉轻工大学机械工程学院,湖北武汉 430023)

摘要　简述了等离子热喷涂的原理,并详细介绍了该技术在几种典型粮油食品机械设备中的应用,可以有效地解决核心部件的失效和磨损,最后对其发展前景作了展望。

关键词　等离子;热喷涂;食品机械;应用
中图分类号　S226　　**文献标识码**　A　　**文章编号**　0517 - 6611(2015)13 - 383 - 02

The Application of Plasma Thermal Spraying Technology in Food Machinery

LU Jun, LI Shi-long　(School of Mechanical Engineering, Wuhan Polytechnic University, Wuhan, Hubei 430023)

Abstract　The theory of plasma thermal spraying technology was described. The application of this technology in various typical food machine was introducted, which can effectively solve the wear and failure of the core components. At last the development of thermal spraying technology was forecasted.

Key words　Plasma;Thermal spraying;Food machine;Application

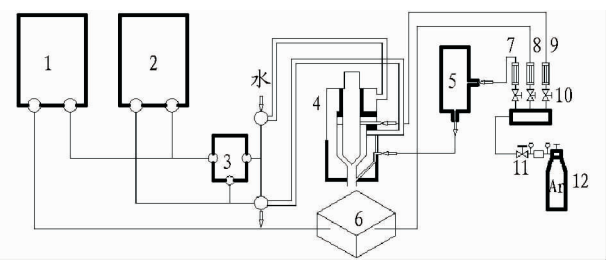
目前粮油食品机械设备逐渐向生产规模化、大型化、连续化和自动化方向发展,对粮机及其关键零部件的使用寿命提出了更高要求,零件的更换也越来越频繁。粮油食品机械的动力装置、执行装置、普通承力结构和关键零部件等都是由金属材料构成。除了结构设计科学和可靠性,选择合理的材料外,迫切需要在现有的材料系统基础上,延长粮机的使用寿命。

等离子热喷涂技术作为表面工程重要的技术手段[1],可以使粮机关键零件的耐磨性、耐腐蚀性增强,从而延长粮机的使用寿命。此外,等离子热喷涂技术在修复磨损、磨蚀部件,完成关键部件的再制造方面也发挥着重要作用。因此,在现有的技术条件下,利用等离子热喷涂技术延长粮机设备的使用寿命有着重大的经济效益和社会效益。

1　等离子热喷涂技术概述

等离子喷涂是一种先进的热喷涂工艺,原理如图 1 所示。非转移弧电源与转移弧电源都采用逆变焊机。两个电源的负极都是通过水电缆与与喷枪的钨极相连。非转移弧的正极也是利用水电缆与喷枪的喷嘴相连,继而构成了非转移电路。转移弧电源的正极接至工件,与负极形成转移弧电路。冷却水通过水电管路连至喷枪,起到对喷嘴进行冷却的作用,并且冷却水最终会流回水泵中,达到能循环利用的目的。氩气瓶通过电磁气阀和流量计分别为送粉器提供送粉气、为喷枪提供离子气和保护气。对工件进行喷涂时,首先,非转移弧电路通电,非转移负极(钨极)和正极(喷嘴)之间由于氩气的电离继而就形成了非转移弧。接着转移弧电路通电,由于非转移弧的存在,从而就可以引燃转移弧。转移弧被引燃后,会产生大量的热量,同时填充材料按照用户设定的量源源不断的在氩气的作用下吹入电弧中。由于转移弧产生的高热量,填充粉末会很快融化,溶入被被喷涂件,冷凝后,形成涂层。

由于等离子喷涂火焰温度高,可熔化并喷涂各种材料,形成的涂层性能,所以在热喷涂技术中等离子喷涂占据着最重要的地位[2-3]。等离子喷涂的涂层平整光滑,可精确控制厚度。涂层孔隙率低,结合度高,涂层孔隙率可控制在 1% ~ 10% 之间,结合强度可达 60 ~ 70 N/mm^2。涂层氧化物和杂质含量少,与其他喷涂方式相比,等离子喷涂层更厚、更硬、更具防腐效果。而且喷涂过程对基体的热影响小,基体组织不会发生变化。因此也可在塑料、油漆、玻璃、石棉布等非金属材料上喷涂[4-8]。根据资料显示[9-13],国外专家学者对于各种功能性涂层的成分、作用机理以及提高涂层性能成分的方法作了大量研究,现已广泛应用于各行各业。



注:1. 转移弧直流电焊机;2. 非转移弧直流电焊机;3. 高频振荡器;4. 喷涂枪;5. 送粉器;6. 工件;7. 送粉气转子流量计;8. 保护气转子流量计;9. 离子气转子流量计;10. 调节阀;11. 电磁气阀;12. 氩气。

图 1　等离子热喷涂的基本原理

2　等离子喷涂在粮油食品机械中的应用

2.1　螺旋榨油机的热喷涂应用　螺旋榨油机是一种常见的榨油设备。榨油的油料主要是由物料、料壳和少量的泥沙混合组成的粘弹性体[14]。榨螺是螺旋榨油机的重要部件,其工作时螺旋面需要承受很大的冲击力,因此要求榨螺应有足够的强度、刚度、表面硬度和良好耐磨性[15]。榨螺的主要材料为渗碳钢,在使用过程中,榨螺的磨损最严重,榨螺的磨损程度直接影响到油料的生产和效率。国内常用表面淬火处理来提高榨螺寿命,但传统的热处理方式与国外使用先进技术处理后的榨螺差距较大。

榨圈也是榨油机的主要工作部件,在工作中其他部件的压力以及与油料之间的摩擦力都会影响榨螺的强度、高度和

作者简介　鲁珺(1989 -),男,湖北宜昌人,硕士研究生,研究方向:食品机械。
收稿日期　2015-03-23

表面硬度。其主要材料为 20 号钢,磨损形式主要为粘弹性磨损、疲劳磨损、磨料磨损及腐蚀磨损。如果榨圈硬度过低,会影响其耐磨性和使用寿命。如果硬度过高,则容易产生脆裂,更严重的是在压榨油料过程中易产生“爆膛”现象,即榨圈断裂,使榨膛承受巨大压力的高温油料和破碎部件崩出,造成人身伤害和机器损坏[16]。在大多数应用中,机械厂的习惯作法就是将榨圈进行表面硬化处理,但经处理后的榨圈使用寿命一般也就是 6 个月左右[17]。

榨条是最重要的受力件和易损件。目前国内常用的螺旋榨油机榨条大多采用 20 号钢或 20Cr 钢,经表面渗碳 1.5 ~2.0 mm 后进行表面淬火[18]。榨条的磨损失效与榨螺,榨圈类似。据资料介绍[18],在国内有采用宽带激光热处理,对基材为 20 号钢的渗碳榨条表面进行强化的热处理技术。用激光进行处理后,榨条的表面硬度有所提高,但由于激光热处理工艺复杂,目前还未得到广泛应用。

榨螺、榨圈和榨条的磨损严重影响了榨油机的使用寿命,常规的热处理工艺已无法快速提高榨油机的使用寿命,而等离子热喷涂技术却能有效地解决这一问题。张麟等人[19]采用热喷涂工艺,在低温榨油机榨螺表面制备 WC - 12% Co 耐磨涂层,喷涂后的榨油机使用寿命约为新榨螺的 3 倍。

2.2 粉碎机的热喷涂应用 锤片是锤片式粉碎机最关键也是最易损的部件。由于粉碎机是进行谷物加工的,所以锤片会产生磨粒磨损。当锤片磨损时,锤片外边缘变钝,从而减少对物料剪切和撞击作用,增大粉碎机能耗,使成品粒度变粗,粉碎机生产率降低[20]。

据统计,一台机每年耗损锤片约 400 ~600 片,目前全国约有锤片饲料粉碎机近万台,锤片每年耗用钢材达数万吨以上,且每次更换锤片都影响到连续生产过程,降低了劳动生产率[21]。国内生产的锤片大多为中碳钢或中碳合金钢整体淬火和低碳钢渗碳淬火。这类锤片虽然能保证足够的韧性和整体强度,但受表面处理工艺所限,难以获得高的表面硬度和耐磨层,耐磨性普遍较低。这类工艺处理的锤片在使用中很快在端角上变钝,而使粉碎效率下降,很快失效。为了提高锤片尖端的耐磨性,王长生等人[22]在 65 Mn 钢锤片表面喷焊 NiWC 合金耐磨层,结果显示,表面处理后的锤片寿命可提高 6 倍以上。

2.3 磨粉机的热喷涂应用 磨辊是磨粉机中的核心部件。磨辊的主要加工对象都是粉体类物质,所以磨辊的磨损形式与锤片类似。

目前面粉厂采用的磨辊基本都是离心浇铸磨辊,外层是含有镍、铬元素的激冷合金白口铸铁,内层为灰口铸铁[23]。这类磨辊的表面硬度和耐磨性比普通磨辊好,但还是存在着耐磨层剥落、断辊等问题。为此陈秀华[24]等人采用高碳高铬的合金体系(即 C - Cr - Si - Mn 合金体系)堆焊磨辊后,工作周期提高了一倍,成本降低了 4 万元,提高了磨辊的耐磨性和抗冲击能力,提高了磨辊的使用寿命。

2.4 制粒机的热喷涂应用 环模是制粒机中的最重要部件,它的工作性能和寿命直接影响着产品颗粒质量和生产成本。制粒机主要用于加工糖果及糖混合物和麦芽牛乳等食品使之形成颗粒。目前国内生产的环模存在磨损过快甚至开裂等问题,不仅降低了生产效率,也严重影响了环模在其他领域的应用。

环模主体材料为 X46Cr13 钢,热处理工艺为 1 050 ℃淬火和 200 ℃回火 2 次。环模现在普遍采用真空淬火的热处理工艺进行处理,由于淬火导致工件变形较大,在淬火后还要进行后续的磨削加工,增加了生产的成本,同时,真空淬火处理的环模表面光洁度不够,在实际生产应用过程中容易出现堵机的现象[25]。利用等离子热喷涂技术在环模表面制备铁基合金涂层不仅能快速提高制粒机的使用寿命,增强环模的耐磨性和耐腐蚀性,同时也节约了成本,对制粒机环模的生产具有重大的意义。

3 结论

等离子热喷涂可喷涂几乎所有难溶金属和非金属粉末,能大大提高零部件的使用寿命和效率。随着粮油食品机械化水平的不断提升,先进的热喷涂技术在延长粮机使用寿命方面必定有更加广阔的前景。然而在我国粮油食品机械中的等离子热喷涂的应用还存在很大问题,与国外差距较大,主要包括:(1)采用热喷涂技术的粮机零件种类较少。受限于我国农业机械化的发展水平,粮机关键部件多采用简单、经济的表面处理工艺,热喷涂耐磨、耐腐蚀涂层没有被广泛采用;(2)涂层设计水平低。在农业机械设计、制造中,材料学科技术人员参与的工作较少,没有系统的研究粮机使用工况,没有系统的涂层设计和表征,涂层的应用还停留在试用阶段;(3)新型材料的研究方面有待提高。我国在利用复合材料进行再制造这方面的应用还相对较少,没有进行深入的研究和探索。

参考文献

[1] 徐滨士,张伟,梁秀兵. 热喷涂材料的应用与发展[J]. 材料工程,2001(12):3 -7.
[2] 何洪泉,王峰,张兰. 热喷涂系列综述之一:等离子喷涂[J]. 山东陶瓷,2005(3):14 -17.
[3] 李行志,胡树兵. 等离子喷涂的应用及其发展[J]. 湖北汽车工业学院学报,2004,18(2):35.
[4] 高荣发,马小雄. 等离子弧喷焊[M]. 北京:机械工业出版社,1979.
[5] 华绍春,土汉功,汪刘应. 等离子热喷涂技术的研究进展[J]. 金属热处理,2008,33(5):82 -86.
[6] 土永兵,刘湘,祁文军. 等离子热喷涂技术的发展和应用[J]. 电镀与涂饰,2006,26(7):52 -55.
[7] 段忠清,土泽华,林萍华,等. 等离子喷涂技术发展现状及其应用研究[J]. 滁州职业技术学院学报,2006,5(4):49 -51.
[8] 李辉,贺定勇. 热喷涂科学与工程[M]. 北京:机械工业出版社,2010:39 -51.
[9] GUNZEL R,ROGOZINA A I,AATRELIN V T. Fast uniform and large - scale heat treatment by plasma - based elections[J]. Vac Utun,2002,65:59 -63.
[10] LIU H Y,HUANG J H. Reactive flame spraying of TIC/Fecermet coating using asphalt as a carbonaceous precursor[J]. Surf Coat Techn,2006,2009(18/19):5328.
[11] CHAVANNE R L. Forty - four ways to improve your hardfacing operation[J]. Welding Joumal,1983,62(5):15 -18.
[12] YANG L J. Plasma surface hardening of ASSAB 760 steel soecimens with Taguchi optimization of the processing parameters[J]. Journal of Materials Processing Technology,2001,113:521 -526.
[13] FENDER E P. Fundmental studies associated with the Plasma spray Process[J]. Surface and Coating Technology,1988,34:15 -23.
[14] 皮亚南. 关于螺旋榨油机的磨损问题[J]. 中国油脂,1991(6):46 -50.
[15] 刘平. 利用热喷涂技术修复螺旋榨油机榨螺的应用研究[J]. 食品与机械,2011(4):106 -108.

(下转第 392 页)

造与策划等文化产品生产的独特要素,这是文化生产要素区别于一般生产要素的特殊性。文化资源禀赋是内生型的文化产业集群形成的不可或缺的条件,为文化产业集群奠定了坚实的发展基础。在立足原有要素优势的同时,必须加快集群产业转型升级,孕育产业发展可以依靠的高级生产要素,如现代化通信的基础设施、高等教育人才、服务支撑体系等方面,并由依赖初级生产要素发展的制造优势向依赖高级生产要素发展的"微笑曲线"两端优势转变[13]。

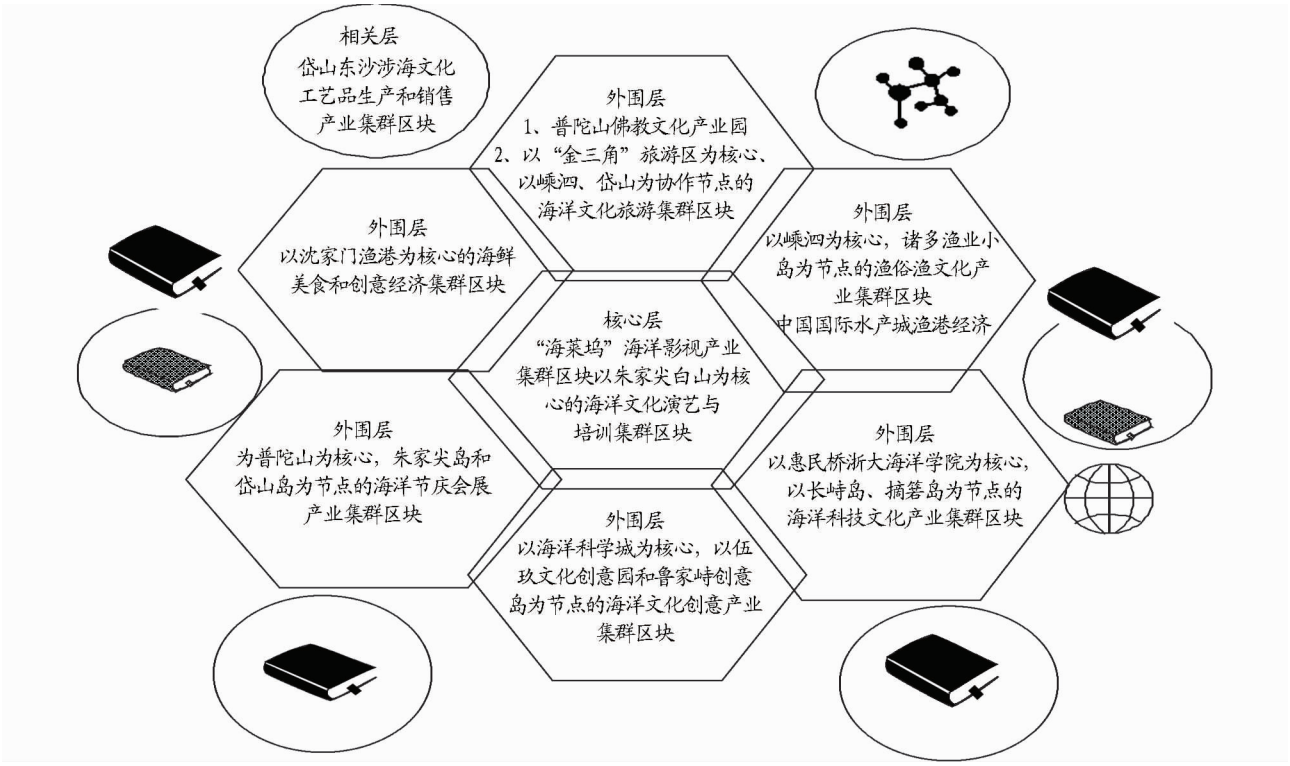


图1 舟山群岛海洋文化产业集聚区的构建框架

4.3 建立专业化的海洋文化资源要素配置市场 我国的海洋资源要素市场发展滞后,资源要素大量闲置和有效需求得不到满足同时存在,资源要素错配、劣配、违法配、低效配等问题突出。经济发展的本质是提高资源,尤其是稀缺性资源的利用效率,而市场配置资源无疑是最有效率的形式,也是市场经济区别于计划经济的显著特征。目前浙江海宁已成为全省首个要素资源市场化配置综合配套改革试点,其先行先试的宝贵经验应逐步向全省,特别是海洋经济领域推广。建立专业化的海洋文化资源要素配置市场,比如海洋文化知识产权市场、海洋文化资本市场和海洋文化人力资源市场,能够发挥市场在资源配置中的决定性作用,进一步激发海洋经济发展的内生动力,促进海洋资源要素市场全面发展。

参考文献

[1] 郑贵斌,刘娟,牟艳芳. 山东海洋文化资源转化为海洋文化产业现状分析与对策思考[J]. 海洋开发与管理,2011(3):94-98.
[2] 张开城. 海洋文化和海洋文化产业研究述论[J]. 全国商情,2010(16):5-6.
[3] 缪慧星,杨克斯. 基于贸易竞争与互补视角的中老贸易关系推进策略[J]. 东南亚纵横,2008(11):63-67.
[4] 丰志勇,何骏. 中国生产性服务业集聚区的创新系统与重点模式研究[J]. 贵州社会科学,2009(6):69-74.
[5] 苏勇军. 产业转型升级背景下浙江海洋文化产业发展研究[J]. 中国发展,2012(4):34-39.
[6] 何晓颖. 港口物流基地与信息化建设状况分析——以浙江省舟山市为例[J]. 特区经济,2008(3):51-53.
[7] 杨成军. 加快发展港口现代服务业引领舟山经济腾飞[J]. 中国水运,2010(4):32-33.
[8] 赵珍. 浙江省海洋产业发展态势研究[J]. 北方经济,2013(2):30-31.
[9] 杨宁. 浙江省沿海地区海洋文化资源调查与研究[M]. 北京:海洋出版社,2012.
[10] 吴青林. 大学生海洋意识及其教育的思考[J]. 理论观察,2010(2):129-130.
[11] 王文洪. 舟山市海洋文化产业发展的 SWOT 分析[J]. 中国渔业经济,2011(3):113-117.
[12] 赵学琳. 基于钻石模型对我国文化产业集群发展要素的整体分析[J]. 探索,2011(6):97-101,112.
[13] 尹庆伟,刘琳. 基于要素禀赋的农村产业集群发展问题研究[J]. 农业经济,2013(10):58-59.

(上接第 384 页)

[16] 高竟. 螺旋榨油机行业质量现状与对策[J]. 农业科技与装备,2010(4):116-118.
[17] 张麟,刘学进,李栋. 低温螺旋榨油机榨螺表面爆炸喷涂涂层技术[J]. 表面工程学报,2010,26(7):113-116.
[18] 杨洗陈. 榨油机榨条宽带激光热处理[J]. 机械工程材料,1989(5):48-51.
[19] 张麟,刘学进,李栋. 低温螺旋榨油机榨螺表面爆炸喷涂涂层技术[J]. 表面工程学报,2010,26(7):113-116.
[20] 宗力,徐红梅,彭小飞. 锤片式粉碎机锤片磨损机理初探[J]. 饲料工业,2004,25(9):5-7.
[21] 但永红,何小于. 饲料粉碎机锤片热处理工艺的进展[J]. 机械工程材料,1994(4):8-9.
[22] 王长生,罗美华. 锤片表面喷焊 NiWC 合金的耐磨性能[J]. 热加工工艺,2000(4):34-36.
[23] 武文斌,周锦进,任保臣. 磨粉机磨辊等离子体表面淬火改性技术[J]. 农业机械学报,2007(8):208-210.
[24] 陈秀华. 磨辊堆焊材料 C-Cr-Si-Mn 合金体系中合金成分对使用性能的影响[J]. 水泥工程,2010(3):56-57.
[25] 张辉. 环模熔盐氮碳氧共渗工艺研究[D]. 成都:西华大学,2010.