

水性涂料在使用冷却油液的机床零件上的涂装试验

王军方¹, 陈小庆², 杜亮亮¹, 兰辉¹, 段小勇¹

(1.秦川机床工具集团股份公司,陕西宝鸡 721009; 2.中昊北方涂料工业研究设计院有限公司,兰州 730101)

摘要: 用机床常用材料制作试板,使用国内水性涂料质量好的几家涂料厂的水性底漆、中间漆、面漆配套制成试件,在普通机床和航空航天企业机床常用的几种冷却液中浸泡相当天数,得到各水性涂料性能排名,再通过前两名厂家水性涂料的配套继续在冷却液中浸泡试验,得出水性涂料在使用冷却油液的机床零件上的配套方案和施工方法。

关键词: 机床零件; 水性涂料; 涂装; 配套试验

中图分类号:TQ639 文献标志码:A 文章编号:1007-9548(2025)06-0016-04

Painting Test of Waterborne Coatings on Machine Tool Parts Using Cooling Oil Liquids

WANG Jun-fang¹, CHEN Xiao-qing², DU Liang-liang¹, LAN Hui¹, DUAN Xiao-yong¹

(1.Qinchuan Machine Tool Group Co., Ltd., Baoji 721009, Shaanxi, China; 2.North Paint & Coating Industry Research and Design Institute Co., Ltd. of China Haohua, Lanzhou 730101, China)

Abstract: Prepare test plates using common materials for machine tools, use waterborne primers, intermediate coats and topcoats from several domestic paint factories with high-quality waterborne coatings to fabricate test specimens. Immerse these specimens in several types of coolants commonly used in machine tools of general machine tool factories and aerospace enterprises for a certain number of days to obtain the performance ranking of each waterborne coating. Then, continue the immersion test in the coolant with the waterborne coating combinations from the top two different factories to derive the matching scheme and construction method for waterborne coatings on machine tool parts using cooling oil.

Key words: machine tool parts; waterborne coatings; painting; compatibility test

0 引言

机床行业在国民经济中占有重要位置。机床这一重要的金属加工设备,涂装要适应其使用环境和使用寿命,要在使用期内保证机床的美观和涂层的有效性,特别是在机床上的不同部位、不同工作环境的零件用何种性能的水性涂料及何种配套系统以达到防护目的,以及采用这种配套系统时用哪种施工方法,都非常重要。

尤其是航空航天企业机床加工的金属材料发展很

快,这种金属材料具有超硬和耐高温性能,加工难度大,对机床冷却油液要求高,对刀具润滑和工件冷却性能要求严苛,冷却油液成分中腐蚀性物质增加,对机床油漆面的损坏和溶化腐蚀成倍提高。这种机床使用水性涂料,机床漆面必须能够耐受高腐蚀性冷却油液的侵蚀(采用油性涂料涂装时也经常被冷却油液腐蚀,经验显示,目前尚无一种涂装配套系统能全部适应比尔凯姆 LT7000C、德鲁克 8551、德鲁克 SM8350、马斯特 TRIM E905、马斯特 690XT、福斯 9918 等侵蚀性强的品牌冷却液对油性漆面的侵蚀和溶化)。为此需要通过一定的方法找到基本适应上述冷却油液腐蚀、较好保护机床的水性涂料配套方案和施工方法,也为以后遇到更强腐蚀性冷却液时可以在此基础上改进涂装工艺做好准备。

收稿日期:2024-11-28

作者简介:王军方(1967—),男,工程师,主要从事机床、机械、通用零部件的涂装设计、涂装工艺工作。E-mail:wjfang66@163.com。

在前期了解水性涂料基本性能和了解冷却油液使用的机床上各种零件工作环境后,通过一种水性涂料或者几种水性涂料与其他涂料的有效配套,找到既能适应冷却液的侵蚀,又能保护机床至设计使用期限的水性涂料涂装配套方案,达到减少挥发性有机物排放、符合环保要求的目的。

1 试验依据

HG/T 2243—1991《机床面漆》;HG/T 2244—1991《机床底漆》;GB 9274—1988《色漆和清漆 耐液体介质的测定》;GB 1727—1979《漆膜一般制备法》;GB 1720—1979《漆膜附着力测定法》;GB 1726—1979《涂料遮盖力测定法》;GB 1763—1979《漆膜耐化学试剂测定法》;GB/T 1733—1993《漆膜耐水性测定法》。

2 机床零件涂装分析

2.1 铸铁件的表面涂装和内腔的耐油液涂装

机床使用的铸铁零件主要有床身、立柱、滑座、摇篮、摆动体、工作台、头尾架及电机座、轴承座等,以灰口铸铁为主,其化学成分以 Fe 为主,还含有 C、Si、Mn、P 以及其他极少量的金属非金属元素,材料成分一般都是符合 GB/T 9439—1988 的规定^[1],在空气中水分作用下,复杂的成分易形成电池效应,产生化学反应而生锈。同理,在铸铁零件涂装初期,水性涂料中含有的水分如果不能及时完全挥发,就会发生电池效应而生锈。其次,铸件铸造应力比较大,极易产生变形,为克服变形,需进行时效处理。时效处理有自然时效和人工时效,以自然时效长时间完全释放应力为最佳。自然时效是将铸件静置某处,经过各季节的温度变化、雨水冲刷、紫外线照射、水汽腐蚀等多种环境因子综合作用,促使零件铸造应力缓慢释放,使用在机床上将不会再发生大的变形,保证了铸件稳定性和机床精度。铸件一般需要自然时效至少半年以上,有些大型铸件和精度要求高的零件自然时效时间最长可达两三年之久,时间越长应力释放越充分,铸件精度和稳定性越有保证,机床性能保持性越好。长时间的时效对保护层提出更高要求,铸件的涂装显得非常重要。通常也采用人工震动时效和人工热时效代替自然时效,以缩短生产周期。

其次,铸铁件在用于机床基础零件时,往往会有各种油、液的流淌、积攒,如果零件外表面和内腔涂层不好,或者涂层耐油性不佳,就会损坏涂层,进而腐蚀零件,时间长了就有降低零件强度、破坏机床结构的可能,使铸件失效,精度走失,甚至造成机床报废。

再次,机床零件根据使用部位不同,涂料使用道数也不一样。有些重要部位,需要底漆、腻子、中间漆、面漆全部且多次使用,有些则可以仅做底漆和面漆,有些仅仅做耐油涂层。所以做试板时要有简单喷涂的试板

和全工序制作的试板。

2.2 钢材零件的涂装

需要涂装的机床钢材类零件一般是 Q235-A 和 DC01 普通碳素钢和 45# 优质碳素钢材料,用作护板、护罩、线槽、支架、油箱水箱等,其生锈原理和铸铁零件类似,经常也受到冷却油液的腐蚀。机床使用的冷却油液有水性和油性的,性能各不相同,对漆膜的腐蚀程度也不一样。有的冷却液性格温和,有的性格猛烈,像前文所述品牌冷却液均为腐蚀性强的类型。曾经有过冷却液和涂层系统在不到 6 h 就发生咬起,漆膜变性为豆腐脑一样的物质,漆膜完全失效,既破坏了涂层,又腐蚀了零件,后续清理工作还极其麻烦。涂层出现缺陷,就会腐蚀诸如油箱内腔等部位,造成表面损坏,箱体侧壁和底板发生腐蚀,轻则涂层材料溶解物、钢材氧化物进入冷却液影响冷却效果,重则损伤刀具和工件,造成机床性能下降,是机械零件的主要失效形式之一^[2],对于机床是不可承受之重。

金属材料发生腐蚀现象的过程是不可逆转的。长时间暴露在空气中或者接触腐蚀性介质,钢铁和空气中的氧气和水分或者是腐蚀性的介质发生化学反应,湿度越大的区域和接触介质的边缘区域反应越剧烈,这种反应会把 Fe 元素氧化成为 FeO、Fe₂O₃,这种不稳定氧化物的出现使钢零件表面出现锈蚀,腐蚀层会向钢材内部渗透,直至锈穿,降低了钢件的机械性能和机床的美观。为此,钢铁类零件的水性涂装尤显重要。

2.3 铝件的涂装

机床上铝件使用不多,主要用于制造有较强外形修饰作用的零件,具有比较高的外观质量要求,要考虑到铝件水性涂料涂装方案的完全可靠,否则会影响机床整体效果。本试验以铸铝 ZL104 做试验,可以代表机床上使用的各类铝件材料。

2.4 机床罩壳的涂装

机床罩壳一般采用喷塑处理,塑粉有乙烯树脂系塑粉、环氧树脂系塑粉、丙烯酸树脂塑粉、聚酯系塑粉等,品种多样^[3]。喷塑零件受冷却油液腐蚀的是罩壳内侧,喷溅的冷却油液量比较少,流淌还迅速,不会浸泡到喷塑面,加之塑粉材料耐溶剂性能尚好,所以罩壳零件的耐油液腐蚀涂装无需过分考虑,只需在订购机床后用户使用的冷却油液对喷塑试板进行耐腐蚀试验,有腐蚀溶解现象的使用耐溶解腐蚀的水性涂料通过一定的方法再次涂装罩壳内侧喷塑面即可。

2.5 机床其他零件的涂装

机床零件原材料类型众多,如各类铸铁件、各种牌号钢件、铝件及其他有色金属等,使用的部位不同,各零件需不同的涂装工艺。小零件可以采用喷涂和涂刷,

大型零件采用辊涂,而水性漆是否可以适应辊涂有待试验确认。

总之,以机床上使用的绝大多数需涂装的钢件、铸铁件、铸铝件为对照试验,模拟了机床零件的工作环境,代表了机床零件工作实况,试验结论可以在机床上应用。尽管冷却液在机床上工作时是喷射状,喷射在刀具和工件上而非喷射到漆面,在漆面上主要还是流淌和少量喷溅,喷溅水珠质量小力道也小,所以试验时无需考虑冷却液的冲刷作用。

3 试验材料

3.1 试件材料

使用助力泵泵体铸件 175 件,材料牌号 HT200,与机床床身、立柱等部件材料牌号相同。铸铝件 105 件(需要制作,长宽厚分别为 200 mm×50 mm×10 mm 的 ZL104 铝板),与机床使用的绝大部分铸铝件材料牌号相同。钢板件 280 件,分别为 Q235-A 和 45# 钢板(需要制作,长宽厚分别为 5 200 mm×50 mm×1 mm 的热轧板材),与机床上需要涂装的材料牌号相同。Q235-A 和 DC01 材料成分相似,以 Q235-A 代替试验即可。

3.2 冷却液

国内航空航天企业在机床上使用的马斯特 TRIM E905、德鲁克 SM8350、比尔开姆 LT700C 冷却液,和公司自用的普通冷却液 HF-2 磨削乳液、嘉实多 9954 冷却液、扬州石化 cimtech310 特种冷却液。需要配比的冷却液,按照说明书要求兑水,配制成需要的液体。

3.3 容器

使用塑料中空成型机试车时吹制的口径 400 mm 塑料大桶,中间切开成 2 件,共需要 6 件。

3.4 涂料及助剂

水性底漆、中间漆、面漆等,由中昊北方涂料、三峡涂料、金鱼涂料、永新涂料、赛世涂料 5 家公司提供。各厂家提供的底漆和中间漆均为水性环氧涂料,应该是看中了环氧涂料突出的化学性质稳定、耐碱性、耐油类的特点^[4]。

4 试件制备

试件涂装前喷砂或者酸洗处理,制备试件在喷漆房由熟练油漆工操作,各厂家代表现场指导。

4.1 施工方法

按照底、中、面漆品种,每种试件制作 7 件,每道涂料分别喷涂 2 遍,干膜厚度不小于 40 μm,底漆、中间漆、面漆全部喷涂后试件总干膜厚度不小于 100 μm。鉴于没有水性腻子,为试验水性涂料和腻子的配套性,增加腻子的使用环节。做面漆试板时采用正面喷涂、反面辊涂的施工方法。油性涂料参照件使用厂家开发水性涂料时参考的油性涂料,厂家自行提供。

4.2 试板制作

铸铁件试板涂漆和试板件数见表 1,铸铝件试板涂漆和试板件数见表 2, Q235-A 钢板件试板涂漆和试板件数见表 3, 45# 钢板件试板涂漆和试板件数见表 4。其中:油性涂料简称油,水性涂料简称水。第一位数字 1 代表铸件,2 代表铸铝件,3 代表 Q235-A 钢板件,4 代表 45# 钢板件;第二位字母 A 代表厂家,5 家厂商分别编号为 1、2、3、4、5;第三位代表配套方案。7 套试件分为 6 组,分别浸泡在 6 种冷却液中,剩余 1 组放置在自然环境下长期观察耐候性;以上试板均在左上角做钢印字号标识,以便区别、观察和记录。

表 1 铸铁件试板涂漆和试板件数

试件	底漆	腻子	二道底漆	面漆	件数
参照件 1A1	油	油	油	油	7
试件 1A2	油	油	油	水	7
试件 1A3	油	油	水	水	7
试件 1A4	水	油	水	水	7
试件 1A5	水			水	7
试件 1A6	水		水		7

表 2 铸铝件试板涂漆和试板件数

试件	底漆	腻子	二道底漆	面漆	件数
参照件 2A1	油	油	油	油	7
铝件 2A2	油	油	油	水	7
铝件 2A3	油	油	水	水	7

表 3 Q235-A 钢板件试板涂漆和试板件数

试件	底漆	腻子	二道底漆	面漆	件数
参照件 3A1	油			油	7
钢板件 3A2	油		水	水	7
钢板件 3A3	水	油	水	水	7
钢板件 3A4	水			水	7
钢板件 3A5	水		水		7

表 4 45# 钢板件试板涂漆和试板件数

试件	底漆	腻子	二道底漆	面漆	件数
参照件 4A1	油			油	7
钢板件 4A2	油		水	水	7
钢板件 4A3	水	油	水	水	7
钢板件 4A4	水			水	7
钢板件 4A5	水		水		7

4.3 制备试板注意事项

制备试板时,观察各厂家的中间漆和面漆遮盖力,并做好记录;干燥 2~5 d 后,在下道涂料喷涂前用参照

件测试上道涂料附着力;喷涂完工后,放置在干净场所自干7 d再做浸泡试验。浸泡前对试板做1个十字划痕。

5 浸泡试验

按照各种冷却液的配制比例严格配比,计算每个桶需要的冷却液量,保证每个试件2/3以上在液面之下,露出部分作为失色、起泡、裂纹等各种缺陷和损伤程度的参照系。铸铁件放在桶中间,钢板件和铸铝件放在桶四周。液面做标记,少于标记5 mm时及时添加配制的冷却液。

由专人负责每天观察并做好记录,观察时间不少于90 d,期满后不再观察,但继续浸泡,直至出现缺陷或者不再添加冷却液而蒸发干为止。自然环境下的试件作为对照件,继续试验观察。

6 试验数据分析和涂装方案设计

根据各类涂层在冷却液中浸泡情况,了解涂料对冷却液适应情况及涂层基本配套方法。在完成浸泡试验后,根据各种水性涂料的性能指标和实际表现,将表现优良的中间漆和表现优良的面漆配合做成试板,验证其配套性;配制新冷却液,浸泡30 d得到一手的数据和配套方法。

7 结论

经过120余天的试验,得出如下结论:

1)使用水性涂料作为底漆时,施工方法稍有不妥,或者底材的处理稍不到位,就会出现诸如闪锈、起泡、遮盖不全等涂装瑕疵,在灰口铸铁上表现尤为明显。原因可能和灰口铸铁中C元素含量有关, H_2O 和Fe、C等元素形成电池效应,产生闪锈现象。

2)即使操作得当、底材处理到位,但底漆为水性涂料时,在几种冷却液中起泡,不到7 d即出现漆膜失色、起泡缺陷。所以水性底漆的配套方案被淘汰。

3)使用油性底漆和水性面漆配套时,大部分的试件在几种冷却液中表现较好,只有一种配套方案在铸铁试件上10 d左右出现失色,15 d后出现极小的起泡现象,但在钢板件上没有出现缺陷。

4)观察油性底漆+水性面漆没有出现缺陷的试件附着力测试数据,底漆和基材的结合力及底漆和面漆的附着力最少都达到2级,一般为0级,满足机床涂装需要。

5)冷却液浸泡合格的试件,喷涂试件时的作业要点是:无论底漆、中间漆还是面漆,第一遍水性漆喷涂时漆膜不要求盖死基材,遮盖到50%~80%,保证基材上的热量能够尽快带走漆中水分而迅速成膜,第二遍或第三遍喷涂到要求膜厚。经过至少两遍喷涂后面漆干膜厚度达到50 μm 以上,总漆膜厚度达到100 μm ,满足机床使用要求。但是水性涂料喷涂时每道喷涂不

能过厚,需要增加喷涂道数,使用效率不高。

6)在没有烘干设备的情况下,冬季使用水性涂料必须满足施工条件,温度必须达到10 $^{\circ}C$ 以上。由于喷漆房通风,环境温度许多时候不能满足施工需要,施工难度大,涂料成膜困难,漆膜物理性能也不佳。

7)使用水性涂料虽然对环境污染小,但施工难度较大,稍不注意就会出现质量问题,对作业人员的素质和技能要求比较高,需通过提升施工人员的操作能力及熟练度来解决。

8)水性面漆辊涂效果不佳,缺陷多且不好施工;喷涂效果好于辊涂,所以水性涂料施工时建议通常以喷涂方法进行;熟练掌握水性涂料使用后可以辊涂。

9)水性涂料的有些性能比油性涂料好,比如附着力和耐擦拭性,所以在作业时非涂装部位沾染涂料后要及时清理。

10)水性涂料加水时必须注意假稠现象,应用斯托摩尔黏度仪测量。

参考文献:

- [1] 戚大先.机械设计手册(第1卷)[M].5版.北京:化学工业出版社,2007:208-209.
- [2] 濮良贵,纪名刚,陈定国,等.机械设计[M].8版.北京:高等教育出版社,2006:10-11.
- [3] 《就业金钥匙》编委会.图解涂装工技能一本通[M].北京:化学工业出版社,2015:37-38.
- [4] 陈治良,刘渝萍,刘菊英,等.现代涂装手册[M].北京:化学工业出版社,2009:22-23.

欢迎关注

《现代涂料与涂装》公众微信号



电话:0931-8496343

邮箱:a8496343@foxmail.com

投稿QQ:1056418548