



全国船舶标准化技术委员会专业标准

CB* 3335—88

船用火焰粉末喷涂工艺

1988-11-19发布

1989-05-01实施

全国船舶标准化技术委员会 发布

船用火焰粉末喷涂工艺

1 主题内容与适用范围

本标准规定了船用氧—可燃气燃烧火焰粉末喷涂金属和合金以及其他喷涂材料的基本要求、技术要求等,用以制备抗磨损、耐腐蚀、抗高温氧化的涂层。

本标准适用于船用零、部件的火焰喷涂修复,亦适用于这些零、部件的预保护。

2 基本要求

2.1 基体金属

- a. 由于在工件基体上喷涂金属不会提高工件本身的抗拉强度,所以必须考虑任何减小工件原始尺寸产生的影响;
- b. 基体表面预加工方法,会影响工件的疲劳强度及冲击抗力,应予以充分注意;
- c. 喷涂前必须根据“需方”的要求,去除待喷涂基体上的一层硬化的表层;
- d. 要求待喷涂的基体表面,符合预加工及喷涂的要求。

2.2 涂敷金属

- a. 根据最终的沉积层(涂层)的性能,如硬度、耐磨损能力、摩擦系数等与被喷涂工件基体表面的匹配性、涂层空隙率、可加工性、后加工型式等选择涂敷的金属;
- b. 因为喷涂时会产生内应力,所以喷涂金属涂层应具有一定的塑性。

2.3 涂层适用的条件

- a. 喷涂涂层适宜承受均匀载荷;
- b. 喷涂涂层是多孔的,若在某些场合多孔性不适合时,可以用相适的密封剂予以封孔;
- c. 喷涂的表层与铝合金或铜铅合金的轴承材料接触时,为防止运转时粘住,应在加工前加以封孔和清除打磨残砾。

3 操作程序

喷涂工艺的操作程序按下述工序进行:

- a. 工件基体表面预处理;
- b. 喷涂操作;
- c. 涂层后加工。

4 必要的设备

4.1 若采用喷砂进行表面预处理,需要配备空气压缩机、油水分离装置、空气干燥装置、喷砂设备、抽风装置等。

4.2 表面预加工和涂层后加工时,需要配备合适的车床、磨床以及其他装置或工具。

4.3 进行喷涂操作应具备以下装置:

- a. 喷涂枪;
- b. 氧气、乙炔气及空气导管;
- c. 带仪表的氧气调节器;
- d. 带仪表的乙炔气调节器;

- e. 氧气及乙炔气流量计;
- f. 空气过滤器;
- g. 带仪表的空气调节器;
- h. 空气流量计;
- i. 其他必要的安全装置。

若采用的喷涂枪为不带压缩空气式, 则 f、g、h 项可省去。用压缩空气时, 其管路中应另配备除油和除水装置。

5 喷涂前应掌握的情况和数据

金属喷涂必须掌握以下数据, 若其中任何一条不能满足时, 需经合同双方商定。

- a. 基体材料;
- b. 对工件基体所有部位进行裂纹、瑕疵等检查后, 取得的符合要求的证明;
- c. 确保工件有足够强度、能承受工作载荷情况下, 原始尺寸最大允许减少量;
- d. 工件喷涂后的工作条件;
- e. 所采用的表面预处理方法;
- f. 应使用的涂敷金属;
- g. 待喷涂的面积和遮蔽面积;
- h. 后加工后之最终涂层厚度;
- i. 后加工及封孔的各种要求;
- j. 检查的要求。

6 技术要求

6.1 基体表面预处理

6.1.1 表面预处理的目的是

- a. 净化: 所有待喷工件基体表面的污染如油、润滑脂、涂料及其他污物等清除干净; 一般工件基体表面上的油污等, 可用适当的清洗剂除油。

对于多孔质的铸铁件, 可采用将其加热到 300℃ 左右的温度除油的方法。

- b. 除去原有涂层: 基体表面待喷部位的原有特殊表层如喷涂层、电镀层、渗碳层、氮化层以及氧化皮等应彻底除去;

- c. 粗化: 使待喷基体表面粗糙, 以提高涂层与基体表面的结合强度。

6.1.2 预处理方法

6.1.2.1 车加工

作回转运动或往复运动的圆形工件的表面预加工, 可采用车削加工, 对待喷涂表面部位进行下切, 以除去该部位的特殊表层或原有涂层, 并预留涂层厚度尺寸。

- a. 工件不论承受何种载荷, 经过下切部分的端部与未加工部分之间的过渡处应加工成 $30^\circ \sim 45^\circ$ 斜角。工件内圆角加工情况见图 1, 油孔口的加工情况见图 2、图 3、图 4、图 5。

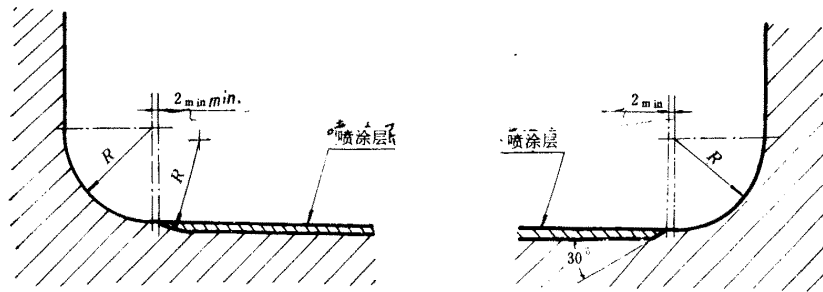


图 1 内圆角喷涂层预处理及修整

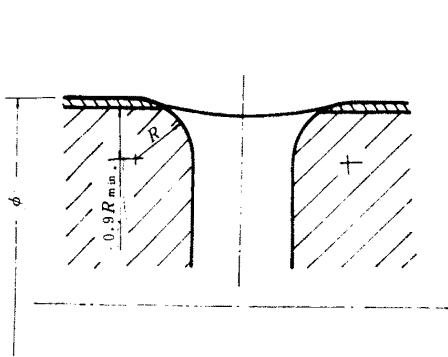


图 2 油孔垂直于轴中心线，喷涂层厚度小于10%喇叭口半径时油孔口喷涂层预处理及修整

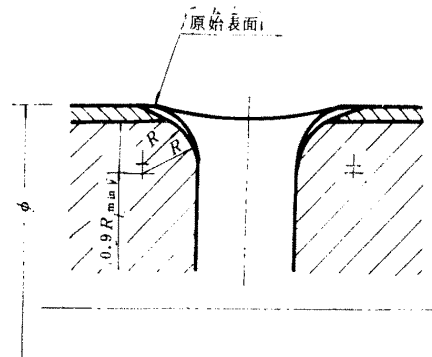


图 3 油孔垂直于轴中心线，喷涂层厚度大于或等于10%喇叭口半径时油孔口喷涂层预处理及修整

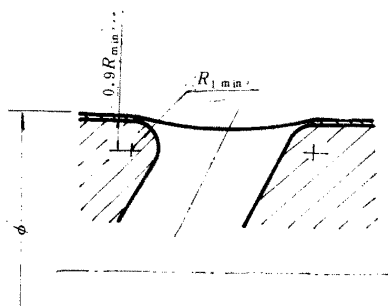


图 4 油孔斜交于轴中心线，喷涂层厚度小于10%喇叭口半径时油孔口喷涂层预处理及修整

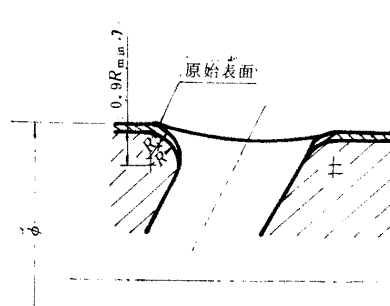


图 5 油孔斜交于轴中心线，喷涂层厚度大于或等于10%喇叭口半径时油孔口喷涂层预处理及修整

- b. 喷涂表面的边缘与轴和油孔的表面应光滑地联成一体。
- c. 经车加工部分的表面粗糙度, 应根据涂层厚度、类型及预期工作状况来选择, 一般表面粗糙度 $R_a \leq 12.5 \mu\text{m}$ 。

6.1.2.2 砂轮打磨

对于平面类零部件, 可采用砂轮打磨进行预处理, 打磨必须进行到待喷部位全部露出新鲜基材为止。

6.1.2.3 喷砂

对于大多数工件, 可采用喷砂方法进行预处理。

a. 喷砂材料

一般选用氧化铝砂、破碎铸造铁砂和石英砂等。砂粒必须是干燥洁净的、且带有尖锐的棱角。粒度可根据待喷表面的材质、硬度进行选择, 一般可为 $20^\circ \sim 40^\circ$ 。

b. 喷砂空气压力

平面工件喷砂: 空气压力限定在 $5.88 \times 10^5 \sim 7.85 \times 10^5 \text{ Pa}$ ($6 \sim 8 \text{ kgf/cm}^2$);

薄壁工件或表面硬度低 (小于 HRC 20) 的工件喷砂: 空气压力限定在 $2.94 \times 10^5 \sim 3.93 \times 10^5 \text{ Pa}$ ($3 \sim 4 \text{ kgf/cm}^2$);

轴类工件的喷砂: 在待喷部位作适当下切时, 下切深度可根据所需涂层厚度确定。下切后, 喷砂空气压力限定在 $5.88 \times 10^5 \sim 7.85 \times 10^5 \text{ Pa}$ ($6 \sim 8 \text{ kgf/cm}^2$)。

6.1.3 喷砂的一般要求

- a. 使用的压缩空气必须是洁净的、干燥的;
- b. 喷砂工作应仅限于为进行金属喷涂而需要进行预处理的部位。对待喷部位之外的相邻区域, 应采用适当的方法遮蔽。以不使预处理部位的相邻区域受到损伤或污染;
- c. 喷砂时, 待喷部位内的油孔及其他小孔, 应用可抗喷砂的材料塞住, 以避免进入异物;
- d. 喷砂时, 砂粒的入射角一般控制在 $75^\circ \sim 80^\circ$; 如果是内孔, 砂粒的入射角可大于或等于 45° ;
- e. 喷砂应进行到基体表面不再发生明显变化为止。喷砂后应用压缩空气将表面上的残渣、砂砾等清除干净。

6.1.4 预处理后的存放要求

- a. 喷砂后的表面不能用手触摸;
- b. 重工件吊运时, 绳索应悬挂在喷砂部位之外处;
- c. 喷砂后到喷涂前的停留时间: 干燥气候下控制在 4 h 之内, 潮湿气候下控制在 2 h 之内, 否则应采取适当措施将喷砂表面与大气隔离;
- d. 喷砂后的表面, 一旦发生被油、水、污垢等污染, 必须重新进行预处理。

6.2 喷涂

6.2.1 喷涂材料

- a. 喷涂结合层材料可选用镍铝 (镍包铝、铝包镍) 复合粉末或其他结合层材料;
- b. 喷涂工作层材料可选用镍基、铁基、钴基、铜基等合金粉末以及陶瓷和自粘结一次喷涂复合粉末等;
- c. 粉末粒度应与所选用的喷涂装置和方法相适应, 粉末硬度与基体材料相适应, 并满足使用工况要求。粉末粒度一般为: 金属粉末为 $-150 \sim +300$ 目; 陶瓷喷涂粉末为 $-200 \sim +400$ 目。

6.2.2 喷涂操作

6.2.2.1 预热 工件在喷涂前, 应根据工件的形状、尺寸和材料选择适当的温度预热, 另有协议的除外。预热应掌握在表面不发生氧化、污染和局部不过热为适度 (约 100°C 左右)。预热火焰以中性焰或微碳化焰为宜。加热要均匀, 并使工件温度缓缓上升。

6.2.2.2 遮蔽 喷涂前, 对于待喷部位相邻而又不需涂层的部位, 应以适当的方式进行遮蔽。

喷砂遮蔽材料也可用于喷涂工序的遮蔽, 但应能满足:

- a. 遮蔽材料应耐涂层温度的高温;
- b. 不粘附合金粉末或污染金属涂层;
- c. 喷涂后,被使用的遮蔽材料应能去除干净。

6.2.2.3 喷涂 工件表面经预处理、预热后进行涂层喷涂操作。火焰粉末喷涂层大都由结合层与工作层组成。先喷结合层,待结合层喷好后,立即喷涂工作层,以防氧化和污染(若喷自粘结一次粉末,可不需喷涂结合层);

a. 平面工件的喷涂 喷枪与基体表面应尽可能保持直角,最小不得小于 45° 。前后喷涂应均匀一致。涂层各层间应为互相垂直,交叉覆盖,即第一次喷完后,转 90° 方向进行第二层喷涂,反复交叉,直至所需厚度

b. 轴类或圆柱面工件的喷涂 应将工件安装在车床或适当的旋转装置上,喷嘴与工件轴线在同一平面上。当工件以 $6 \sim 30\text{m/s}$ 速度旋转时,喷枪应以适当速度往返移动(每移动一次,可完成一条 $10 \sim 15\text{mm}$ 宽的条形涂层带)。往返喷涂后,各条形涂层带上应有 $1/3$ 宽度是重叠的,直至所需厚度;

c. 具有下切截面工件的喷涂 应在喷枪开始移动时,喷涂流束以 45° 角直接对下切端肩的拐角处交替喷涂,使少量的涂层环绕在拐角周围,以防细小的粉尘和氧化物的堆积,避免在此产生疏松组织;

d. 内孔、内圆面的喷涂 应特别注意喷涂方向与喷砂方向(喷砂角度不得小于 45°)保持一致,以免影响涂层与基体的结合强度;

e. 涂层厚度 涂层厚度应是均匀的,基体表面任何部位喷枪经过的次数都应相同。

结合层薄度不宜太厚,一般为 $0.10 \sim 0.15\text{mm}$ 。

工作层厚度按工件的实际磨损量和供需双方协议确定。喷涂时每层喷涂层厚度一般为 $0.07 \sim 0.1\text{mm}$ 。涂层总厚度计算应考虑基体金属的热膨胀量和加工余量,见下式:

$$t = \delta + \Delta b + Ba\Delta T$$

式中: t ——涂层总厚度, mm ;

δ ——总下切量, mm ;

Δb ——涂层总加工余量, mm ;

B ——基体预处理后待喷部位的厚度或轴径, mm ;

a ——基体材料的热膨胀系数, $1/^\circ\text{C}$;

ΔT ——基体喷涂时的温升, $^\circ\text{C}$ 。

6.2.3 喷涂操作的一般要求

- a. 必须充分注意火焰状态。调节火焰参数(氧气压力、氧气流量、乙炔气压力、乙炔气流量),使之有足够的火焰能量并保持中性焰;
- b. 必须严格控制送粉量。送粉气流不应过大,以能使粉末顺利地喷出枪口而不产生堆积现象;
- c. 调整喷枪的喷嘴到基体的距离为 $150 \sim 250\text{mm}$ 之间,控制喷枪移动速度等参数;
- d. 喷涂时,应对基体温度进行控制。可采用“周期性间歇喷涂”或“风冷”等,使工件温度在整个喷涂过程中,维持在安全温度限内(不超过 250°C);当喷涂工件的内孔、内圆面部位时,工件温度可略高于 250°C ;
- e. 必须注意先点火后送粉的原则。

6.3 封孔处理

当涂层需要封孔处理时(例如对耐腐蚀等涂层封孔),封孔剂应按需方的要求和涂层的性质以及制造厂推荐的材料和方法施加。

- a. 将选好的封孔剂,用浸涂、刷涂或喷涂等方法,实施在喷涂后直接干燥的清洁表面上,其封孔剂在工件上应有足够的停留时间;

b. 封孔处理后, 必须检查封孔剂是否完全而均匀地整个喷涂表面上连续覆盖。

6.4 冷却

为保持涂层和基体之间的粘结力或减小涂层的内应力, 喷涂操作后应使工件缓慢冷却。

6.4.1 平面工件的冷却

可采用将工件放平并包覆石棉布(或硅酸铝纤维棉等)或埋在干燥的砂粒中冷却等方法。

6.4.2 轴类圆形工件的冷却

对大型工件可采用将工件的喷涂部位用石棉布(或硅酸铝纤维棉等)包覆并低速旋转等方法进行冷却。

6.4.3 薄壁工件

工件喷涂后应立即放至保温炉中缓慢冷却。

7 喷涂层的外观检查

涂层的尺寸应满足需方要求, 涂层表面应具有均匀的外观, 不起皮、不掉块和无裸露的斑痕。

8 涂层后加工

要求对涂层进行加工时, 应在工件冷却后进行。

8.1 车加工

对于涂层表面精度要求不高, 且涂层硬度适宜的工件, 可采用适当的车刀进行车加工。

值得注意的是: 为防止车削时涂层受到挤压而引起涂层剥落, 故车刀的后角应稍大些, 并应控制较小的进刀量和选择适当的线速度。

8.2 磨削

对于涂层表面精度要求高或涂层硬度较高的工件, 应采用磨削加工。最好用高效湿润性冷却液冷却, 以避免涂层局部过热。

9 遮蔽材料的去除

使用的遮蔽材料应去除干净。

附加说明:

本标准由中国船舶工业总公司六〇三所提出。

本标准由天津修船技术研究所归口。

本标准由新港船厂负责起草。

本标准主要起草人王季莹。