

热喷涂铝及铝合金涂层

GB 9795—88

Thermal spraying coatings of aluminium and its alloys

本标准参照采用国际标准ISO 2063《金属涂层—钢铁的抗腐蚀防护—喷涂金属锌和铝》。

1 主题内容与适用范围

本标准对热喷涂（以下称喷涂）铝及铝合金涂层（以下称涂层）给出了涂层厚度的有关定义；并根据涂层厚度进行了分类并标号；确定了厚度、外观、结合性能、耐腐蚀性能、抗高温氧化性能及密度等特性的要求；还对涂层的制备作出了一般规定。

本标准仅适用于以防腐蚀及抗高温氧化为目的，在钢铁产品上喷涂的铝及铝合金涂层。

2 引用标准

GB 3190 铝及铝合金加工产品的化学成分

GB 9796 热喷涂铝及铝合金涂层试验方法

3 术语

3.1 有效表面

按使用和外观要求必须喷涂的表面，包括已喷涂和待喷涂的表面。

3.2 基准表面

在有效表面上作涂层厚度测量的给定区域。

3.3 局部厚度

在基准表面上按规定作数点测量所得涂层厚度的平均值。

3.4 最小局部厚度

在有效表面上所得各局部厚度中的最小值。

4 有关基准表面的规定

4.1 基准表面的大小及形状

当有效表面的面积在 1 m^2 以下时，基准表面取面积为 1 cm^2 的正方形。

当有效表面的面积在 1 m^2 以上时，基准表面取面积为 1 dm^2 的正方形。

4.2 基准表面的位置

基准表面的位置，由供需双方议定。一般应选择在有效表面内预计涂层最薄的部位。

4.3 基准表面的数量

基准表面至少应选取三处。在特大的有效表面上，以 10 m^2 为一个测量单元，即每 10 m^2 有效表面上至少应选取基准表面三处。

5 涂层分类

本标准按涂层的最小局部厚度将涂层分类并标号，见表1。

表 1 涂层分类

标号 ¹⁾	最小局部厚度 ²⁾ μm	涂层使用方式
A180	80	封闭后使用
(Al-Mg×)80		直接使用 封闭后使用
A1120	120	直接使用
(Al-Mg×)120		封闭后使用 封闭后在550℃以下使用
A1160	160	直接使用 封闭后使用 封闭后在550℃以下使用 经扩散处理后在900℃以下抗高温氧化
(Al-Mg×)160		直接使用 封闭后使用 封闭后在550℃以下使用
A1200	200	直接使用 封闭后使用 封闭后在550℃以下使用 经扩散处理后在900℃以下抗高温氧化
(Al-Mg×)200		直接使用 封闭后使用 封闭后在550℃以下使用
A1300	300	直接使用 封闭后使用 封闭后在550℃以下使用 经扩散处理后在900℃以下抗高温氧化
(Al-Mg×)300		直接使用 封闭后在550℃以下使用

注：1) Al代表纯铝涂层。其后的数字表示最小局部厚度，μm。举例：最小涂层厚度为80μm的纯铝涂层，以A180标号。

(Al-Mg×)代表铝镁系合金涂层，×表示合金中镁的百分含量，括号外的数字为涂层最小局部厚度，μm。举例：最小局部厚度为120μm，含镁量为5%的铝镁合金涂层以(Al-Mg5)120标号。

2) 最小局部厚度推荐选用本表中的系列值，也可选用本表中未规定的厚度值，但涂层性能指标应符合本标准的规定。

6 涂层制备的一般规定

6.1 表面准备

喷涂前的基体表面必须清洁、无油污、且应作好喷砂粗化处理，以达到清洁和粗化要求。

6.1.1 喷砂

利用压缩空气，借助射吸式或压力式喷砂装置，或者离心抛砂装置喷射磨料，对基体表面实施清洁及粗化处理，直至基体表面呈灰白色的金属外观和均匀的粗化面。

6.1.1.1 磨料：磨料的选择应根据基体金属的种类和涂层的厚度而定，磨料必须清洁、有棱角，才能保证涂层与基体结合良好。回收的磨料也必须满足上述要求，方可使用。具体要求如下：

a. 种类：冷硬铸铁砂，刚玉砂（氧化铝砂）或符合有关规定的其他磨料（我国规定禁止在敞开条件下喷石英砂除锈）；

b. 形状：必须有棱角，粒度在0.5~2.0mm之间；

c. 清洁：必须清洁、干燥、不允许有油污、可溶性盐的游离物和长石。

6.1.1.2 压缩空气：用于喷砂的压缩空气必须清洁和干燥，以免污染磨料和待喷涂基体的表面。

6.1.2 基体表面应达到的要求

喷砂后，基体表面粗糙度应达到 $R_z 40 \sim 80 \mu\text{m}$ ，且应干燥、无灰尘、无油污、无氧化皮、无锈迹。根据供需双方的协议，也可采用经喷砂处理的基准样板进行比较。

如果喷砂质量未达到上述要求时，应重作喷砂处理。

6.2 喷涂用金属铝及铝合金

6.2.1 喷涂用铝要求：铝的材质至少应达到GB 3190中L₂的要求，即含铝量为99.5%以上。

6.2.2 喷涂用铝镁合金要求：合金中铝的材质至少应达到GB 3190中L₁的要求，即含铝量为99.7%以上；铝镁合金的材质应达到GB 3190中LF₃或LF₅的要求。典型的LF₅合金中含镁量为4.8%~5.5%，其余为铝。

注：如用铝粉时，制造粉末所用金属含量应维持上述规定值，且以Al₂O₃形态存在的氧含量不得大于1%。

6.3 喷涂

6.3.1 喷砂后停留时间的规定：经喷砂后的基体表面应尽快进行喷涂，其间隔时间愈短愈好。

在晴天或不太潮湿的天气，间隔时间不可超过12h；在雨天、潮湿或含盐雾气氛下，间隔时间不可超过2h。

6.3.2 喷砂后，由于停留时间过长或其他原因，致使基体表面明显变质时，应重作喷砂处理。

6.3.3 喷涂必须在如下条件下实施：环境大气高于5℃或基体金属的温度至少比大气露点高3℃。

在雨天、潮湿或含盐雾的气氛中，喷涂操作必须在室内或工棚中进行。

6.4 涂层的封闭处理

6.4.1 耐腐蚀涂层的封闭

涂层孔隙经封闭处理后，可提高其耐腐蚀性能。

涂层的孔隙可通过时效生成金属盐类而封闭。

可用无机盐水溶液喷洒或涂刷作封闭。

可用涂料封闭，形成喷涂层+涂料封闭的复合涂层。此复合涂层的防护寿命较喷涂层寿命+涂料防护层寿命二者之和还长；常为单一涂料覆盖层的防护寿命的数倍。

6.4.2 耐热涂层的封闭

涂层经耐高温材料封闭后，在550℃以下具有抗氧化性能。

6.4.3 封闭材料必须具备下列条件

a. 能与涂层相容；

b. 在所处的环境中，必须有耐腐蚀性；

c. 具有较低的粘度，易渗入到涂层的孔隙中去。

推荐的几种封闭材料见附录A（参考件）。

6.5 高温扩散处理

纯铝涂层经高温扩散处理后，在钢铁基体表面获得适当厚度的铝铁合金层，在900℃以下具有抗高温氧化性能。推荐的热扩散工艺见附录A（参考件）。

7 性能的要求

7.1 涂层厚度

涂层厚度按GB 9796中4.1条磁性测量法测量。各类涂层，其任何局部厚度值不得低于表1中相应的标号所规定的值。

如对测量的结果有争议时，可采用GB 9796中4.2条断面显微测量法仲裁。

7.2 涂层外观

涂层外观按GB 9796中第9章外观质量检查方法实施。涂层表面必须是均匀的，不允许有起皮、鼓泡、大熔滴、裂纹、掉块及其他影响涂层使用的缺陷。

7.3 结合性能

涂层与基体的结合性能按GB 9796中第5章结合性能试验方法实施。

7.3.1 采用切格试验时，试验结束后，方格内的涂层不得与基体剥离。

7.3.2 采用试样做拉力试验时，至少要作五个试样。五个试样的平均结合强度值不可低于 $9.8\text{N}/\text{mm}^2$ ($1\text{kgf}/\text{mm}^2$)，且任何一个试样的结合强度值不可低于 $5.9\text{N}/\text{mm}^2$ ($0.6\text{kgf}/\text{mm}^2$)。

7.3.3 采用工件做拉力试验时，结合强度值不小于 $5.9\text{N}/\text{mm}^2$ ($0.6\text{kgf}/\text{mm}^2$)。

7.4 涂层的耐腐蚀性能

按GB 9796中6.1条中性盐雾试验法或6.2条盐水浸渍试验法择一实施。72h后，涂层不允许有鼓泡、红锈和剥落现象。

7.5 涂层密度

涂层密度试验，按GB 9796中第7章实施。铝和铝镁涂层的密度值为 $2.3\text{g}/\text{cm}^3$ 。

7.6 涂层抗高温氧化性能

喷铝层的抗高温氧化性能，以铝涂层向基体热扩散后扩散层的质量与厚度为标志。在规定热扩散处理条件下，扩散层厚度必须在 $70\mu\text{m}$ 以上，与基体结合良好，且无裂纹。按GB 9796中第8章检查扩散层的质量及厚度。

8 检查

外观、涂层厚度、结合性能、耐腐蚀性、密度、抗高温氧化性等，必须符合本标准第7章的规定，试验按GB 9796中规定的试验方法实施。

根据使用环境和供需双方协议，可省略部分试验。但外观、厚度和结合性能必须检查。按涂层用途，其检查的项目见表2。

表 2 喷铝及其合金涂层检查项目

涂 层 用 途	外 观	厚 度		结 合 性 能		耐 腐 蚀 性		密 度	显 微 观 测 法
		磁 性 测 量 法	显 微 测 量 法	切 格 法	拉 力 法	盐 雾 法	盐 水 浸 渍 法		
直接使用	0	0	—	0	✓	✓	✓	✓	—
涂料封闭后使用	0	0	—	0	✓	✓	✓	✓	—
550℃以下抗氧化	0	0	—	0	✓	—	—	✓	—
990℃以下抗高温氧化	0	0	—	0	—	—	—	—	0

注：“0”表示必须检查的项目；

“✓”表示双方议定检查的项目（腐蚀试验任选一项）；

“—”表示可以省略的检查项目，如果根据使用条件，有必要检查时，应在协议上注明。

9 涂层标志

在喷涂产品上应有涂层标志，标志应能反映涂层施工档案号。

附录 A
封闭材料及热扩散工艺
(参考件)

A1 无机封闭材料

这类封闭材料用于抗一般大气腐蚀。推荐采用具有一定浓度的碳酸盐、磷酸盐、铬酸盐或铋盐等的水溶液作为封闭材料，喷洒或涂刷于涂层表面，自然干燥后可封闭涂层的孔隙。

A2 有机封闭涂料

这类封闭涂料适用于较恶劣的环境，如工业大气、海洋大气、江、河、海水浸渍，或与化工介质接触等。推荐采用乙烯树脂类、氯化橡胶、氨基酯类或环氧树脂类等底、面配套的封闭涂料。

A3 550℃以下抗氧化用封闭涂料

推荐采用适当组分的硅树脂，加入铝粉配制而成，这是一种常温干燥，具有耐热性的封闭涂料。

A4 热扩散工艺**A4.1 涂层作抗氧化封闭**

推荐采用液体硅酸钠，加适量的耐火泥或石英粉作封闭材料，或使用沥青煤焦油加铝粉作封闭材料，涂刷在涂层表面上后，常温干燥。

A4.2 热扩散

喷涂件上封闭材料干燥后，放入800~850℃的炉中，使铝涂层热扩散。经保温1~3h后空冷或随炉冷至300℃出炉。

附加说明：

本标准由中华人民共和国机械电子工业部提出。

本标准由全国金属与非金属覆盖层标准化技术委员会归口。

本标准由武汉材料保护研究所负责起草。

本标准主要起草人胡有权。