前　言

本标准的附录 A、附录 B、附录 C 和附录 D 都是标准的附录。

本标准由中国机械工业联合会提出。

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。

本标准负责起草单位：国家金属腐蚀控制工程技术研究中心。

本标准参加起草单位：中国石油管道科技研究中心、中国建筑科学研究院建筑结构研究所。

本标准主要起草人：张立新、贺智端、杜秀玲、史志华、李京、李晓东、陆维忠。

中华人民共和国国家标准

GB/T 18593—2001

熔融结合环氧粉末涂料的防腐蚀涂装

Anti-corrosive painting of fusion bonded epoxy coating powders

1 范围

本标准规定了钢铁材料熔融结合环氧粉末涂料防腐蚀涂装的材料、工艺规范、涂层性能要求及试验方法。

本标准不适用于装饰性涂装。

当本标准应用于接触食品的管道或结构件的涂装时，涂层必须符合 GB 9686 食品容器内壁聚酰胺环氧树脂涂料卫生标准的规定。

2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 1408.1—1999 固体绝缘材料电气强度试验方法 工频下的试验(eqv IEC 60243-1:1988)

GB/T 1410—1989 固体绝缘材料体积电阻率和表面电阻率试验方法(eqv IEC 93:1980)

GB/T 1713—1989 颜料密度的测定 比重瓶法(eqv ISO 787-10:1981)

GB/T 1771—1991 色漆和清漆 耐中性盐雾性能的测定(eqv ISO 7253:1984)

GB/T 6329—1996 胶粘剂对接接头拉伸强度的测定(eqv ISO 6922:1987)

GB/T 6554—1986 电气绝缘涂敷粉末试验方法(neq IEC 60455-2-2:1984)

GB/T 6682—1992 分析实验室用水规格和试验方法(neq ISO 3696:1987)

GB/T 8923—1988 涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级(eqv ISO 8501-1:1988)

GB 9686—1988 食品容器内壁聚酰胺环氧树脂涂料卫生标准

GB/T 16592—1996 粉末涂料 烘烤时质量损失的测定(eqv ISO 8130-7:1992)

GB/T 16995—1997 热固性粉末涂料在给定温度下胶化时间的测定(eqv ISO 8130-6:1992)

GB 50152—1992 混凝土结构试验方法标准

JG 3042—1997 环氧树脂涂层钢筋

SY/T 0315—1997 钢质管道熔结环氧粉末外涂层技术标准

3 定义

本标准采用下列定义。

3.1 熔融结合环氧粉末涂料 fusion bonded epoxy coating powder

以环氧树脂为主要成膜材料的热固性熔融结合粉末涂料，亦称“熔结环氧粉末涂料”，本标准中简称“环氧粉末”。

3.2 熔融结合环氧粉末涂层 fusion bonded epoxy coating (layer)

环氧粉末涂料经熔融结合涂装工艺固化后形成的膜状物，本标准中简称“熔结环氧涂层”。

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 2001-12-17 批准　　2002-06-01 实施

3.3 涂层钢筋 fusion bonded epoxy painted steel bar
经熔融结合环氧粉末涂料涂装的钢筋。

3.4 工艺管道及管件 processing pipes and fittings
根据生产工艺要求而设计的管道，如直管、弯管、三通管、变径管等各种形状的管道。

4 需方应向供方提供的技术要求

4.1 本标准号和本标准名称。
4.2 基体钢材和铸铁的牌号、规格和表面状态。
4.3 涂层的厚度。
4.4 抽样和检验。
4.5 涂层产品应用环境或介质条件。
4.6 选定涂层的类别(第1,2或3类)和涂装工艺。
4.7 涂装产品包装。

5 涂层分类

5.1 第1类涂层
5.1.1 埋地钢质管道外壁防腐蚀涂层。
5.1.2 输运石油、天然气、淡水或海水的管道内壁防腐蚀涂层。
5.2 第2类涂层
钢筋防腐蚀涂层。
5.3 第3类涂层
5.3.1 重腐蚀环境中工作的钢或铸铁工艺管道防护涂层。
5.3.2 重腐蚀环境中工作的钢或铸铁结构件防护涂层。

6 材料

6.1 钢铁基体
6.1.1 每批待涂装的钢铁基体应有符合国家标准或用户要求的有关材质、制造和规格的证明文件。
6.1.2 对每批待涂装的钢铁基体应逐件(批)进行外观和尺寸的检查，剔除不符合制造标准或未达到合同要求的部件。
6.2 熔融结合环氧粉末涂料
6.2.1 熔融结合环氧粉末涂料应该是含环氧树脂和固化剂、颜料、填料的热固性粉料。
6.2.2 环氧粉末应具备生产厂的产品说明书，出厂检验合格证书和有关质量评定技术文件。
6.2.3 用于涂装接触食品的管道和结构件的环氧粉末，应有食品卫生合格证，其涂层必须符合GB 9686的规定。
6.2.4 每批环氧粉末产品的标签应标明：生产厂名、产品型号、批号、重量、生产日期、储存条件、储存期限。
6.2.5 涂装厂或车间应按照涂料生产厂规定的条件储存粉末涂料。
6.2.6 用于喷涂各类产品的环氧粉末性能应符合表1所列的技术指标。在喷涂前，对每一批环氧粉末涂料，应按表1的项目在实验室进行检验，性能达到验收质量要求的，方可使用。
6.3 修补材料
修补材料应为以环氧树脂或改性环氧树脂为基料的双组份涂料或其他与原涂层相容且性能相当的材料。

表 1　熔融结合环氧粉末涂料技术指标

序号	试验项目	单位	技术指标		测试标准
1	外观		均匀,不结块		目测
2	密度[1]	g/cm^3	1.3～1.6		附录 A(标准的附录)
3	挥发份	%	≤0.6		GB/T 16592
4	粒度分布,粒径>150 μm	%	≤3		GB/T 6554
5	胶化时间	s	第 1 类涂层	第 2 类涂层	GB/T 16995
			≤90(180℃) ≤30(230℃)	厂商提供值 ±20%	
1) 对特殊用途的环氧粉末的密度值控制在厂商提供值±20%以内。					

7　工艺规范

7.1　钢铁基体的表面处理

7.1.1　涂覆前应先将待涂装件表面棱角打磨成 $R\geqslant 2$ mm 的圆角,其焊缝部位应无尖角、缺肉、气孔、裂纹、缝隙和焊渣;清除待涂装件表面容易引起针孔和涂层厚度不匀的疵点和缺陷。

7.1.2　铸铁待涂装件,必须预先经升温烘烤(约 300℃)足够的时间,保证充分去除铸件上微小缝隙和缺陷中残留的水分及其他挥发物。

7.1.3　涂覆前,必须用适当的方法将待涂装件表面的灰尘、油、脂及其他污染物清理干净。

7.1.4　按 GB/T 8923,对待涂装件表面进行喷砂或抛丸除锈,使之达到 Sa2 $\frac{1}{2}$ 级标准,锚纹深度应在 40～100 μm 范围内。

7.1.5　再次对待涂装件进行目视检查,将所发现的疵点和缺陷消除。

7.1.6　用净化压缩空气或金属刷除去因上述过程残存在基体表面的残留物。

7.1.7　净化后的钢筋表面应按照 JG 3042—1997 中附录 A 的要求进行检验,表面不得附着氯化物,洁净度不应低于 95%,方可进行 2 类涂层的涂装。

7.1.8　将待涂装件不需涂装部位覆盖保护。

7.1.9　待涂装件表面处理后,必须在 3～8 h 内进行涂覆,涂覆前待涂装件表面不得出现肉眼可见的锈迹,否则应重新进行表面处理。

7.2　预热

7.2.1　待涂装件可以不同方式预热,如采用加热炉或连续式感应圈加热。

7.2.2　预热温度根据各粉末涂料生产厂推荐的温度确定,但不得超过 275℃。

7.2.3　预热时若因温度过高或时间过长,而致工件表面出现深蓝或深褐色过氧化现象,应重新进行表面处理。

7.3　涂覆

7.3.1　可采用静电喷涂法、摩擦静电喷涂法、流化床法、静电流化床法等方式进行涂覆,保证涂层达到应有的厚度和均匀度。

7.3.2　使用无油空气压缩机,并配以空气干燥器,保证供粉用的压缩空气无油、无水。

7.3.3　涂覆一般应在一次操作中完成,第 3 类涂层在特殊情况需要复涂时,应在前一遍涂层尚未完全固化之前进行。

7.4　涂层的固化

7.4.1　第 1,2 类涂层的固化是利用预热基体的余热完成的,无特殊需要时,不另行加热固化。

7.4.2　第 3 类涂层在涂覆后还需再加热固化,具体的固化温度和时间按环氧粉末涂料生产厂推荐的条

件进行。

8 熔结环氧涂层的修补

8.1 第1类涂层局部出现少数针孔(1～2个/m^2)或面积小于25 cm^2的不合格部位,允许进行局部修补;第2类涂层缺陷面积不超过0.3 m长钢筋表面积的1%时,允许修补;第3类涂层局部出现针孔时,应将有针孔的涂层除去,按第7章涂装工艺进行复涂。

8.2 修补或复涂前,必须清除所有油污、铁锈、杂质,剥去疏松涂层,并将该区域打磨成粗糙面,修补层与周围完好涂层结合部位应打磨成羽翼状,再把表面清理干净。

8.3 修补剂可采用能与原涂层紧密结合的双组份高分子复合涂料或双组份环氧树脂涂料。

8.4 修补区涂层厚度应为原涂层的1.5倍,与原涂层搭接的宽度不小于10 mm。

9 熔结环氧涂层的性能要求和试验方法

9.1 涂层的厚度应符合工程设计的规定,设计无规定时,可根据涂层使用条件,参照表2的规定选用。

表2 涂层的厚度 μm

涂层类型	涂层级别	最小厚度	参考厚度
第1类	普通级	300	300～400
	加强级	400	400～500
第2类		130	130～300
第3类	普通级	300	300～600
	加强级	600	600～1 000
	特强级	1 000	1 000～1 500
注:对涂层厚度的要求,不包括由于涂层缺陷或破损而做修补的区域。			

9.2 涂层的物理性能

9.2.1 涂装施工前,应在实验室内进行涂层性能测试,其物理性能应符合表3的要求,试件制备的规定见9.2.2。

表3 涂层的物理性能指标

试验项目	单位	性能指标			标准测试方法
		第1类	第2类	第3类	
外观		平整、色泽均匀、无气泡			目测
抗冲击性(常温)	J	>12	>9	>18	附录B(标准的附录)
抗冲击性(−30℃)	J	>1.5	—	—	SY/T 0315
抗弯曲性(3°,常温)	级	—	—	1	附录C(标准的附录)
抗弯曲性(3°,−30℃)	级	1～2,无裂纹	—	—	SY/T 0315
抗弯曲性(常温)		—	无裂纹	—	JG 3042
耐磨性(落砂法)	L/μm	>3	>3	>3	SY/T 0315
附着力(撬剥法)	级	1～2	—	1～2	SY/T 0315
粘结强度	MPa	—	—	30	GB/T 6329
粘结强度(涂层钢筋与混凝土之间)		—	≥裸钢筋与混凝土之间粘结强度的80%	—	GB 50152
阴极剥离(24或48 h)	mm	≤8	—	—	SY/T 0315

表 3（完）

试验项目	单位	性能指标			标准测试方法
		第 1 类	第 2 类	第 3 类	
阴极剥离	mm		≤8		JG 3042
电气强度	MV/m	≥30	—	≥30	GB/T 1408.1
体积电阻率	Ω·m	$\geq 1\times10^{13}$		$\geq 1\times10^{13}$	GB/T 1410
断面孔隙率	级	1～4	—	1～4	SY/T 0315
界面孔隙率	级	1～4	—	1～4	SY/T 0315

9.2.2 实验室涂装试件的制备应符合下列规定：

9.2.2.1 试件基体应为低碳钢或与待涂装件相同的基材。

9.2.2.2 试件表面应进行喷砂处理，其除锈质量按 GB/T 8923 应达到 Sa2 $\frac{1}{2}$ 级。锚纹深度应在 40～100 μm。

9.2.2.3 基体预热和涂层固化的温度应按照环氧粉末生产厂的推荐值选定。

9.2.2.4 试件涂层的厚度：对于第 1 类和第 3 类涂层应为 350 μm±50 μm；对于第 2 类涂层应为 250 μm±50 μm。

9.2.2.5 对实验室涂装试件进行的测试应符合表 3 的规定。

9.2.2.6 涂装试件固化后应在 23℃±5℃或室温下放置 24 h 后，才可按照各试验方法中的操作步骤进行性能测试。

9.3 涂层的耐化学腐蚀性能

9.3.1 各类涂层的耐化学腐蚀性能测试方法按 GB/T 6554 进行。要求在指定介质中一定温度和时间内不发生剥落、开裂、软化、粉化、变质现象。其指定介质和条件列于附录 D(标准的附录)或按供需双方合同的规定。

10 检验规则

10.1 涂层外观用目测，逐件(批)检查，要求表面平整，色泽均匀，无气泡、无裂纹、无缩孔、允许有轻度的桔皮状花纹。

10.2 涂层的厚度采用涂层测厚仪测量。

10.2.1 第 1 类涂层：沿管长随机取 3 个位置，在每个位置绕圆周方向测量均匀分布的 4 点的涂层厚度；测量结果应符合 9.1 的规定。

10.2.2 第 2 类涂层：应在钢筋相对两侧测量厚度，每个厚度记录值为 3 个相邻肋间厚度值的平均值，沿整根 12 m 长的钢筋至少应取间隔大致均匀的 5 个点测定，除去钢筋首尾两端各 100 mm 长度表面的涂层外，应有不少于 90%的厚度记录值在 150～300 μm 范围内，且不得有低于 130 μm 的厚度记录值。

10.2.3 第 3 类涂层：厚度检测每平方米内不少于 25 个点，测量结果应符合 9.1 的规定。

10.3 漏点(微孔)检查，采用电火花检漏仪进行，检测时涂层表面温度应低于 100℃。

10.3.1 第 1 类涂层检测电压为 5 V/μm，平均每平方米表面漏点数不应超过 1 个，超过时，按第 8 章规定进行修补或剔除。

10.3.2 第 2 类涂层用 67.5 V 电压检测，每米长度上的微孔数平均不应超过 5 个。

10.3.3 第 3 类涂层检测电压为 5 V/μm，出现漏点时按第 8 章规定进行修补或重涂。

10.4 第 1 类涂层出厂前应抽样进行抗冲击试验、抗弯曲试验、阴极剥离和附着力检验，符合 9.2.1 规定方可出厂。

10.5 第 2 类涂层出厂前应抽样进行抗弯曲试验，符合 9.2.1 的规定方可出厂。

10.6 第 3 类涂层出厂前应抽样进行抗冲击试验和附着力检验，符合 9.2.1 的规定方可出厂。

附 录 A
（标准的附录）
用液体置换比重计法测定粉末涂料的密度

本附录 A 非等效采用 ISO 8130-3:1992《用液体置换比重计法测定密度》。

A1 原则

采用液体置换比重计法测定粉末涂料的密度，所用的液体应能完全润湿试样，并且不使试样溶胀或溶解。

A2 仪器

A2.1 比重瓶 应符合 GB/T 1713 规定。

A2.2 真空泵 连接有橡胶耐压管附件。

A2.3 天平 最大称重量 200 g，精度 1 mg 或更高。

A3 材料

A3.1 水 新蒸馏过并冷却的，其技术指标至少应符合 GB/T 6682 规定的三级纯。

A3.2 置换液体 不含芳香族化合物的脂肪烃或脂肪烃的混合物，沸点 8～140 C范围。在许多实例中发现正庚烷适合于测定热固性粉末涂料的密度。但是，若正庚烷与试样或其中某成分能发生作用，则可采用其他适合的液体。

A3.3 丙酮 分析纯。

A4 操作步骤

在 23 C±0.5 C温度下进行两次重复测定，称量精度为 1 mg。

A4.1 测定置换液体的密度

先称量干净的空比重瓶(A2.1)，充入置换液体达到刻度处，再称重，倒空比重瓶，用丙酮分三次将它清洗，并在真空中干燥，重新将水倒入比重瓶中，再称重。

用下列公式计算 23℃时置换液的密度 ρ_1(g/mL)

$$\rho_1 = \frac{m_1 - m_0}{m_2 - m_0} \times \rho_0$$

式中：m_0——空比重瓶的质量，g；

m_1——装有置换液比重瓶的质量，g；

m_2——装有水比重瓶的质量，g；

ρ_0——水的密度(在本方法条件下，可采用 23 C时水的密度即 0.998 g/mL)。

A4.2 测定粉末涂料的密度

倒空比重瓶，用丙酮清洗三次，并在真空下干燥，将 3～4 g 试样放入比重瓶中并称重。加入充分的并刚好够覆盖试样的置换液，以润湿试样，将比重瓶的出口与真空泵(A2.2)的耐压管相连。使比重瓶减压，减压值最低为 1.2 kPa，同时振动它，直到再没有气体从粉末/液体混合物中冒出，小心地使比重瓶的压力上升到与大气压相等，然后将置换液充满比重瓶到刻度处，不要搅混沉淀的粉末，充液时要仔细地防止将粉末粘在比重瓶颈，重新称量满载的比重瓶的重量。

A5 结果表达

A5.1 计算

计算 23 C时粉末涂料的密度 ρ_p(g/mL)

$$\rho_p = \frac{m_3 - m_0}{(m_1 - m_0) - (m_4 - m_3)} \times \rho_1$$

式中：m_3——比重瓶加试样的质量，g；

m_4——比重瓶加试样和置换液的质量，g；

如果两次测量误差大于 0.04 g/mL，则应重新测定(A4.2)。计算两次有效测定的平均值，报告结果，精度为 0.01 g/mL。

A5.2 精确度

目前已有精确度的数据还很少，重复试验的误差范围可定为 0.05 g/mL。

A6 试验报告

试验报告至少应包括下列内容：

a) 被测产品必要的所有具体标识；

b) 试验方法；

c) 比重瓶的类型和所使用的置换液；

d) 试验结果(每次试验的数据和平均值)；

e) 对本方法中条款的变动；

f) 试验日期。

附 录 B
(标准的附录)
涂层抗冲击性能试验(常温试验)补充说明

涂层在常温下抗冲击性能试验所需设备、试件及试验报告内容均与中国石油天然气行业标准 SY/T 0315中附录 G 的规定相同。仅试验步骤按以下规定进行：

a) 已固化的涂敷试件，经常温放置 24 h 以上，放入冲击试验机，并将砧块对正。

b) 按 9.2.1 中表 3 规定的常温冲击强度值冲击试件 3 次，各个冲击点相距至少为 50 mm，冲击点与试件边缘距离至少为 38 mm。球形冲头最多使用 10 次后应转到一个未使用过的位置。总计次数达到 200 次后，应更换冲头。

c) 用电火花检漏仪检查试件针孔，使用电压应调至 1 750 V±250 V。

附 录 C
(标准的附录)
涂层抗弯曲性能试验(常温试验)补充说明

第 3 类涂层在常温下抗弯曲性能试验所需设备、试件及试验报告内容均与中国石油天然气行业标准 SY/T 0315 中附录 F 的规定相同。但试验步骤按以下规定进行：

a) 涂层边缘应光滑，以消除任何潜在的应力升高点。已固化的涂敷试件经常温放置 24 h 以上，进行试验。

b) 将试件放在一平面上，测量试件厚度(t)，该值为试件的钢管壁厚和内弧弦高之和。

c）用以下的公式求出芯轴半径，该芯轴对应于单位管径长度弯曲 2.5°或 3°角：

弯曲度数	芯轴半径
2.5°	$R=23.42t$
3°	$R=19.60t$

式中：R——芯轴半径，mm；

t——试件厚度，mm。

d）将试件放在选定曲率半径的芯轴上进行弯曲试验，折弯速率应保证整个过程在 10 s 内完成。

e）目观试件是否有裂纹。

附 录 D
（标准的附录）
涂层耐化学腐蚀试验指定的介质和条件

表 D1 第 1 类涂层试验指定的介质和条件

介 质	浓度，%	pH 值	温度，℃	时间，d
蒸馏水	—	—	20±3	90
稀盐酸	—	2.5～3.0	20±3	90
氯化钠溶液	10	—	20±3	90
氢氧化钠溶液	5	—	20±3	90
10%氯化钠加稀硫酸	—	2.5～3.0	20±3	90
等质量碳酸镁和碳酸钙溶液	饱和	—	20±3	90

表 D2 第 2 类涂层试验指定的介质和条件

介 质	浓度，%	温度，℃	时间，d
蒸馏水	—	24±2	45
氯化钙溶液	33	24±2	45
氢氧化钠溶液	12	24±2	45
氢氧化钙溶液	饱和	24±2	45

第 2 类涂层还须进行抗氯化物渗透性试验(JG 3042)和耐盐雾性能试验(GB/T 1771)。

第 3 类涂层除按表 D1 中规定的介质和条件进行试验外，尚须经过表 D3 中所列各种介质和条件的试验，涂层不发生脱落、开裂、软化、变质现象，方可出厂。

表 D3 第 3 类涂层试验指定的介质和条件(补充部分)

介 质	浓度，%	温度，℃	时间，d
氯化钠溶液	3.5	60	45
氢氧化钠溶液	30	60	45
盐酸	20	30	45
硫酸	10	60	45