

ICS 31.030
CCS L 90

团 体 标 准

T/TMAC ×××—202X

高频高速覆铜板用电子级树脂

Electronic-grade resin for high-frequency and high-speed
copper-clad laminates

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

已授权的专利证明材料为专利证书复印件或扉页，已公开但尚未授权的专利申请证明材料为专利公开通知书复印件或扉页，未公开的专利申请的证明材料为专利申请号和申请日期。

××××-××-××发布

××××-××-××实施

中国技术市场协会 发布

中国技术市场协会（TMAC）是科技领域内国家一级社团，以宣传和促进科技创新，推动科技成果转移转化，规范交易行为，维护技术市场运行秩序为使命。为满足市场需要，做大做强科技服务业，依据《中华人民共和国标准化法》《团体标准管理规定》，中国技术市场协会有序开展标准化工作。本团体成员和相关领域组织及个人，均可提出修订 TMAC 标准的建议并参与有关工作。TMAC 标准按《中国技术市场协会团体标准管理办法》《中国技术市场协会团体标准工作程序》制定和管理。TMAC 标准草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议多数专家、成员的同意，方可予以发布。

在本文件实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料反馈至中国技术市场协会，以便修订时参考。

本作品著作权归中国技术市场协会所有。除了用于国家法律或事先得到中国技术市场协会正式授权或许可外，不许以任何形式复制本文件。第三方机构依据本文件开展认证、评价业务，须向中国技术市场协会提出申请并取得授权。

中国技术市场协会地址：北京市海淀区复兴路甲 23 号城乡华懋大厦 12 层 1217。

邮政编码：100036 电话：010-68270447 传真：010-68270453

网址：www.ctm.org.cn 电子信箱：136162004@qq.com

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 分类	3
5 技术要求	3
5.1 外观要求	3
5.2 理化性能	3
5.3 介电性能	3
5.4 热性能	4
5.5 机械性能	4
5.6 耐化学性能	4
5.7 阻燃性能（如适用）	5
5.8 有害物质限量	5
6 试验方法	5
6.1 试样制备	5
6.2 理化性能试验	5
6.3 介电性能试验	6
6.4 热性能试验	6
6.5 机械性能试验	7
6.6 耐化学与耐候性能试验	7
6.7 阻燃性能试验	8
6.8 有害物质测定	8
7 检验规则	8
7.1 检验分类	8
7.2 出厂检验	8
7.3 型式检验	9
7.4 验收检验	9
8 标志、包装、运输和贮存	9
8.1 标志	9
8.2 包装	9
8.3 运输	10
8.4 贮存	10

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国技术市场协会提出并归口。

本文件起草单位：惠柏新材料科技(上海)股份有限公司、河北凯诺中星科技有限公司、浙江万盛股份有限公司、湖南长炼新材料科技股份公司、北京中研博采技术服务有限公司。

本文件主要起草人：孙亚文、孙凤霞、李旭锋、姚飞、张琛、伍双全、田娟、乐志斌、夏卫彬。

高频高速覆铜板用电子级树脂

1 范围

本文件规定了高频高速覆铜板用电子级树脂的分类、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于工作频率在1 GHz~40 GHz范围内，用于制造高频高速覆铜板（CCL）及粘结片的电子级树脂材料，包括但不限于改性环氧树脂、聚苯醚树脂（PPE/PP0）、碳氢树脂、氰酸酯树脂、双马来酰亚胺树脂（BMI）及其改性体系。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 191 包装储运图形符号标志
- GB/T 1033.1 塑料 非泡沫塑料密度的测定 第1部分：浸渍法、液体比重瓶法和滴定法
- GB/T 1040.2 塑料 拉伸性能的测定 第2部分：模塑和挤塑塑料的试验条件
- GB/T 1408.1 绝缘材料 电气强度试验方法 第1部分：工频下试验
- GB/T 1409 测量电气绝缘材料在工频、音频、高频（包括米波波长在内）下电容率和介质损耗因数的推荐方法
- GB/T 1410 固体绝缘材料体积电阻率和表面电阻率试验方法
- GB/T 1725 色漆、清漆和塑料 不挥发物含量的测定
- GB/T 1843 塑料 悬臂梁冲击强度的测定
- GB/T 2406.2 塑料 用氧指数法测定燃烧行为 第2部分：室温试验
- GB/T 2408 塑料 燃烧性能的测定 水平法和垂直法
- GB/T 2794 胶黏剂黏度的测定
- GB/T 2918 塑料 试样状态调节和试验的标准环境
- GB/T 4722 印制电路用刚性覆铜箔层压板试验方法
- GB/T 5169.12 电工电子产品着火危险试验 第12部分：灼热丝/热丝基本试验方法 材料的灼热丝可燃性指数（GWFI）试验方法
- GB/T 6678 化工产品采样总则
- GB/T 6679 固体化工产品采样通则
- GB/T 6739 色漆和清漆 铅笔法测定漆膜硬度
- GB/T 8627 建筑材料燃烧或分解的烟密度试验方法
- GB/T 9274 色漆和清漆 耐液体介质的测定
- GB/T 9341 塑料 弯曲性能的测定
- GB/T 10295 绝热材料稳态热阻及有关特性的测定 热流计法
- GB/T 11297.11 热释电材料介电常数的测试方法
- GB/T 11547 塑料 耐液体化学试剂性能的测定
- GB/T 19466.2 塑料 差示扫描量热（DSC）法 第2部分：玻璃化转变温度和台阶高度的测定
- GB/T 22588 闪光法测量热扩散系数或导热系数
- GB/T 26125 电子电气产品 六种限用物质（铅、汞、镉、六价铬、多溴联苯和多溴二苯醚）的测定
- GB/T 33047.1 塑料 聚合物热重法（TG） 第1部分：通则

GB/T 33061.11 塑料 动态力学性能的测定 第11部分： 玻璃化转变温度

GB/T 34692 热塑性弹性体 卤素含量的测定 氧弹燃烧-离子色谱法

GB/T 36800.1 塑料 热机械分析法 (TMA) 第1部分： 通则

GB/T 37638 塑料制品中多溴联苯和多溴二苯醚的测定 高效液相色谱法

IEC 62321-8 电子电气产品中特定物质的测定第8部分： 用气相色谱-质谱法 (GC-MS)、气相色谱-质谱法 (Py/TD-GC-MS) 分析聚合物中的邻苯二甲酸酯 (Determination of certain substances in electrotechnical products - Part 8: Phthalates in polymers by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS), gas chromatography-mass spectrometry using a pyrolyzer/thermal desorption accessory (Py-TD-GC-MS))

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

高频高速覆铜板用电子级树脂 electronic grade resin for high frequency and high speed

指用于制造工作频率在1 GHz以上，具有低介电常数 (Dk)、低介电损耗因子 (Df)、优异耐热性和尺寸稳定性的覆铜板及粘结片的特种树脂材料。该材料需满足高频信号传输完整性、低延迟、低损耗的技术要求。

3.2

介电常数 (Dk) dielectric constant

在交变电场中，材料储存电能能力的量度，定义为材料电容率与真空电容率之比。高频高速应用中通常要求Dk值低于3.5 (10 GHz)，且随频率和温度变化率小。

3.3

介电损耗因子 (Df) dissipation factor

在交变电场中，材料能量损耗程度的量度，定义为介质损耗角正切值 ($\tan \delta$)。高频高速应用中通常要求Df值低于0.005 (10 GHz)，数值越小表示信号传输损耗越低。

3.4

玻璃化转变温度 (Tg) glass transition temperature

无定形或半结晶聚合物从玻璃态向高弹态转变的温度。以DSC (差示扫描量热法) 或DMA (动态热机械分析) 测定，影响材料在高温下的机械性能和尺寸稳定性。

3.5

热分解温度 (Td) thermal decomposition temperature

材料在受热过程中发生化学分解的温度，通常以热重分析 (TGA) 测定失重5%时的温度 (Td5) 表示。

3.6

热膨胀系数 (CTE) coefficient of thermal expansion

材料在单位温度变化下长度的相对变化率，通常以ppm/°C表示。高频高速覆铜板要求树脂体系在Z轴方向CTE低于60 ppm/°C (低于Tg)。

3.7

凝胶时间 gel time

树脂在特定温度下从液态转变为凝胶态所需的时间，反映树脂的固化反应活性。

3.8

挥发物含量 volatile content

树脂中可挥发性组分的质量分数，包括溶剂、低分子量物质及水分，影响层压工艺和制品可靠性。

3.9**吸水率 water absorption**

树脂在规定条件下吸收水分的能力，以质量分数表示。低吸水率（ $<0.1\%$ ）有利于保证高频信号传输的稳定性。

4 分类

按化学组成和性能等级，高频高速覆铜板用电子级树脂分为以下类型。

- a) 改性环氧树脂体系。
 - 1) 低介电常数型： $Dk \leq 3.0$ （10 GHz）；
 - 2) 超低损耗型： $Df \leq 0.003$ （10 GHz）。
- b) 聚苯醚树脂体系。
 - 1) 标准型： Dk 2.6~2.8， $Df \leq 0.0015$ ；
 - 2) 高频型： Dk 2.4~2.6， $Df \leq 0.0010$ 。
- c) 碳氢树脂体系。
 - 1) 通用型： Dk 2.8~3.2， $Df \leq 0.0025$ ；
 - 2) 高频型： Dk 2.4~2.8， $Df \leq 0.0015$ 。
- d) 高性能热固性树脂。
 - 1) 氰酸酯树脂（CE）： Dk 2.7~3.0， $Df \leq 0.003$ ；
 - 2) 双马来酰亚胺树脂（BMI）： $T_g > 250^\circ\text{C}$ 。

5 技术要求**5.1 外观要求**

树脂应为均一液体或固体，无可见机械杂质、结块、凝胶颗粒。液体树脂应澄清透明或呈均一乳白色（视具体体系而定），无分层现象。

5.2 理化性能

各类树脂的理化性能应符合表1的规定。

表1 理化性能要求

项目	单位	改性环氧树脂体系	聚苯醚树脂体系	碳氢树脂体系	高性能热固性树脂
外观	—	均一液体/固体， 无机械杂质	均一液体/固体， 无机械杂质	均一液体/固体， 无机械杂质	均一液体/固体， 无机械杂质
固体含量	%	60±2（溶剂型）； 100（固体型）	50±2（溶液型）；100 （粉末型）	40±2（溶液型）	70±2（溶液型）
黏度	mPa·s	800~3000（25℃）	500~2000（25℃）	200~1000（25℃）	1000~5000（25℃）
密度	g/cm ³	1.15~1.25	1.05~1.15	0.95~1.05	1.20~1.30
挥发物含量	%	≤1.5	≤2.0	≤3.0	≤1.5
凝胶时间	min	3~15（170℃）	5~20（200℃）	2~10（150℃）	3~12（180℃）
贮存期	月	≥6（25℃避光）	≥3（5℃避光）	≥3（-10℃避光）	≥6（-18℃避光）

5.3 介电性能

树脂固化物的介电性能是核心技术指标，应符合表2的规定。

表2 介电性能要求

性能指标	单位	测试条件	改性环氧树脂体系	聚苯醚树脂体系	碳氢树脂体系	高性能热固性树脂
介电常数 (Dk)	—	10 GHz, 23°C	≤3.0 (IA) ≤3.5 (IB)	2.4~2.8	2.4~3.2	2.6~3.0
介电损耗因子 (Df)	—	10 GHz, 23°C	≤0.005 (IA) ≤0.003 (IB)	≤0.0015	≤0.0025	≤0.003
Dk温度系数 (TCDk)	ppm/°C	-40°C~125°C	≤ 150	≤ 50	≤ 100	≤ 100
Df温度系数 (TCDf)	—	-40°C~125°C	≤0.0005	≤0.0002	≤0.0003	≤0.0003
介电常数稳定性	—	1~40 GHz	ΔDk≤0.1	ΔDk≤0.05	ΔDk≤0.1	ΔDk≤0.08
体电阻率	Ω·cm	23°C, 50%RH	≥10 ¹⁴	≥10 ¹⁵	≥10 ¹⁵	≥10 ¹⁴
表面电阻率	Ω	23°C, 50%RH	≥10 ¹³	≥10 ¹⁴	≥10 ¹⁴	≥10 ¹³
介电强度	kV/mm	短时法, 油浸	≥20	≥25	≥25	≥22

5.4 热性能

树脂固化物的热性能应符合表3的规定。

表3 热性能要求

性能指标	单位	改性环氧树脂体系	聚苯醚树脂体系	碳氢树脂体系	高性能热固性树脂
玻璃化转变温度 (T _g)	°C	≥150	≥170	≥120	≥220
热分解温度 (Td ₅)	°C	≥350	≥400	≥380	≥380
CTE (Z轴, <T _g)	ppm/°C	≤60	≤50	≤70	≤55
CTE (Z轴, >T _g)	ppm/°C	≤200	≤150	≤250	≤180
CTE (X/Y轴)	ppm/°C	≤20	≤18	≤25	≤20
热膨胀不匹配系数	%	≤2.5	≤2.0	≤3.0	≤2.5
耐热性 (T-288)	min	≥30	≥60	≥20	≥120
导热系数	W/(m·K)	≥0.20	≥0.25	≥0.15	≥0.30

5.5 机械性能

树脂浇注体或层压板的机械性能应符合表4的规定。

表4 机械性能要求

性能指标	单位	改性环氧树脂体系	聚苯醚树脂体系	碳氢树脂体系	高性能热固性树脂
弯曲强度	MPa	≥150	≥140	≥120	≥160
弯曲模量	GPa	≥3.0	≥2.5	≥2.0	≥3.2
拉伸强度	MPa	≥80	≥70	≥60	≥90
拉伸模量	GPa	≥3.2	≥2.8	≥2.2	≥3.5
断裂伸长率	%	≥3.0	≥4.0	≥5.0	≥3.5
冲击强度 (悬臂梁)	kJ/m ²	≥10	≥12	≥15	≥10
铅笔硬度	—	≥2H	≥HB	≥B	≥2H
粘接强度 (铜箔剥离)	N/mm	≥1.0	≥1.2	≥1.0	≥1.0
内应力	MPa	≤25	≤20	≤18	≤28

5.6 耐化学性能

树脂固化物应符合表5的耐化学性能要求。

表5 耐化学性能要求

测试项目	测试条件	性能要求
耐化学试剂性	浸入10% H ₂ SO ₄ , 23°C, 24h	外观无变化, 质量变化≤1%
	浸入10% NaOH, 23°C, 24h	外观无变化, 质量变化≤1%
	浸入异丙醇, 23°C, 24h	外观无变化, 质量变化≤2%
耐溶剂性	甲乙酮擦拭100次	无露底、无软化
耐焊接热	260°C/10s, 3次	无起泡、无分层

耐湿热性	85℃/85%RH, 1000h	Dk变化≤5%, Df变化≤20%
耐温度循环	-40℃~125℃, 1000 cycles	无开裂、无分层

5.7 阻燃性能（如适用）

对于无卤阻燃型树脂，应符合表6的规定。

表6 阻燃性能要求

性能指标	单位	要求
阻燃等级	—	V-0级（GB/T 2408垂直法）
极限氧指数（LOI）	%	≥32
灼热丝可燃性指数（GWFI）	℃	≥960
烟密度（Ds max）	—	≤200
卤素含量（Cl+Br）	ppm	≤900
磷含量	%	1.5~4.0（无卤阻燃）

5.8 有害物质限量

有害物质限量应符合表7的规定。

表7 有害物质限量

物质	单位	限量要求
铅（Pb）	mg/kg	≤1000
镉（Cd）	mg/kg	≤100
汞（Hg）	mg/kg	≤1000
六价铬（Cr ⁶⁺ ）	mg/kg	≤1000
多溴联苯（PBB）	mg/kg	≤1000
多溴二苯醚（PBDE）	mg/kg	≤1000
邻苯二甲酸酯（DEHP/BBP/DBP/DIBP）	mg/kg	各≤1000
全氟化合物（PFOS/PFOA）	mg/kg	各≤1000

6 试验方法

6.1 试样制备

6.1.1 试样制备通则

环境条件：按GB/T 2918规定，在温度23±2℃、相对湿度50±5%的环境下进行试样制备和状态调节，状态调节时间不少于24h。

固化制度：各类型树脂采用其典型固化制度，详见附录A。

模具要求：采用抛光不锈钢模具，表面粗糙度Ra≤0.4 μm，涂覆脱模剂。

6.1.2 浇注体试样制备（用于力学、热性能测试）

将树脂浇注于标准模具中，按规定的升温速率升温固化，固化完成后自然冷却至室温，退火处理（T_g以下20℃保持2h）以消除内应力。

6.1.3 覆铜板试样制备（用于电性能、工艺性测试）

采用标准E型玻纤布（2116或1080规格），控制树脂含量在45±3%，在标准层压条件下制成双面覆铜板（1 oz Cu），蚀刻后作为测试样品。

6.2 理化性能试验

理化性能试验应按表8规定执行。

表8 理化性能试验方法

项目	试验方法及关键参数	执行标准
外观	目视法：在自然光或日光灯（色温6500K，照度800~1200 lux）下目视观察，距离30cm，多角度观察	—
固体含量	烘箱法：称取2~3g样品于铝箔皿中，规定温度下干燥至恒重； 温度：105±2℃（环氧系）、80±2℃（碳氢系），时间：3h	GB/T 1725
黏度	旋转粘度计法：使用旋转粘度计，选定合适转子转速；转子：21~28号， 转速：10~50 rpm，读数稳定后记录	GB/T 2794
密度	浸渍法：使用比重瓶或密度计，测定25℃下密度；液体树脂直接测定， 固体树脂采用浮力法	GB/T 1033.1
挥发物含量	热失重法：称取5g样品于平底铝皿中，规定温度加热后测定质量损失； 温度：160±2℃，时间：15±1 min	GB/T 1725
凝胶时间	平板法：将0.5g树脂置于加热至规定温度的热板上，用刮刀搅拌至拉丝状态； 热板温度：±2℃，记录从放置到拉丝的时间	GB/T 12007.7
贮存期	加速法：测定25℃（或规定温度）下黏度随时间变化曲线， 黏度增长至初始值120%的时间；每周测试一次，绘制黏度-时间曲线	—

6.3 介电性能试验

6.3.1 介电性能试验方法

介电性能试验应按表9规定执行。

表9 介电性能试验方法

性能指标	试验方法及关键参数	执行标准
介电常数 (Dk) 损耗因子 (Df)	分裂圆柱谐振器法 (SPDR)：利用谐振腔在放入样品前后谐振频率和Q值的变化计算Dk/Df， 精度±1%；试样尺寸50×30×(0.5~2)mm，厚度均匀性±0.01mm， 表面粗糙度Ra≤0.4 μm	GB/T 11297.11
	带状线谐振器法：制作特定尺寸的带状线谐振结构，通过网络分析仪测定谐振频率和Q值； 制作微带线或带状线测试图形，蚀刻精度±0.02mm	GB/T 4722
	平行板电容法：在1 MHz~1 GHz范围内，采用阻抗分析仪测量电容和损耗； 电极直径≥25mm，试样厚度0.5~2mm	GB/T 1409
Dk/Df频率特性	扫频法：使用网络分析仪结合带状线或微带线夹具，在1~40 GHz范围内扫频测量； 制作不同长度的传输线，去嵌入测试夹具影响	GB/T 1409
Dk/Df温度特性	变温SPDR法：配备温控夹具的谐振腔，在-50℃~+150℃范围内测试；温度精度±1℃， 平衡时间≥10 min/点	GB/T 11297.11
体电阻率 表面电阻率	高阻计法：使用高阻计，施加500V直流电压，测定1min后的电流；电极配置：主电极φ50mm， 保护电极间隙2mm，环形电极外径φ70mm，表面清洁处理，试样厚度1~3mm	GB/T 1410
介电强度	短时击穿法：在试样两端施加升压速率500V/s的交流电压（50Hz）至击穿； 电极：φ25mm圆柱电极，边缘倒角R3mm，升压速率：500V/s，介质：变压器油或空气， 试样厚度0.5~2mm，边缘倒角避免边缘放电	GB/T 1408.1

6.3.2 测试注意事项

测试时应注意以下事项。

- 高频测试前，试样需在23℃/50%RH环境下调节≥24h。
- 测试前使用标准介电样品（如PTFE，Dk=2.03±0.02）校准设备。
- 表面粗糙度对高频测试结果影响显著，需严格控制。
- 每个数据点至少测试3个样品，取平均值，离散系数≤5%。

6.4 热性能试验

热性能试验应按表10规定执行。

表10 热性能试验方法

性能指标	试验方法及关键参数	执行标准
玻璃化转变温度 (T _g)	DSC法: 差示扫描量热法, 测定热流-温度曲线中点转变温度; 升温速率: 10°C/min (或20°C/min), 气氛: N ₂ , 50mL/min, 温度范围: 室温~T _g +50°C	GB/T 19466.2
	TMA法: 热机械分析, 测定膨胀系数变化拐点; 升温速率: 5°C/min, 载荷: 0.05N, 探针: 石英膨胀计	GB/T 36800.1
	DMA法: 动态热机械分析, 测定储能模量突降或损耗峰温度; 频率: 1Hz, 升温速率: 3°C/min, 模式: 三点弯曲或单悬臂	GB/T 33061.11
热分解温度 (T _d)	TGA法: 热重分析, 测定质量损失5%时的温度 (T _{d5}) 和最大失重速率温度 (T _{max}); 升温速率: 10°C/min, 气氛: N ₂ (或空气), 50mL/min, 温度范围: 室温~800°C	GB/T 33047.1
CTE (热膨胀系数)	TMA法: 测定试样在升温过程中的长度变化率, 计算线性膨胀系数; 升温速率: 5°C/min, 温度范围: -50°C~260°C, 分段计算: <T _g 和>T _g 区间	GB/T 36800.1
耐热性 (T-288)	TMA法: 在288°C恒温条件下, 测定试样在0.45 MPa载荷下的分层时间; 载荷: 0.45 MPa, 温度: 288±2°C, 失效判据: 突然形变或分层	GB/T 36800.1
导热系数	激光闪射法: 测定热扩散系数, 结合比热容和密度计算导热系数; 激光能量: 根据样品调整, 温度: 25°C、100°C, 试样尺寸: φ12.7×(1~3)mm	GB/T 22588
	稳态热流法: 使用热流计法测定; 温度梯度: 20~30°C, 试样尺寸: 300×300×(3~6)mm	GB/T 10295

6.5 机械性能试验

机械性能试验应按表11规定执行。

表11 机械性能试验方法

性能指标	试验方法及关键参数	执行标准
弯曲强度 弯曲模量	三点弯曲法: 使用万能材料试验机, 测定载荷-挠度曲线; 跨距: 16倍试样厚度, 试样尺寸: 80×10×4mm, 加载速率: 2mm/min, 支撑辊半径: 2mm	GB/T 9341
拉伸性能	拉伸试验: 制备标准哑铃型试样, 测定应力-应变曲线; 试样类型: 1A型或1B型, 拉伸速率: 5mm/min, 标距: 50mm	GB/T 1040.2
冲击强度	悬臂梁冲击法: 缺口试样, 测定断裂吸收能量; 试样尺寸: 80×10×4mm, 缺口类型: V型缺口, 缺口深度2mm, 摆锤能量: 2J或4J	GB/T 1843
硬度	铅笔硬度法: 使用标准铅笔以45°角施加1kgf载荷划过涂层表面; 铅笔范围: 6B~6H, 速率: 1mm/s, 判定: 不划伤涂层的最硬铅笔	GB/T 6739
铜箔剥离强度	90°剥离法: 测定铜箔与基材之间的粘接强度; 试样宽度: 3.18mm (1/8英寸), 剥离速率: 50mm/min, 铜箔类型: 1 oz HTE铜箔	GB/T 4722
内应力	悬臂梁法: 测定涂层在金属悬臂梁上引起的挠度变化, 计算内应力; 悬臂梁材质: 不锈钢, 涂层厚度: 25±5 μm, 干燥条件: 规定固化制度	GB/T 16421

6.6 耐化学与耐候性能试验

耐化学与耐候性能试验应按表12规定执行。

表12 耐化学与耐候性能试验方法

性能指标	试验方法及关键参数	执行标准
耐化学试剂	浸渍法: 将试样浸入规定浓度的化学试剂中, 测定质量变化、外观变化和性能保持率; 温度: 23±2°C, 时间: 24h、168h、500h, 试剂: 10% H ₂ SO ₄ 、10% NaOH、异丙醇、去离子水	GB/T 11547
耐溶剂性	擦拭法: 使用规定溶剂润湿的纱布擦拭涂层表面; 溶剂: 甲苯酮 (MEK)、异丙醇, 载荷: 1kgf, 次数: 来回为1次, 共100次, 判定: 无露底、无软化	GB/T 9274
耐焊接热	浮焊法: 将试样在熔融焊锡中浸渍规定时间; 焊锡温度: 260±5°C, 浸渍时间: 10s/次, 循环次数: 3次, 判定: 无起泡、无分层、无变色	GB/T 4722
耐湿热性	双85试验: 85°C/85%RH条件下老化; 温度: 85±2°C, 湿度: 85±3%RH, 时间: 168h、500h、1000h, 周期测试: Dk/Df、绝缘电阻、外观	GB/T 2423.50
温度循环	冷热冲击: 规定高低温之间循环; 低温: -40±3°C, 高温: 125±3°C, 停留时间: 各30min, 转换时间: ≤5min, 循环次数: 100、500、1000次	GB/T 2423.22

6.7 阻燃性能试验

阻燃性能试验应按表12规定执行。

表13 阻燃性能试验方法

性能指标	试验方法及关键参数	执行标准
阻燃等级	垂直燃烧法：测定材料点燃后自熄时间和滴落情况；试样尺寸：125×13×(0.8~3.2)mm，火焰：本生灯，20mm蓝焰，火焰高度：20±2mm，施焰时间：10s×2次	GB/T 2408
极限氧指数 (LOI)	氧指数法：测定维持材料燃烧所需的最低氧浓度；试样尺寸：150×10×4mm，点火时间：15s，气体流速：40±2mm/s	GB/T 2406.2
灼热丝可燃性指数 (GWFI)	灼热丝试验：测定材料抵抗灼热丝点燃的能力；灼热丝温度：960℃，施焰时间：30s，铺底层：绢纸	GB/T 5169.12
烟密度	烟箱法：测定材料燃烧时的烟密度 (Ds)；辐射通量：25kW/m ² 或50kW/m ² ，有焰/无焰模式，测试时间：20min	GB/T 8627
卤素含量	离子色谱法：氧弹燃烧后测定卤素离子浓度；燃烧条件：氧弹，3MPa O ₂ ，吸收液：Na ₂ CO ₃ /NaHCO ₃ 混合液，检测：离子色谱 (IC)	GB/T 34692

6.8 有害物质测定

有害物质含量测定按表14规定执行。

表14 有害物质测定方法

物质类别	前处理方法及测定方法	执行标准
铅 (Pb)、镉 (Cd)	微波消解：HNO ₃ /HCl/H ₂ O ₂ 体系，ICP-OES或ICP-MS测定	GB/T 26125
汞 (Hg)	微波消解或氧弹燃烧，ICP-OES或冷原子吸收光谱 (CVAAS) 测定	GB/T 26125
六价铬 (Cr ⁶⁺)	碱性提取液 (Na ₂ CO ₃ /NaOH)，比色法 (二苯碳酰二肼) 或UV-Vis测定	GB/T 26125
多溴联苯 (PBB) 多溴二苯醚 (PBDE)	索氏提取或超声提取，GC-MS (气相色谱-质谱联用) 测定	GB/T 37638
邻苯二甲酸酯	索氏提取 (THF或正己烷)，GC-MS或LC-MS/MS测定	IEC 62321-8
全氟化合物 (PFOS/PFOA)	固相萃取 (SPE)，LC-MS/MS测定	IEC 62321-8

7 检验规则

7.1 检验分类

产品检验分为出厂检验、型式检验和验收检验三类。

7.2 出厂检验

7.2.1 组批规则

以同一配方、同一工艺条件连续生产的产品为一批，每批不超过10 t。

7.2.2 抽样方案

液体树脂：每批按GB/T 6678规定取样，每桶 (或每罐) 取样量不少于100mL，混合均匀后作为代表样品；固体树脂：每批按GB/T 6679规定取样，每包取样量不少于50g，混合均匀后作为代表样品。

7.2.3 检验项目

出厂检验应包括以下项目。

- 外观：每批100%检验，应符合5.1要求，无可见杂质、无分层。
- 固体含量：每批检验，应符合表1指标要求。
- 黏度：每批检验，应符合表1指标要求。
- 挥发物含量：每批检验，应符合表1指标要求。
- 凝胶时间：每批检验，应符合表1指标要求。

- f) 密度：每周至少检验1次，应符合表1指标要求。
- g) 介电常数（Dk）：每批检验，应符合表2指标要求。
- h) 介电损耗因子（Df）：每批检验，应符合表2指标要求。
- i) 玻璃化转变温度（Tg）：每周至少检验1次，应符合表3指标要求。

7.2.4 判定规则

所有出厂检验项目均符合技术要求时，判定该批产品合格。若有不合格项，允许加倍抽样复检一次，复检合格则判该批合格，否则判为不合格。

7.3 型式检验

7.3.1 检验条件

有下列情况之一时，应进行型式检验。

- a) 新产品试制定型鉴定。
- b) 原材料、工艺、设备发生重大变更。
- c) 停产半年以上恢复生产。
- d) 正常生产每12个月至少进行一次。
- e) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异。
- f) 国家质量监督机构提出要求。

7.3.2 检验项目

型式检验包括本标准第5章规定的全部技术要求。

7.3.3 抽样与判定

从出厂检验合格的产品中随机抽取不少于5kg样品；所有项目符合要求时判定型式检验合格；若有不合格项，允许对不合格项进行加倍复检，复检仍不合格则判定型式检验不合格。

7.4 验收检验

7.4.1 检验依据

供需双方应在合同中明确验收检验项目、抽样方案和判定标准，未明确规定时按本标准执行。

7.4.2 复验规则

需方对产品质量有异议时，应在收到货物后30日内提出，由双方共同取样送第三方检测机构仲裁。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

产品外包装应清晰、牢固地标明以下内容，标志应符合GB/T 191的规定。

- a) 产品名称、型号、批号。
- b) 制造商名称、地址、联系方式。
- c) 净含量。
- d) 生产日期和保质期。
- e) 贮存条件（温度、避光等）。
- f) 危险品标识（如适用）。
- g) 环保标识（符合RoHS/REACH等）。
- h) “怕湿”、“怕热”、“向上”等储运图示标志。

8.2 包装

8.2.1 包装容器

包装容器应符合下列规定。

- a) 液体树脂：采用内壁涂覆环氧树脂的200L闭口钢桶，或高密度聚乙烯（HDPE）桶，密封性能良好。
- b) 固体树脂：采用三层牛皮纸袋内衬聚乙烯薄膜，或铝箔真空包装袋，外包装为纸箱或纤维桶。
- c) 高活性树脂：在包装内充氮气保护，或采用真空包装。

8.2.2 包装要求

容器应清洁、干燥、无锈蚀；灌装量不超过容器容积的95%（液体）；包装封口严密，无泄漏；每桶（袋）附有产品质量合格证。

8.2.3 包装规格

标准包装规格为200kg/桶、50kg/桶、25kg/桶或5kg/罐，也可根据客户要求定制。

8.3 运输

8.3.1 运输工具

应使用清洁、干燥、有篷盖的运输工具，避免日晒、雨淋、高温和机械损伤。

8.3.2 运输条件

温度控制：改性环氧树脂体系和高性能热固性树脂运输温度不宜超过40℃，聚苯醚树脂体系和碳氢树脂体系应冷藏运输（5~10℃）；不得与氧化剂、酸、碱、食品混装混运；装卸时应轻拿轻放，不应抛掷、滚动、倒置。

8.3.3 运输文件

随货提供产品合格证、化学品安全技术说明书（SDS/MSDS）、检测报告（如客户要求）。

8.4 贮存

8.4.1 贮存环境

贮存环境应符合下列规定。

改性环氧树脂体系：贮存于阴凉、干燥、通风的库房，温度5~25℃，相对湿度≤70%，避光保存。

聚苯醚树脂体系：冷藏贮存，温度0~10℃，相对湿度≤60%，避光、密封保存。

碳氢树脂体系：冷冻贮存，温度-10~0℃，密封、避光，避免氧化。

高性能热固性树脂：按具体化学性质确定，氰酸酯类需-18℃冷冻，BMI类可5~25℃贮存。

8.4.2 贮存期限

在符合贮存环境的条件下，各类树脂的保证贮存期为：改性环氧树脂体系不少于6个月；聚苯醚树脂体系不少于3个月；碳氢树脂体系不少于3个月；高性能热固性树脂不少于6个月（-18℃）。超过贮存期应重新检验，合格后方可使用。

8.4.3 贮存管理

产品应分类、分批存放，标识清楚，先进先出；远离热源、火源，与氧化剂、酸、碱隔离存放；贮存区域应配备相应的消防器材和泄漏应急处理设施；定期检查包装完好和产品状态，发现异常及时处理。