



团 体 标 准

T/CASME XXXX—XXXX

刹车盘用碳/陶复合材料技术要求

Technical Requirements for Carbon/Ceramic Composite Materials for Brake Discs

（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。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中国中小商业企业协会 发 布

目 次

前言 II

1 范围 3

2 规范性引用文件 3

3 术语和定义 3

4 要求 4

5 质量控制 5

6 交货准备 8

7 说明事项 9

附录 A（规范性） 刹车盘用碳/陶复合材料 Si 含量的要求及测试方法 10

附录 B（规范性） 刹车盘用碳/陶复合材料中碳纤维的技术要求 12

附录 C（资料性） 平行毡层方向和垂直毡层方向试样 13

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××××提出。

本文件由中国中小商业企业协会归口。

本文件起草单位：×××、×××、×××。

本文件主要起草人：×××、×××、×××。

刹车盘用碳/陶复合材料技术要求

1 范围

本文件规定了刹车盘用碳/陶复合材料技术要求、质量保证规定、交货准备及说明事项。

本文件适用于以针刺碳纤维预制体为增强体，热解碳或树脂碳、碳化硅、硅等物相为基体的刹车盘用碳/陶复合材料的设计、制造及鉴定检验。

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 1451 纤维增强塑料筒支梁式冲击韧性试验方法
- GB/T 3362 碳纤维复丝拉伸性能试验方法
- GB/T 16535 精细陶瓷线热膨胀系数试验方法顶杆法
- GB/T 22588 闪光法测量热扩散系数或导热系数
- GB/T 25995 精细陶瓷密度和显气孔率试验方法
- GB/T 26752 聚丙烯腈基碳纤维
- GB/T 30019 碳纤维密度的测定
- GJB 330 固体材料60~2773K比热容测试方法
- GJB 1182 防护包装和装箱等级
- GJB 5364 射线实时成像检测方法
- GJB 5710 装备生产过程质量监督要求
- GJB 8736 连续纤维增强陶瓷基复合材料常温拉伸性能试验方法
- GJB 8737 连续纤维增强陶瓷基复合材料常温压缩性能试验方法
- HB 5028 航空机载设备干燥空气封存
- HB 5434.7 航空机轮摩擦材料试验方法 第7部分：摩擦试验方法
- HB 6724 生产过程管理
- ASTM C1292 连续纤维增强陶瓷基复合材料常温剪切强度试验方法
- ASTM C1341 连续纤维增强陶瓷基复合材料常温弯曲性能试验方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

碳纤维预制体

由碳纤维经针刺或编织工艺成型，制成碳纤维坯体。

3.2

基体

复合材料中连续且占主导地位的组分。将增强体固结在一起，并在增强体之间传递载荷。

3.3

毡层方向

单元层的排列方向。整体针刺碳纤维预制体毡层方向分为平行毡层方向和垂直毡层方向。

3.4

碳/陶复合材料（连续纤维增强陶瓷基复合材料）

碳纤维热解碳或树脂碳、碳化硅、硅等基体复合材料。

4 要求

4.1 材料

4.1.1 基体材料

以热解碳或树脂碳、碳化硅、硅等物相为基体材料，热解碳或树脂碳与碳化硅的比例按要求进行设计，其中硅含量应符合附录A的要求。

4.1.2 碳纤维预制体

碳纤维预制体由短纤维胎网和无纬布采用针刺技术制备而成。碳纤维应符合附录B的要求。

4.2 外观

复合材料外观应符合下列要求：

- a) 表面清洁、无污染；
- b) 表面不应有缺口、缺角、裂纹等缺陷。

4.3 复合材料物理性能

复合材料的物理性能要求见表1：

表 1 复合材料的物理性能

项目	指标平均值	
	飞机	汽车
密度/（g/cm ³ ）	≥1.85	≥2.1
显孔隙率（%）	≤15	≤10
导热系数/（W/m·K）	≥20	≥18
比热容/（J/g·K）	≥0.61	≥0.61
热膨胀系数/（(10 ⁻⁶ ×1/k）	1~4	1~4

4.4 复合材料力学性能

复合材料在空气环境下的力学性能见表2。

表 2 复合材料在空气环境中的力学性能

项目	毡层方向	指标			
		飞机		汽车	
		最小值	平均值	最小值	平均值
拉伸强度/（MPa）	平行	40	≥50	70	≥80
压缩强度/（MPa）	平行	70	≥80	130	≥150
	垂直	80	≥85	165	≥180
弯曲强度/（MPa）	平行	40	≥55	100	≥120
	垂直	80	≥85	100	≥120
层间剪切强度/（MPa）	/	10	≥12	10	≥12
面内剪切强度/（MPa）	/	30	≥35	20	≥25
冲击韧性/（kJ·m ⁻² ）	/	10	≥11	18	≥20

4.5 摩擦磨损性能

复合材料应用在飞机上时，在压力（0.5~1.3）MPa范围内、不同线速度下的平均动摩擦系数应符合表3的规定，平均线磨损率应符合表3的规定；应用在汽车领域时，名义摩擦系数应符合表3的规定。

表 3 摩擦性能要求

项目	飞机						汽车（名义）	
摩擦系数	压力 MPa	线速度 m/s					涂层盘	非涂层盘
		5	10	15	21	30	0.4~0.6	0.3~0.45
	0.5	0.40~0.70						
	0.6	0.40~0.65						
	0.7	0.35~0.65						
	0.8	0.35~0.65						
	1	0.30~0.60						
	1.3	0.30~0.60						
磨损率	≤3 μm/次·面						/	/

4.6 内部质量

复合材料的内部质量应符合下列要求：

- a) 复合材料内不应有尺寸大于1cm的断针、裂纹等缺陷；
- b) 复合材料内尺寸大于0.5cm且小于等于1cm的断针、裂纹等缺陷的数量不应超过5个，且在每立方厘米内不应超过2个；
- c) 复合材料内尺寸小于0.5cm的断针、裂纹等缺陷的数量不应超过10个，且在每立方厘米内不应超过5个。

5 质量控制

5.1 生产过程控制

生产单位应按照GJB 5710和HB 6724的要求编制工艺控制文件，详细规定满足本规范要求材料的制造过程。应在鉴定前，对工艺控制文件进行评审，以备上级单位审核材料生产与工艺控制文件的符合性。在材料生产过程中，接受用户对生产过程控制文件（Process Control Document，简称PCD）符合性的审查。

5.2 质量保证规定

5.2.1 检验分类

本标准规定的检验分类为：鉴定检验和质量一致性检验。

5.2.2 检验条件

除另有规定外，应在以下条件下进行所有检验：

- a) 环境温度：-20℃~40℃；
- b) 相对湿度：20%~80%。

5.2.3 鉴定检验

5.2.3.1 通则

遇到有以下情况之一时，应进行鉴定检验：

- a) 设备大修及改变；

- b) 生产线场地改变;
- c) 原材料供应商改变;
- d) 停产三年以上恢复生产;
- e) 转厂生产时;
- f) 客户要求时。

5.2.3.2 检验项目

复合材料鉴定检验项目见表4。

表 4 检验项目表

序号	检验项目		鉴定检验	质量一致性检验	要求章条号	检验方法章条号	备注
1	外观		●	●	4.2	5.3.1	
2	复合材料物理性能	密度	●	●	4.3	5.3.2.1	
		显孔隙率	●	—	4.3	5.3.2.2	
		比热容	●	●	4.3	5.3.2.3	
		导热系数	●	●	4.3	5.3.2.4	
		热膨胀系数	●	—	4.3	5.3.2.5	
3	复合材料力学性能	平行毡层方向拉伸	●	—	4.4	5.3.3.1	
		平行毡层方向压缩	●	—	4.4	5.3.3.2	
		垂直毡层方向压缩	●	—	4.4	5.3.3.2	
		平行毡层方向弯曲	●	●	4.4	5.3.3.3	
		垂直毡层方向弯曲	●	●	4.4	5.3.3.3	
		面内剪切	●	—	4.4	5.3.3.4	
		层间剪切	●	●	4.4	5.3.3.4	
		冲击韧性	●	—	4.4	5.3.3.5	
4	摩擦磨损性能		●	●	4.5	5.3.4	鉴定检验按4.5条表3全部试验条件进行检测；质量一致性检验按专用条件进行检测。
5	内部质量		●	●	4.6	5.3.5	
注：●必检项目；— 不检项目。							

5.2.3.3 合格判据

若新的复合材料连续三组批、批产复合材料一组批检验项目全部符合要求，则鉴定检验合格。

5.2.4 质量一致性检验

复合材料质量一致性检验项目见表4。

5.2.5 检验抽样

5.2.5.1 组批规则

除合同或订单中另有规定，组批是以同一批原材料，在同一工艺条件下、同一热处理炉生产的复合材料组成。

5.2.5.2 抽样方案

检验项目、抽样按表5要求进行。

表 5 检验抽样方案

序号	项目	抽样要求	备注
1	外观	100%	
2	密度	100%	
3	显孔隙率	10%	每组批随机抽样
4	内部质量	10%	每组批随机抽样
5	导热系数	2%	
6	比热容	5 个	每组批随机抽 1~2 件进行切样
7	平行毡层方向拉伸	5 个	
8	平行毡层方向压缩	5 个	
9	垂直毡层方向压缩	5 个	
10	平行毡层方向弯曲	5 个	
11	垂直毡层方向弯曲	5 个	
12	面内剪切	5 个	
13	层间剪切	5 个	
14	冲击韧性	5 个	
15	摩擦磨损性能	1 对	

5.2.6 合格判据

合格判据如下：

- a) 复合材料外观检验不合格，则判定该件复合材料不合格；
- b) 复合材料密度检验不合格，则判定该件复合材料不合格；
- c) 复合材料显孔隙率检验合格代表本项检验合格，不合格则应整批进行逐件检验，不合格的视为不合格品；
- d) 复合材料内部质量检验合格代表本项检验合格，不合格则应整批进行逐件检验，不合格的视为不合格品；
- e) 复合材料导热系数、比热容、平行毡层方向拉伸强度、平行毡层方向压缩强度、垂直毡层方向压缩强度、平行毡层方向弯曲强度、垂直毡层方向弯曲强度、层间剪切强度、冲击韧性和摩擦磨损性能检验只要有一项不合格，则对不合格项双倍抽样进行检验，若仍不合格，则判定该批材料性能不合格。

5.3 检验方法

5.3.1 外观

逐件检查复合材料外观质量。

5.3.2 复合材料物理性能检测

5.3.2.1 密度

按照GB/T 25995的规定对复合材料进行密度检测，或采用其他等效的方法检测复合材料的密度。

5.3.2.2 显孔隙率

按照GB/T 25995的规定对复合材料进行显孔隙率检测。

5.3.2.3 比热容

按照GJB 330的规定对复合材料进行比热容检测。

5.3.2.4 导热系数

按照GB/T 22588的规定对复合材料进行导热系数检测。

5.3.2.5 热膨胀系数

按照GB/T 16535的规定对复合材料进行热膨胀系数检测。

5.3.3 复合材料力学性能检测

5.3.3.1 拉伸强度

按照GJB 8736的规定对复合材料进行平行毡层方向拉伸强度；

5.3.3.2 压缩强度

按照GJB 8737的规定对复合材料平行毡层方向压缩强度和垂直毡层方向压缩强度检测；

5.3.3.3 弯曲强度

按照ASTM C1341的规定对复合材料进行垂直毡层方向弯曲强度、平行毡层方向弯曲强度；

5.3.3.4 剪切强度

按照ASTM C1292的规定对复合材料进行层间剪切强度和面内剪切强度检测；

5.3.3.5 冲击韧性

按照GB/T 1451的规定对复合材料进行冲击韧性检测。

5.3.4 摩擦磨损性能

参照HB 5434.7中碳/碳复合材料的规定对复合材料进行摩擦磨损性能检测。

5.3.5 内部质量

按照GJB 5364的规定对复合材料进行内部质量检测。

6 交货准备

6.1 材料标识

供货方材料包装箱内每件复合材料应附上带有序号、规格、重量等信息的合格证；

包装箱正面应长期、清晰地标出供货方单位名称、产品交付批次号、数量、生产日期、贮存有效期、贮存注意事项等。

6.2 防护封装

除合同或订单中另有规定，复合材料均采用包装箱进行包装，包装箱内应放置不易碎断的软泡沫等防护内衬，并保证产品在包装箱内固定不动。

包装等级为B级，其要求应符合GJB 1182《防护包装和装箱等级》的规定。

6.3 运输

包装后通过火车、汽车、飞机、船舶等运输方式。搬运过程中，应轻拿轻放，禁止碰撞和倒置；运输过程中，应保证包装箱固定牢靠，避免移位碰撞，应有相应的防护措施避免雨、雪直接淋袭、机械损伤、液压油、油脂、清洗剂、防冻液、除冰液或其它酸碱溶液的污染和腐蚀。

6.4 贮存

6.4.1 贮存方式

采用干燥空气、避光贮存，其技术要求、检查方法和储存应符合HB 5028《航空机载设备干燥空气封存》的规定。

6.4.2 贮存条件

贮存条件如下：

- a) 温度：-20℃～40℃；
- b) 相对湿度：20%～80%；
- c) 贮存有效期：长期。

7 说明事项

7.1 预定用途

本标准规定的复合材料主要用于制造飞机、汽车等制动系统的摩擦部件。

7.2 订购文件应明确的内容

合同或订单中应注明（但不限于）以下内容：

- a) 本标准的编号和名称；
- b) 复合材料的牌号、规格、数量及使用用途；
- c) 生产单位；
- d) 技术要求；
- e) 特殊要求等。

7.3 材料分类

本标准规定了刹车盘用碳/陶复合材料中预制体的类型。

I类：针刺碳纤维预制体。

7.4 其他

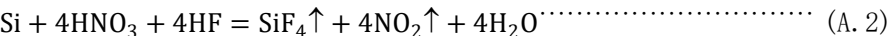
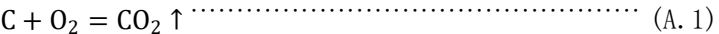
力学性能中平行毡层方向和垂直毡层方向试样示意图见附录C。

附录 A
(规范性)

刹车盘用碳/陶复合材料 Si 含量的要求及测试方法

A.1 方法原理

刹车盘用碳/陶复合材料由C相、SiC相、Si相3种物相组成，在700℃空气环境中氧化，氧化法除去C相，化学方程式如公式A.1。将浓硝酸和氢氟酸以4:1的体积比配成混合酸，采用化学腐蚀法除去Si相，化学方程式如公式A.2。通过数据处理得出相应的Si含量，其中Si含量应不大于10%。



A.2 仪器和试剂

A.2.1 电子天平

精度 0.01g。

A.2.2 样品舟

专用锡舟。

A.2.3 试剂

浓度为 98%的发烟硝酸；纯度为分析纯的氢氟酸。

A.3 试样

尺寸为（10mm×10mm×10mm）的制动用碳纤维增强陶瓷基复合材料试样。

A.4 步骤

A.4.1 准备尺寸为（10mm×10mm×10mm）的试验件并进行称重m0；

A.4.2 氧化法除去C相，将试样放在锡舟中，锡舟放在空气气氛下700° C的管式炉中，氧化12h，取出给试样称重m1；

A.4.3 采用化学腐蚀法除去Si相：将发烟硝酸和分析纯的氢氟酸以4:1的体积比配成50 mL的混合酸，然后将氧化后的试样放入混合酸中腐蚀48h，取出称重m2；

A.5 计算

按公式（A.3）计算Si含量：

$$W_{Si} = \frac{m_1 - m_2}{m_0} \times 100\% \cdots \cdots \cdots (A.3)$$

式中：WSi——Si 的质量分数（%）；

m0——初始试块总重量（g）；

m1——氧化后试样重量（g）；

m2——腐蚀后试块重量（g）。

A.6 数据处理

平行测定结果之差不大于0.5%，最终结果以三次测定数据的算术平均值表示，保留2位有效数字

A.7 试验报告

试验报告一般包括以下内容：

- a) 试验项目及名称；
- b) 试样来源、试样名称、批号；
- c) 试验室温度、湿度；
- d) 试验结果；
- e) 试验人员、审核人员、日期及其他。

附录 B
(规范性)
刹车盘用碳/陶复合材料中碳纤维的技术要求

B.1 碳纤维预制体

碳纤维预制体的制备是采用针刺技术（如图B.1）。先将碳纤维制成短纤维胎网和无纬布，然后将无纬布、短纤维胎网、无纬布依次重复叠加。然后利用针刺技术，将短纤维胎网处纤维引向垂直方向，使短纤维胎网层与无纬布层成为一体，制得所需的针刺碳纤维预制体。其中碳纤维是聚丙烯晴基碳纤维长丝，其拉伸强度、碳含量及表面质量应符合表B.1规定。

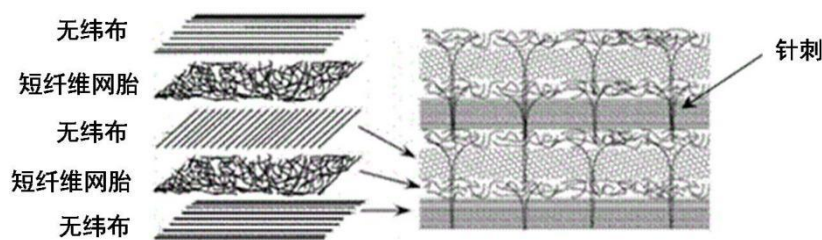


图 B.1 碳纤维预制体结构的示意图

表 B.1 碳纤维技术要求

序号	项目	技术要求	复验方法
1	拉伸强度/（MPa）	3500~5500	GB/T 3362
2	拉伸模量/（g/km）	220~260	
3	断裂伸长率/（%）	≥1.4	
4	含碳量/（%）	≥91	GB/T 26752
5	体密度/（g/cm ³ ）	1.76~1.82	GB/T 30019
6	表观质量	黑色，色泽均匀，无明显毛丝，无毛团，无异物，纤维束间无粘连	目视检查

附 录 C
(资料性)

平行毡层方向和垂直毡层方向试样

C.1 平行毡层方向

平行毡层方向是指材料在做力学性能过程中，施加的力与毡层方向平行。试样示意图见图C.1。



图 C.1 平行毡层方向试样示意图：（a）试样主视图；（b）试样侧视图

C.2 垂直毡层方向

垂直毡层方向是指材料在做力学性能过程中，施加的力与毡层方向垂直。试样示意图见图C.2。

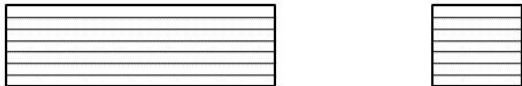


图 C.2 垂直毡层方向试样示意图：（a）试样主视图；（b）试样侧视图