

ICS 83.120  
CCS Q 23



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 40388—2021

## 碳/碳复合材料剪切强度试验方法

Test method for shear strength of C/C composites

2021-08-20 发布

2022-03-01 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布

GB/T 40388—2021

## 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。

本文件由中国建筑材料联合会提出。

本文件由全国纤维增强塑料标准化技术委员会(SAC/TC 39)归口。

本文件起草单位：湖南博云新材料股份有限公司、中南大学、中国飞机强度研究所。

本文件主要起草人：徐惠娟、张红波、李磊、左劲旅、蒲浩、李保健、沈薇、杨波、刘杰。

# 碳/碳复合材料剪切强度试验方法

## 1 范围

本文件规定了碳/碳复合材料室温剪切强度试验方法的方法原理、试验设备、试样、试验条件、试验步骤、计算和试验报告。

本文件适用于采用冲剪法测定碳/碳复合材料的剪切强度。

## 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 1446 纤维增强塑料性能试验方法总则

GB/T 33501—2017 碳/碳复合材料拉伸性能试验方法

## 3 术语和定义

GB/T 33501—2017 界定的术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**碳/碳复合材料** C/C composites

碳纤维增强碳基的复合材料。

[来源:GB/T 33501—2017,3.1]

### 3.2

**XY 向** the XY direction

碳/碳复合材料(3.1)中无纬布或连续长纤维平铺平面的方向。

[来源:GB/T 33501—2017,3.6]

### 3.3

**Z 向** the Z direction

碳/碳复合材料(3.1)中垂直于 XY 向(3.2)的方向。

[来源:GB/T 33501—2017,3.7]

## 4 方法原理

以恒定的速率通过圆形夹具将单轴压缩载荷作用于一个环形试样上,载荷方向垂直于试样平面,在试样厚度方向形成剪切应力,直至试样破坏,从而测定试样的剪切强度。

## 5 试验设备

### 5.1 试验机

试验机应符合 GB/T 1446 的规定。

5.2 测量仪器

游标卡尺,精度 0.02 mm;扭力扳手量程 0 N·m~5 N·m,分度值 0.05 N·m;千分尺精度为 0.01 mm。

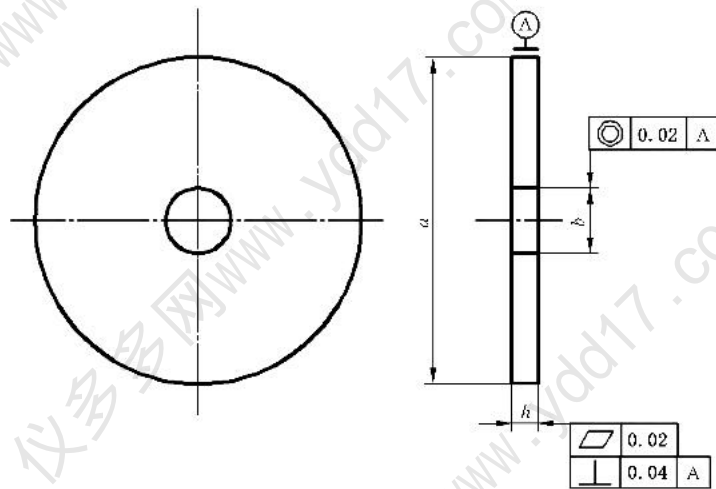
5.3 剪切夹具

剪切夹具见附录 A。

6 试样

6.1 试样形状与尺寸

碳/碳复合材料剪切试样如图 1 所示,尺寸见表 1。



单位为毫米

标引序号说明:

$a$ ——外径;

$b$ ——内径;

$h$ ——厚度。

图 1 碳/碳复合材料剪切试样

表 1 碳/碳复合材料剪切试样尺寸

单位为毫米

外径	内径	厚度
50±0.1	10.5±0.1	4±0.04

6.2 试样制备

试样制备按 GB/T 1446 的规定,同时在加工试样过程中应遵循如下原则:

- a) 样坯从制品上切取后,应及时做好方向标记并进行编号,同时注明此样坯将会制取成何种方向的剪切试样。样品方向示意图如图 2 所示。

b) 加工后的剪切试样应进行外观目视检查,不应有纤维剥落、孔洞、掉边掉角等瑕疵。

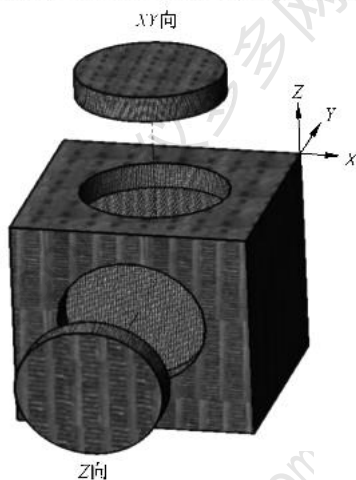


图 2 剪切试样方向示意图

### 6.3 试样数量

每组有效试样应不少于 5 个。

## 7 试验条件

### 7.1 试验环境

试验环境应满足 GB/T 1446 规定的实验室标准环境。

### 7.2 试样状态调节

试验前,试样在实验室标准环境条件下至少放置 24 h。

## 8 试验步骤

8.1 按 GB/T 1446 的规定检查试样外观,核对每个试样编号及试样方向。

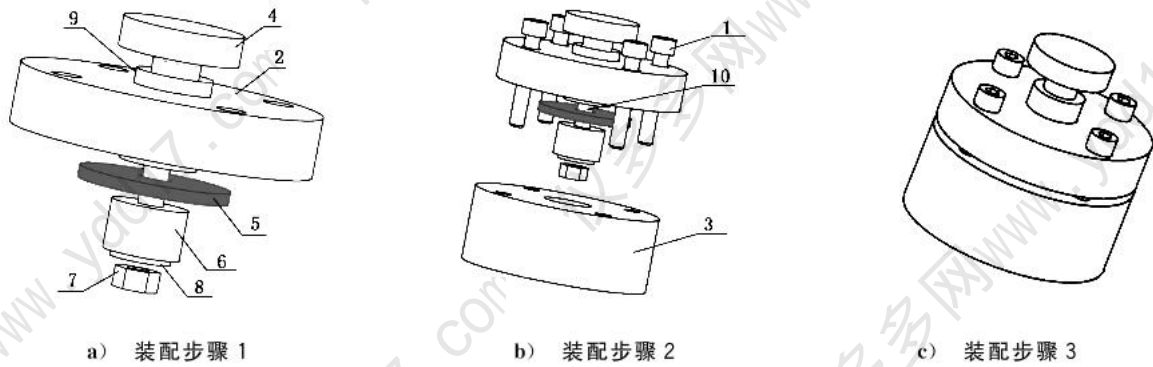
8.2 按 7.2 的规定对试样进行状态调节。

8.3 试样状态调节后,在试样直径 25 mm 处,互为 90°方向的四个位置测量试样厚度  $h$ ,精确到 0.01 mm,取 4 次测量结果的算术平均值。测量夹具上内环夹块任意两个位置直径  $d$ ,精度到 0.02 mm,取 2 次测量结果的算术平均值。剪切夹具装配示意图如图 3 所示。

8.4 将销钉轴固定在力作用平台上,按顺序分别将上内环夹块、上外环、试样和下内环夹块穿入销钉轴上,通过垫片、试样夹紧螺母将试样夹持于上、下内环夹块中,拧紧力矩为  $1 \text{ N} \cdot \text{m}$ [见图 3 a)]。

8.5 将试样上、下内环夹块的组合放入试验夹具的下外环内,上外环通过夹具螺钉与下外环连接[见图 3 b)],螺钉的拧紧力矩为  $1 \text{ N} \cdot \text{m}$ ,试样安装完成[见图 3 c)]。

8.6 将试验夹具对中放置于试验机的压缩平台上,以  $2 \text{ mm/min}$  的加载速率对试样连续施加压缩载荷,直至试样破坏或载荷下降至最大载荷的 30%,连续测量载荷-位移数据,记录最大载荷。



标引序号说明：

- |           |            |
|-----------|------------|
| 1——夹具螺钉；  | 6——下内环夹块；  |
| 2——上外环；   | 7——试样夹紧螺母； |
| 3——下外环；   | 8——垫片；     |
| 4——力作用平台； | 9——上内环夹块；  |
| 5——剪切试样；  | 10——销钉轴。   |

图 3 剪切夹具装配示意图

## 9 计算

9.1 剪切强度按公式(1)计算,结果保留 3 位有效数字:

$$\tau = \frac{P_{\max}}{\pi dh} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- $\tau$  ——剪切强度,单位为兆帕(MPa);
- $P_{\max}$  ——破坏前最大载荷,单位为牛顿(N);
- $d$  ——夹具上内环夹块直径,单位为毫米(mm);
- $h$  ——试样厚度,单位为毫米(mm)。

9.2 按 GB/T 1446 的规定计算算术平均值、标准差和离散系数。

## 10 试验报告

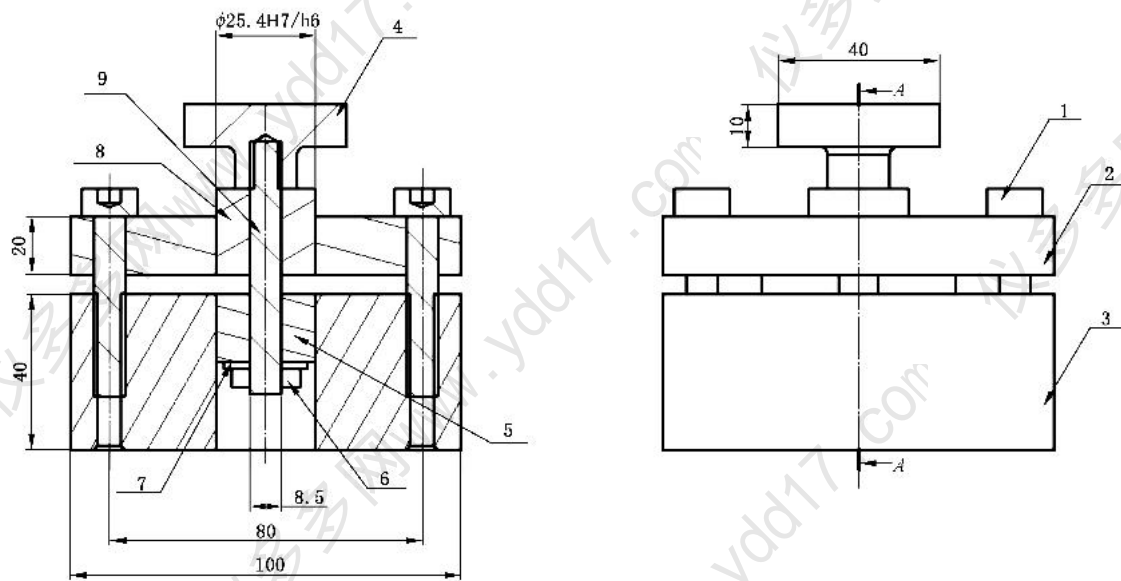
试验报告一般包括下列内容:

- a) 试验项目名称、本文件编号;
- b) 试验时间、地点及试验环境条件;
- c) 试样来源、材料品种及规格;
- d) 试样编号、尺寸、试样方向及数量;
- e) 试验设备、仪器的型号及规格;
- f) 加载速率;
- g) 每个试样的载荷-位移曲线;
- h) 每个试样的测定值,每组试样的平均值、标准差与离散系数;
- i) 试验人员、日期及其他。

附录 A  
(资料性)  
剪切夹具及主要部件图

碳/碳复合材料剪切夹具图见图 A.1, 主要部件图分别见图 A.2~图 A.5, 夹具各部件的参数见表 A.1。

单位为毫米



标引序号说明:

- |           |            |
|-----------|------------|
| 1——夹具螺钉;  | 6——下内环夹块;  |
| 2——上外环;   | 7——试样夹紧螺母; |
| 3——下外环;   | 8——垫片;     |
| 4——力作用平台; | 9——上内环夹块;  |
| 5——剪切试样;  | 10——销钉轴。   |

图 A.1 剪切夹具图

表 A.1 剪切夹具各部件参数

序号	名称或规格	材料	数量
1	夹具螺钉 M8×40	45 <sup>#</sup> 钢, HRC35~HRC38	4
2	上外环	45 <sup>#</sup> 钢, HRC35~HRC38	1
3	下外环	45 <sup>#</sup> 钢, HRC35~HRC38	1
4	力作用平台	45 <sup>#</sup> 钢, HRC35~HRC38	1
5	下内环夹块	45 <sup>#</sup> 钢, HRC42~HRC45	1
6	试样夹紧螺母 M8	45 <sup>#</sup> 钢, HRC35~HRC38	1
7	垫片 M8	45 <sup>#</sup> 钢, HRC35~HRC38	1
8	上内环夹块	45 <sup>#</sup> 钢, HRC42~HRC45	1
9	销钉轴 M8×60	45 <sup>#</sup> 钢, HRC35~HRC38	1

单位为毫米

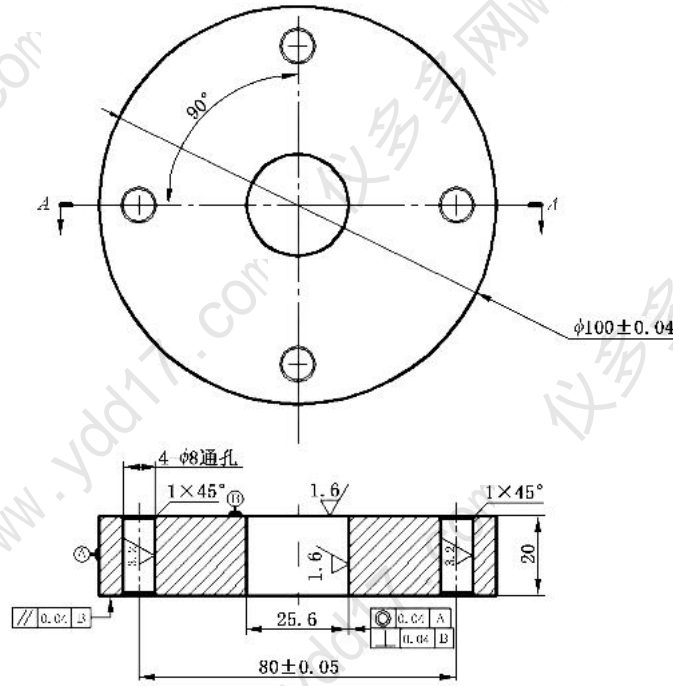


图 A.2 上外环零件图

单位为毫米

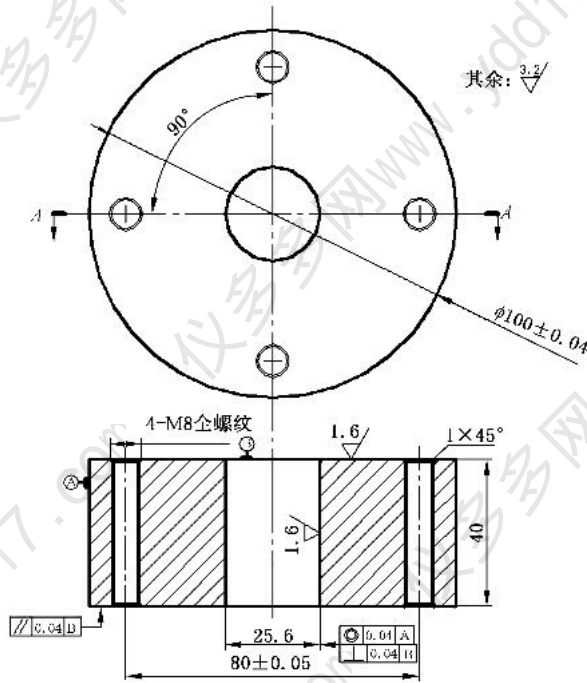


图 A.3 下外环零件图



单位为毫米

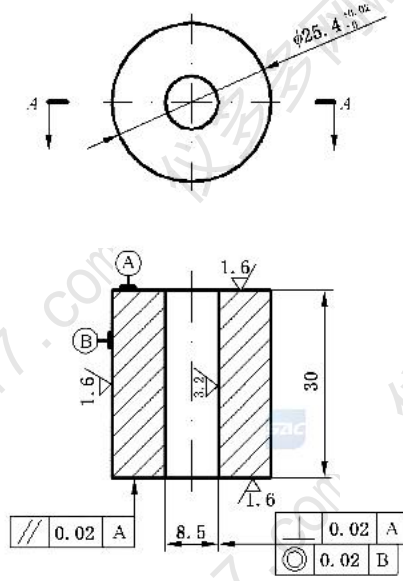


图 A.4 上内环夹块零件图

单位为毫米

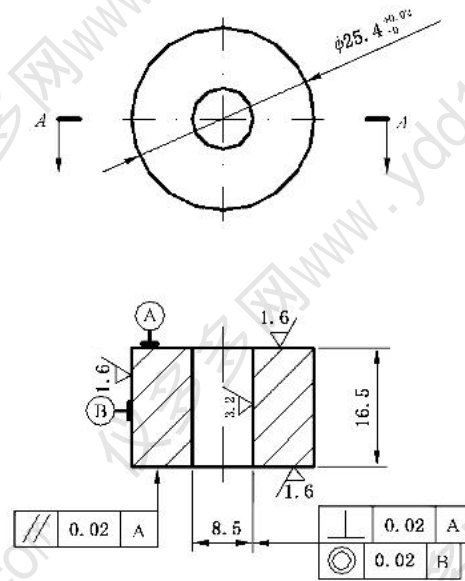


图 A.5 下内环夹块零件图