

# 团 体 标 准

T/CMES XXXX—XXXX

## 舰船推进系统关重件增材再制造性能测试 方法 抗拉强度测试

Test method for the performance of additively remanufactured of  
marine propulsion systems key parts—Tensile strength testing

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国机械工程学会 发布

中国机械工程学会标准征求意见稿

中国机械工程学会（英文简称 CMES）是具备开展国内、国际标准化活动资质的全国性社会团体。制定中国机械工程学会团体标准，以满足企业需要和市场需求，推动机械工业创新发展，是中国机械工程学会团体标准的工作内容之一。中国境内的团体和个人，均可提出制、修订中国机械工程学会团体标准的建议并参与有关工作。

中国机械工程学会团体标准按《中国机械工程学会标准化管理办法》进行制定和管理。

中国机械工程学会团体标准草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议的 3/4 以上的专家、成员的投票赞同，方可作为中国机械工程学会团体标准予以发布。

在本标准实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料寄给中国机械工程学会，以便修订时参考。

中国机械工程学会标准征求意见稿

本标准版权为中国机械工程学会所有。除了用于国家法律或事先得到中国机械工程学会正式许可外，不许以任何形式复制、传播该标准或用于其他商业目的。

中国机械工程学会地址：北京市海淀区首体南路 9 号主语国际 4 座 11 层

邮政编码：100048 电话：010-68799027 传真：010-68799050

网址：[www.cmes.org](http://www.cmes.org) 联系人：袁俊瑞 电子信箱：[yuanjr@cmes.org](mailto:yuanjr@cmes.org)

## 目 次

目 次.....	II
前 言.....	IV
舰船推进系统关重件增材再制造性能测试方法 抗拉强度测试.....	1
1 范围 1.....	
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
3.1 增材再制造.....	1
3.2 舰船推进系统关重件.....	1
3.3 工艺试验件.....	1
3.4 修复区.....	2
3.5 修复区加工余量.....	2
4 试验装置.....	2
5 试样 3.....	
5.1 基本要求.....	3
5.2 修复件取样.....	3
5.3 工艺试验件取样.....	3
6 试验方法.....	3
7 试验数据.....	4
7.1 测试值的修约.....	4
7.2 试验结果.....	4
7.3 结果不确定度.....	4
8 检测报告.....	4
附 录 A（规范性附录） 工艺试验件制备要求.....	6
A.1 损伤特征.....	6
A.2 材料.....	6
A.3 工艺.....	6
附 录 B (规范性附录)工艺试验件试样制备.....	7
B.1 坑修复工艺试验件制样.....	7

B.2 槽修复工艺试验件制样.....	8
B.3 面修复工艺试验件制样.....	9
图 1 增材再制造零部件的修复区示意图.....	2
图 2 增材再制造零部件的修复区加工余量示意图.....	2
图 3 多道平行熔覆策略修复零部件的取样方向示意图.....	3
图 B.1 坑修复工艺试验件取样示意图.....	7
图 B.2 坑修复工艺试验件典型拉伸试样.....	7
图 B.3 槽修复工艺试验件取样示意图.....	8
图 B.4 槽修复工艺试验件宽度方向典型拉伸试样.....	8
图 B.5 槽修复工艺试验件长度方向典型拉伸试样.....	9
图 B.6 面修复工艺试验件取样示意图.....	9

## 前 言

本文件依据 GB-T 1.1-2020 给出的规则起草。

考虑到本文件中的某些条款可能涉及专利，中国机械工程学会不负责对其任何专利的鉴别。

本文件起草单位：哈尔滨工业大学、中国科学院金属研究所、中国人民解放军陆军装甲兵学院、中国兵器工业标准化研究所、哈尔滨工程大学、航天海鹰（哈尔滨）钛业有限公司、中国船舶集团有限公司第七〇三研究所、安徽哈特三维科技有限公司、安徽铭谷激光智能装备科技有限公司

本文件起草人：王亮、张勇、程增埔、朱国强、赵春志、徐丽、赵阳、杨柏俊、赵成森、王佳典、陈卓、陈齐、高雪松

中国机械工程学会标准征询意见稿

# 舰船推进系统关重件增材再制造性能测试方法 抗拉强度测试

## 1 范围

本文件规定了舰船推进系统增材再制造性能测试方法：抗拉强度测试的试样要求、试验方法、验收要求和检测报告要求

本文件适用于舰船推进系统关重件增材再制造修复件的抗拉强度测试。其他增材再制造汽轮机零部件的抗拉强度检测，可参照使用。如合同各方同意，本标准也可用于其他方法对舰船推进系统零部件修复的检测和验收。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法

GB/T 228.2 金属材料 拉伸试验 第2部分：高温试验方法

GB/T 228.3 金属材料 拉伸试验 第3部分：低温试验方法

GB/T 12160 金属材料 单轴试验用引伸计系统的标定

GB/T 16825.1 金属材料 静力单轴试验机的检验与校准 第1部分：拉力和（或）压力试验机 测力系统的检验与校准

GB/T 22066 静力单轴试验机用计算机数据采集系统的评定

GB/T 29795 激光修复技术 术语和定义

GB/T 29796 激光修复通用技术规范

GJB 190-86 特性分类

## 3 术语和定义

GB/T 29795 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1 增材再制造

以损伤零部件为基础，反求测量获取缺损模型，通过离散分层、路径规划、离线编程，在激光、电弧、等离子弧等热源作用下，将合金粉末或丝材与工件基体表面迅速加热并熔化、混合、扩散、反应、凝固，在工件损伤表面逐层累积叠加，使损伤零部件恢复初始几何形状等质量特性。

### 3.2 舰船推进系统关重件

具有关键重要特性的产品。如：汽轮机阀杆、叶片、气缸、轴瓦等。

[GJB 190-86，定义 A1.1，A1.2]

### 3.3 工艺试验件

在开发和优化增材再制造工艺过程中，用于评估和验证工艺参数、制备路线等的专门制备的试件。

### 3.4 修复区

为实现破损零部件几何形状和尺寸恢复，通过增材再制造方法填补的区域。

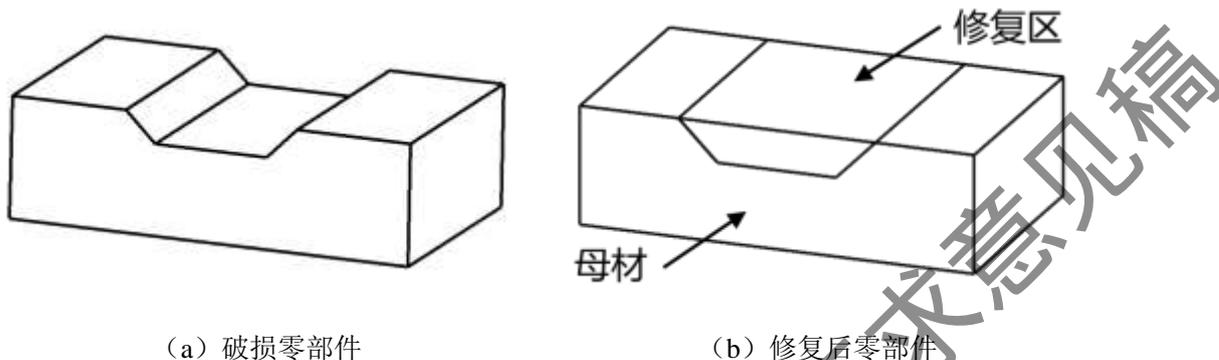


图1 增材再制造零部件的修复区示意图

### 3.5 修复区加工余量

使用增材再制造方法进行破损零部件修复的过程中，为保证修复区的质量，在修复区表面预留的金属层。

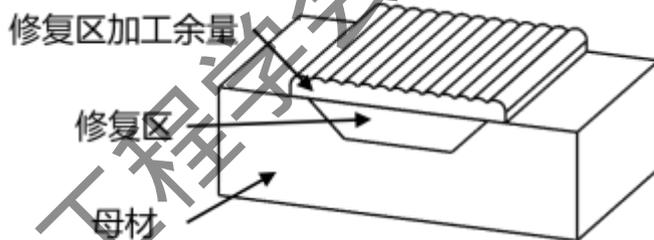


图2 增材再制造零部件的修复区加工余量示意图

采用规定的方法，对金属材料进行拉伸力学试验。在试验期间金属材料产生塑性变形而力不增加时的应力（力与原始横截面积之商）。

## 4 试验装置

试验机的测力系统应按照 GB/T 16825.1 进行校准，并且其准确度应为 1 级或优于 1 级。

引伸计的准确度级别应符合 GB/T 12160 的要求。测定上屈服强度、下屈服强度、屈服点延伸率、规定塑性延伸强度、规定总延伸强度、规定残余延伸强度，以及规定残余延伸强度的验证试验，应使用不劣于 1 级准确度的引伸计；测定其他具有较大延伸率的性能，例如抗拉强度、最大力总延伸率和最大力塑性延伸率、断裂总延伸率，以及断后伸长率，应使用不劣于 2 级准确度的引伸计。

计算机控制拉伸试验机应满足 GB/T 22066 要求。

## 5 试样

### 5.1 基本要求

试样制备应满足 GB/T 228.1 中的要求。

增材再制造舰船推进系统关重件抗拉强度测试可基于修复件取样，或制备工艺试验件取样。试样应优先基于修复件取样，对不具备修复件取样的零部件，或经缔约双方协商，可制备工艺试验件取样。

增材再制造舰船推进系统关重件抗拉强度测试的试样通常按矩形横截面方法制备。

矩形横截面试样厚度应大于熔覆单层厚度，试样宽度应大于熔覆单层宽度。

具备圆形横截面试样制备的情况可采用圆形横截面试样进行试验，但横截面直径应同时大于熔覆单层厚度与宽度。

针对不同的取样方向应测试最少 3 次。

### 5.2 修复件取样

修复件取样指在增材再制造舰船推进系统关重件修复区的加工余量中制取抗拉强度测试试样。

对于修复件取样的试样应预留必要的修复区加工余量。

如图 3 所示，对采用多道平行熔覆策略修复的零部件，应沿图中所示两个方向（平行于熔覆方向和垂直于熔覆方向）分别取样。其他无固定方向的熔覆策略应经缔约双方协商，在评定熔覆方向对力学性能影响的基础上，确定取样方向。

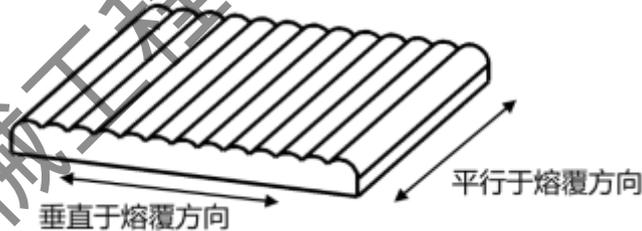


图3 多道平行熔覆策略修复零部件的取样方向示意图

### 5.3 工艺试验件取样

增材再制造舰船推进系统关重件抗拉强度测试工艺试验件的制备应按照附录 A 的要求执行。

基于工艺试验件的取样方向参照 5.2 执行。

典型修复方案矩形横截面试样的选取及制备按照附录 B 执行。

非附录 B 中列出修复方案试样的选取与制备，应在参照附录 B 的基础上经缔约双方协商确定。

## 6 试验方法

试验系用拉力拉伸试样，一般拉至断裂，测定 GB/T 228.1 中所定义的一项或几项力学性能。

除非缔约双方另有约定，应测试屈服强度、抗拉强度，以及断后伸长率或断裂总延伸率进行增材再制造舰船推进系统关重件的验收。

增材再制造舰船推进系统关重件修复区抗拉强度测试的试验程序，常温试验应符合 GB/T 228.1 中的要求，高温试验应符合 GB/T 228.2 中的要求，低温试验应符合 GB/T 228.3 中的要求。

试验力加载方法和加载速率参照 GB/T 228.1 要求，并应在试验报告中注明。

## 7 试验数据

### 7.1 测试值的修约

试验测定的性能结果数值应按照相关产品标准的要求进行修约。如未规定具体要求，应按照如下要求进行修约：

- (1) 强度性能值修约至 1 MPa；
- (2) 伸长率和延伸率数值修约至 0.1%。

### 7.2 试验结果

试验应进行拉伸力学性能各测试值的有效性评定，对于个别较悬殊的结果应进行重复测量进行核准。

在同一取样方向内的多次测量中，取该区域内全部测量值的最差数值作为该取样方向的测量结果，并应在测试报告中记录同一取样方向全部测量数据的算术平均值及标准偏差。

### 7.3 结果不确定度

参照 GB/T 228.1-2010 中第 24 章的要求。

## 8 检测报告

维修方应按照缔约双方的协定提供增材再制造舰船推进系统关重件的抗拉强度测试报告。若双方无其他约定，检测报告应包含以下内容：

- (1) 本标准编号；
- (2) 试验力加载方法和加载速率；
- (3) 所对应修复件；
- (4) 材料名称、牌号；
- (5) 试样类型（修复件取样或工艺试验件）；
- (6) 试样特征（形状、尺寸、处理方法）；
- (7) 试样的取样方向和位置；

- (8) 各性能测试值；
- (9) 母材所对应各性能的规定值或测试值；
- (10) 试验结果（修复件各性能的测试值与母材要求值的比值）；
- (11) 满足哪种验收要求（按照第 8 章的规定，可记录不达标、达到一般性验收要求或高标准验收要求）。
- (12) 试验日期；
- (13) 操作者的身份（例如：代码，身份证件，姓名）和签名。

中国机械工程学会标准征求意见稿

附录 A  
(规范性附录)  
工艺试验件制备要求

A.1 损伤特征

损伤件在增材再制造前通常对损伤部位进行规则化及清洁等处理。

工艺试验件的制备应按照损伤件损伤部位规则化处理的方法进行，且形状尺寸应与损伤件相同。

规则化处理后按照对损伤件同样的处理方法对工艺试验件进行处理。

A.2 材料

工艺试验件的母材材料应于损伤件的母材材料相同或相近。

——化学组成成分符合同一牌号；

——微观组织结构相同；

——处理状态相同。

工艺试验件的熔覆材料应当与损伤件的熔覆材料相同。

A.3 工艺

工艺试验件与损伤件的修复应使用相同的工艺：

——设备相同；

——环境参数相似；

——工艺参数相同；

——操作人员相同；

——前后处理工艺相同。

附录 B  
(规范性附录) 工艺试验件试样制备

B.1 坑修复工艺试验件制样

B.1.1 取样方向

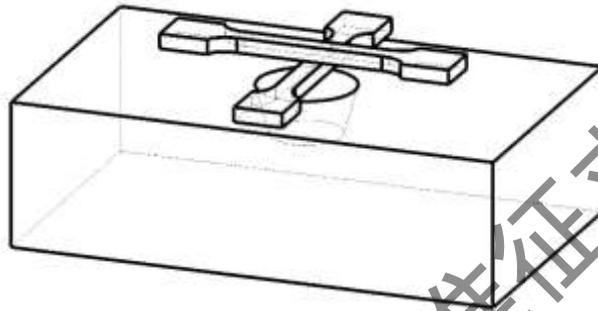


图 B.1 坑修复工艺试验件取样示意图

B.1.2 试样结构

坑修复工艺试验件的试样在两个取样方向上的结构相同，具体如图 B.2 所示。其中斜线填充区域为修复区。

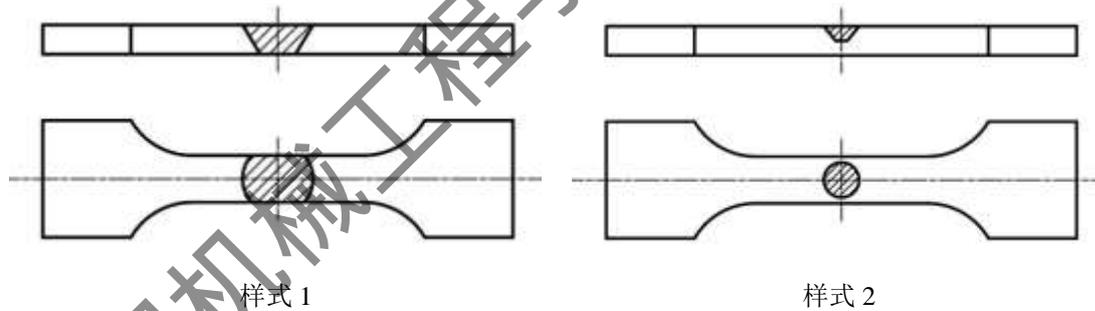


图 B.2 坑修复工艺试验件典型拉伸试样

B.2 槽修复工艺试验件制样

B.2.1 取样方向

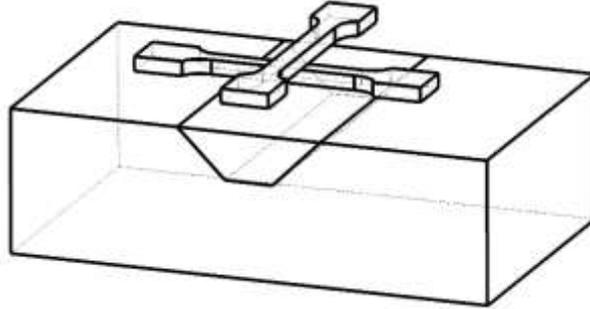


图 B.3 槽修复工艺试验件取样示意图

B.2.2 试样结构

槽修复工艺试验件的试样在两个取样方向上的结构不同。宽度方向参照图 B.4 执行，长度方向参照图 B.5 执行。

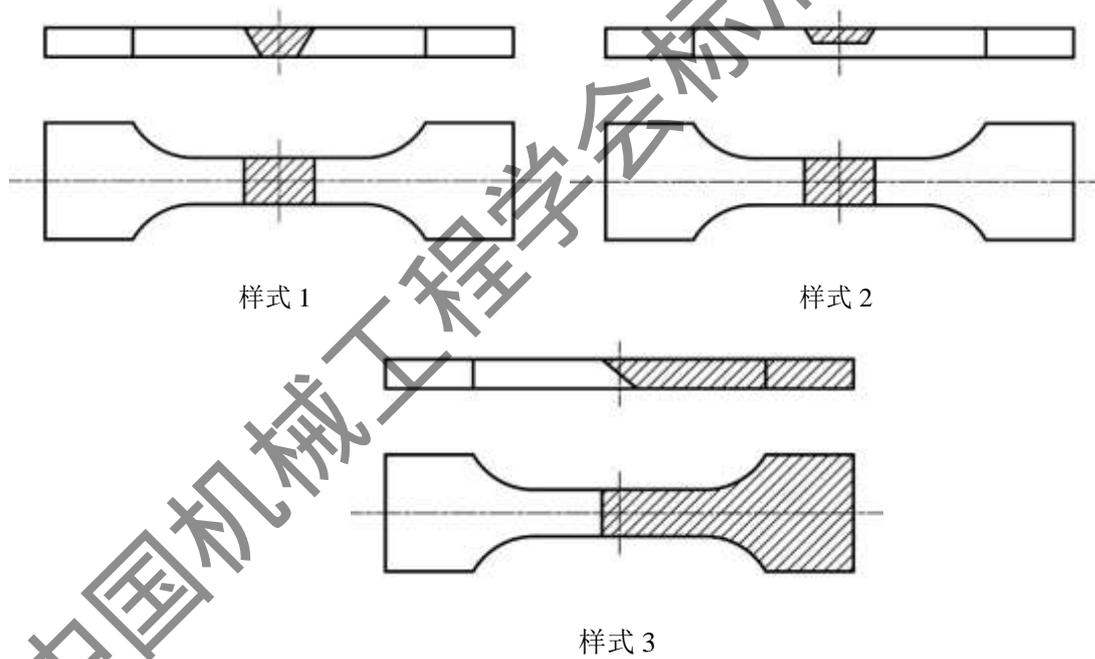
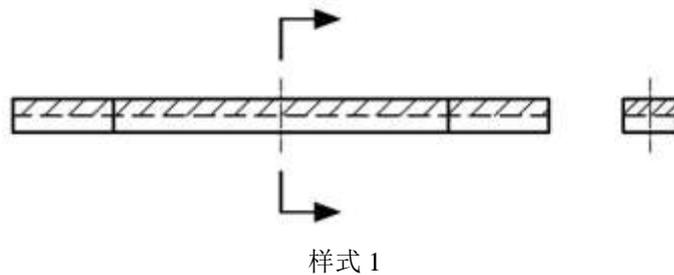
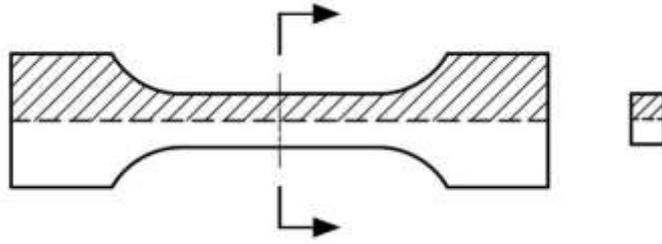


图 B.4 槽修复工艺试验件宽度方向典型拉伸试样





样式 2

图 B.5 槽修复工艺试验件长度方向典型拉伸试样

### B.3 面修复工艺试验件制样

#### B.3.1 取样方向

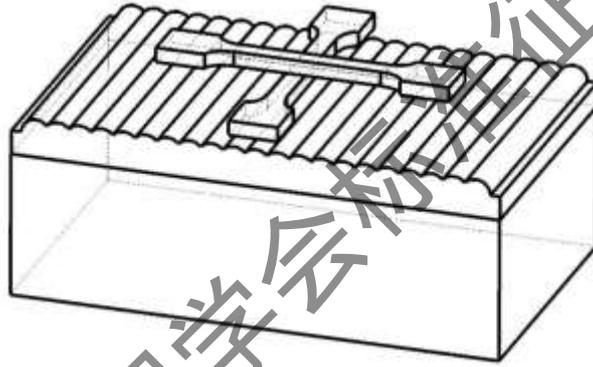


图 B.6 面修复工艺试验件取样示意图

#### B.3.2 试样结构

面修复工艺试验件的试样在两个取样方向上的结构相同，参照图 B.5 执行。