

ICS 77.140.80

J 31

团 体 标 准

T/GFA 020101071 —2022

压缩天然气发动机用 耐热疲劳铁素体蠕墨铸铁件

Thermal fatigue resistant ferritic vermicular graphite iron castings
for compressed natural gas engines

(公告稿)

2022 - 11 - 02 发布

2023 - 02 - 02 实施

中国铸造协会 发 布

目 次

前言.....	II
1 范围	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 材料牌号.....	2
5 技术要求	2
6 生产方法.....	3
7 试验方法	3
8 检验规则与判定	5
9 标志、质量证明书、包装与防护、贮存和运输.....	6
附录A（规范性）CNG发动机用耐热疲劳铁素体蠕墨铸铁件的热疲劳耐久试验要求.....	8
附录B（资料性）CNG发动机用耐热疲劳铁素体蠕墨铸铁件化学成分表.....	9
图 1 CNG发动机用耐热疲劳铁素体蠕墨铸铁件的材料牌号构成.....	2
图 A.1 CNG发动机用蠕墨铸铁件热疲劳耐久试验曲线.....	8
表 1 CNG发动机用耐热疲劳铁素体蠕墨铸铁件本体试样的力学性能.....	2
表 2 CNG发动机用耐热疲劳铁素体蠕墨铸铁件单铸试样和附铸试样的力学性能.....	2
表 B.1 CNG发动机用耐热疲劳铁素体蠕墨铸铁件化学成分表.....	9

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》的规定编写。

本文件由中国铸造协会铸铁工作委员会提出。

本文件由中国铸造协会归口。

本文件起草单位：溧阳市联华机械制造有限公司、科华控股股份有限公司、无锡威孚高科技集团股份有限公司、亚新科国际铸造（山西）有限公司、河海大学、潍柴动力股份有限公司、济南重汽集团有限公司。

本文件主要起草人：纪汉成、葛修亚、张同先、张明珠、田国柱、钱静旭、卫方楠、付庆斌、王寅杰、张欣、姜爱龙、伍启华、刘安辉。

本文件于2022年11月02日首次发布。



压缩天然气发动机用耐热疲劳铁素体蠕墨铸铁件

1 范围

本文件规定了压缩天然气（以下简称CNG）发动机用耐热疲劳铁素体蠕墨铸铁的材料牌号、技术要求、生产方法、试验方法、检验规则与判定、以及标识、质量证明书、包装与贮存、运输和防护。

本文件适用于砂型、壳型铸造方法生产的、使用温度不大于 850 °C 的CNG发动机用耐热疲劳铁素体蠕墨铸铁涡轮壳，其它铸造方法生产的CNG发动机及其它燃料发动机用耐热疲劳铁素体蠕墨铸铁件，可参照使用。

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 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法

GB/T 231.1 金属材料 布氏硬度试验 第1部分：试验方法

GB/T 1031 产品几何技术规范(GPS) 表面结构 轮廓法 表面粗糙度参数及其数值

GB/T 5611 铸造术语

GB/T 5677 铸件 射线照相检测

GB/T 6414 铸件 尺寸公差、几何公差与机械加工余量

GB/T 7233 铸钢件 超声检测 第1部分：一般用途铸钢件

GB/T 9444 铸钢铸件 磁粉检测

GB/T 18851.5 无损检测 渗透检测 第5部分：验证方法

GB/T 26655 蠕墨铸铁件

GB/T 26656 蠕墨铸铁金相检验

3 术语和定义

GB/T 5611 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

耐热疲劳铁素体蠕墨铸铁 thermal fatigue resistant ferritic vermicular graphite cast iron

适用于使用温度不大于 850 °C 的冷热循环下工作的铁素体蠕墨铸铁。

3.2

石墨蠕化处理 graphite vermicularizing treatment

在铁液中加入蠕化剂，使铁液凝固过程析出的碳以蠕虫状石墨形态为主的工艺过程。

3.3

主要壁厚 relevant wall thickness

供需双方共同确定的代表铸件材料力学性能的铸件断面厚度。

4 材料牌号

CNG发动机用耐热疲劳铁素体蠕墨铸铁牌号由五部分构成：蠕墨铸铁标识、室温抗拉强度值、断后伸长率值、耐热疲劳标志和CNG发动机标志。见图 1。

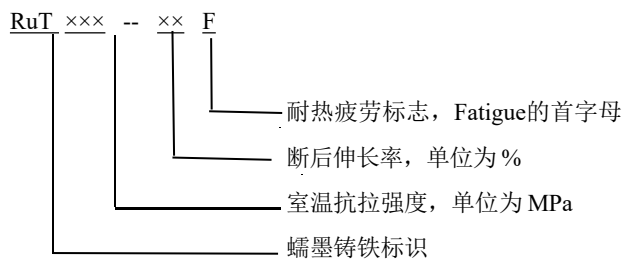


图 1 CNG发动机用耐热疲劳铁素体蠕墨铸铁件的材料牌号构成

示例：

RuT500-1.0F，表示CNG发动机用、室温抗拉强度值不小于 500 MPa、断后伸长率值不小于1.0%的耐热疲劳蠕墨铸铁。

5 技术要求

5.1 力学性能

5.1.1 CNG发动机用耐热疲劳铁素体蠕墨铸铁件本体试样的室温力学性能见表 1，宜以铸件本体试样的室温力学性能作为验收依据。

表 1 CNG发动机用耐热疲劳铁素体蠕墨铸铁件本体试样的室温力学性能

材料牌号	抗拉强度 R_m MPa	屈服强度 $R_{p0.2}$ MPa	断后伸长率 A %	硬度 HBW
RuT 450-1.5F	450	350	1.5	200~265
RuT 500-1.0F	500	400	1.0	220~275
RuT 550-0.5F	550	450	0.5	220~285

5.1.2 单铸试样和附铸试样的室温力学性能见表 2。

表 2 CNG发动机用耐热疲劳铁素体蠕墨铸铁件单铸试样和附铸试样的室温力学性能

材料牌号	主要壁厚 t mm	抗拉强度 R_m MPa	屈服强度 $R_{p0.2}$, MPa	断后伸长率 A %	硬度HBW
RuT450-1.5F	$t \leq 12.5$	450	350	1.5	200~265
	$12.5 < t \leq 30$	450	350	1.5	200~265
	$30 < t \leq 60$	400	300	1.5	200~250
	$60 < t \leq 120$	350	250	1.5	200~250
RuT500-1.0F	$t \leq 12.5$	500	400	1.0	220~275
	$12.5 < t \leq 30$	500	400	1.0	220~275
	$30 < t \leq 60$	450	350	1.0	220~260
	$60 < t \leq 120$	400	300	1.0	220~260

续表 2

材料牌号	主要壁厚 t mm	抗拉强度 Rm MPa	屈服强度 Rp0.2, MPa	断后伸长率 A %	硬度HBW
RuT550-0.5F	$t \leq 12.5$	550	450	0.5	220~285
	$12.5 < t \leq 30$	550	450	0.5	220~285
	$30 < t \leq 60$	500	400	0.5	220~270
	$60 < t \leq 120$	450	350	0.5	220~270

5.2 金相组织

5.2.1 石墨形态

石墨应以蠕虫状为主，其余为球形石墨，蠕化率不应小于 70%，不应大于 90%。

5.2.2 基体组织

基体组织为铁素体和珠光体，铁素体不应小于 90%，碳化物（包括磷共晶）不应大于 5%。

5.3 热疲劳性能

热疲劳性能检测实物试件，在 600℃~700℃条件下持续高温运行，首次氧化脱落的时间应大于 1000 h；在 100℃、850℃冷热循环条件下，首次出现疲劳裂纹的循环次数应大于 5000 次。

5.4 几何形状及尺寸公差

5.4.1 铸件几何形状及其尺寸应符合铸件图样或技术文件的规定。

5.4.2 铸件尺寸公差应符合图样或有关技术文件的规定。

5.5 重量偏差

铸件重量偏差应符合图样或有关技术文件规定。

5.6 表面质量

5.6.1 表面应去除浇冒口、飞刺和凸出，粘砂、氧化皮等应清理干净，浇冒口残余应小于 1 mm。

5.6.2 表面粗糙度应符合图样或技术文件要求。

5.7 缺陷及修补

5.7.1 铸件不应有裂纹、冷隔、缩孔、夹渣等影响使用性能的铸造缺陷。

5.7.2 允许铸件有采用机械加工可去除的表面缺陷。

5.7.3 除非需方许可，铸件不应采用胶粘、焊补或者其它修补方式。

5.8 无损检测

当需方对射线探伤、磁粉探伤和超声探伤有特殊要求时，应按需方要求进行检测，并应由供需双方共同商定检测的频次和部位。

6 生产方法

——铸件生产方法、化学成分和热处理工艺，可由供方决定；但铸件应满足本文件规定的力学性能指标，化学成分可不作为铸件验收依据。

——当需方对铸件的化学成分、热处理方法有特殊要求时，应由供需双方商定。

——铸件化学成分可参照表 B.1。

7 试验方法

7.1 取样

7.1.1 附铸试样

7.1.1.1 取样位置

在铸件上取附铸试样的位置应由供需双方商定，应以不影响铸件结构功能、铸件外观质量以及试样致密为前提。需要热处理的铸件，附铸试样应在热处理后从铸件上分离切取。

7.1.1.2 形式和尺寸

附铸试样的形式和尺寸应按 GB/T 26655 规定执行。

7.1.2 单铸试样

单铸试样的形式和尺寸按 GB/T 26655 规定执行。

7.1.3 本体试样

本体试样的尺寸和在铸件上的位置应由供需双方商定，并按 GB/T 26655 规定执行。

7.1.4 力学性能试样

拉伸试样形状尺寸应按 GB/T 26655 规定执行。

7.1.4 批次的构成和检验数量

取样批次的构成和检验数量应按 GB/T 26655 规定执行

7.2 抗拉试验

拉伸试验应按 GB/T 228.1 的有关规定进行。

7.3 硬度试验

硬度试验应按 GB/T 231.1 规定执行。硬度试验的部位、频次和数量由供需双方商定。

7.4 金相组织检验

金相组织检验应按 GB/T 26656 规定执行。金相组织检测部位和频次由供需双方商定。

7.5 热疲劳试验

试样的热疲劳性能试验应按附录A规定执行。

7.6 表面质量

铸件表面粗糙度应按 GB/T 1031 规定执行。

7.7 重量偏差

铸件的重量偏差应按 GB/T 11351 规定执行。

7.8 尺寸公差

铸件尺寸公差应按 GB/T 6414 规定执行。

7.9 化学成分分析

化学成分分析应按 GB/T 26655-2011 中 11.3 的规定执行。

7.10 无损检测方法

7.10.1 射线探伤应按 GB/T 5677 的规定执行。

7.10.2 磁粉探伤应按 GB/T 9444 的规定执行。

7.10.3 超声探伤应按 GB/T 7233 的规定执行。

7.10.4 磁粉探伤不可及的部位可用渗透检测代替，渗透探伤应按 GB/T 18851.5 的规定执行。

7.11 缺陷

缺陷检测应按 GB/T 26655 的规定执行。

8 检验规则与判定

8.1 检验项目

8.1.1 分类

检验应为出厂检验和型式检验。

8.1.2 出厂检验

8.1.2.1 出厂检验项目包括力学性能、金相组织、几何形状及尺寸公差、重量偏差、表面质量。

8.1.2.2 特殊要求由供需双方商定。

8.1.3 型式检验

8.1.3.1 型式检验应为本文件第 5 条款中全部项目。

8.1.3.2 以铸件耐热疲劳性能作为验收依据或产品有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品定型鉴定时；
- b) 更改关键工艺、设备和场地时；
- c) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
- d) 客户需要时。

8.2 取样

8.2.1 取样批次按照 GB/T 26655 执行。

8.2.2 以组织和性能作为验收依据时，每个取样批次都应检验。

8.2.3 首件样品应检查几何形状和尺寸公差、重量偏差，铸件表面质量应全检。

8.3 判定与复验

8.3.1 力学性能及蠕化率

8.3.1.1 检验力学性能时，先用 1 根拉伸试样试验；符合要求，则判定该批铸件材质合格；试验结果不符合要求、且非 GB/T 26655-2011 中 10.2 所列原因引起的，可从同一批试样中取 2 根拉伸试样重复试验。复验结果符合要求时，则判定该批铸件为合格。

8.3.1.2 复验结果中仍有 1 根不符合要求，则初步判定该批铸件不合格。可从该批铸件中任取 1 件实物，在供需双方商定的部位切取本体试样做力学性能检测。检测结果符合要求，则判定该批铸件合格；否则判定该批铸件不合格。

8.3.1.3 复验结果中 2 根均不符合要求，则判定该批铸件不合格。

8.3.1.4 试样蠕化率不符合要求，则判定该批铸件不合格。

8.3.2 热处理与重复热处理

8.3.2.1 热处理时试样应与铸件同炉处理。

8.3.2.2 铸件或试样的力学性能或基体组织、硬度不合格，应允许热处理。热处理后检测的力学性能符合要求，则该批铸件应为合格；

8.3.2.3 热处理后力学性能不合格，可重复热处理。重复热处理应仅 1 次。

8.3.3 热疲劳试验

8.3.3.1 热疲劳性能试验时，先用 1 件成品样件进行热疲劳试验，试验结果符合要求，应判定该批铸件材质为合格；试验结果不符合要求，可从同一批成品样件中再取 2 件重复试验，复验结果全部符合要求，则判定该批铸件为合格。

8.3.3.2 复验成品样件任一件不符合要求时，则判定该批铸件为不合格。

9 标志、质量证明书、包装与防护、贮存和运输

9.1 标志

9.1.1 标志应包括：制造商代号、产品代号、制造日期等供方标志。

9.1.2 标志方式、标志位置和尺寸应由供需双方商定。

9.2 质量证明书

9.2.1 铸件出厂应附有质量证明书，一般应包括但不限于下列文件：

- a) 供方名称或标识；
- b) 零件号或订货合同号；
- c) 材质牌号；
- d) 检验结果；
- e) 执行标准号；
- f) 客户要求的其他检验项目。

9.2.2 特殊情况可由供需双方商定。

9.3 包装与防护

铸件经检验合格后，应按双方商定采用的包装材料及防锈方法包装。

9.4 贮存

铸件应贮存在通风、干燥的库房内。

9.5 运输

应根据双方商定的运输方式运输铸件。运输过程中应防雨、防潮，避免磕碰。



附录 A
(规范性)

CNG发动机用耐热疲劳铁素体蠕墨铸铁件的热疲劳试验规范

A.1 试验方法

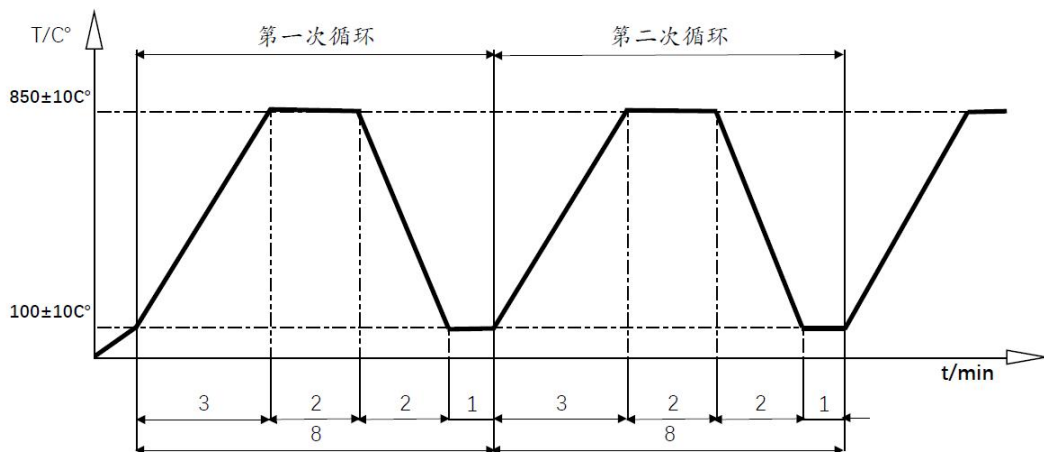
热疲劳试验的铁素体蠕墨铸铁试件应装配到CNG发动机涡轮增压器上进行台架试验。

A.2 试验要求

A.2.1 在 $600\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 700\text{ }^{\circ}\text{C}$ 持续运行1000 h，应检测试件的表面氧化脱落情况；

A.2.2 应按图 A.1 所示热疲劳试验曲线操作，试验台转速为 $[98000 \pm 2000]$ rpm，试件从 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 加热，3 min升温到 $850\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，保温 2 min后从 $850\text{ }^{\circ}\text{C}$ 降温，2 min冷却到 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，在 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 保持 1 min为 1 个冷热循环。

A.2.3 冷热循环 5000 次检查试件关键部位的裂纹和表面氧化情况。



图A.1 CNG发动机用蠕墨铸铁件热疲劳试验曲线

附录 B

(资料性)

CNG发动机用耐热疲劳铁素体蠕墨铸铁件化学成分表

B.1 CNG发动机用耐热疲劳铁素体蠕墨铸铁件的化学成分参考表 B.1。

表B.1 CNG发动机用耐热疲劳铁素体蠕墨铸铁件化学成分表

元素	C	Si	Mn	P	S	Mo	Ni	Cr
含量, wt.%	3.1±0.3	4.8±0.3	≤0.3	≤0.05	≤0.02	0.6~0.8	0.5~0.7	0.4~0.8
元素	V	Nb	Ti	Mg	RE	Al	Fe	
含量, wt.%	0.3~0.6	0.2~0.4	≤0.2	0.01~0.03	≤0.05	≤0.05	余量	