

GB/T 26655—2022《蠕墨铸铁件》 国家标准解读

徐 东¹, 徐 宁², 王仲勋¹, 崔玉芝¹, 张 寅³

(1. 烟台职业学院, 山东烟台 264003; 2. 烟台市标准计量检验检测中心, 山东烟台 264003;

3. 全国铸造标准化技术委员会, 辽宁沈阳 110022)

摘要: 介绍了GB/T 26655—2022《蠕墨铸铁件》标准的概况、标准修订的主要内容、与ISO 16112: 2017《蠕墨铸铁 分类》的主要技术差异及原因、标准的主要内容和蠕墨铸铁的性能特点与应用。详细说明了标准的主要内容, 包括范围、材料牌号、规范性引用文件、生产方法和化学成分、单铸试样、并排试样和附铸试样的力学性能和主要基体组织、铸件本体试样和石墨形态。

关键词: 蠕墨铸铁; ISO 16112: 2017; 标准解读

1 标准概况

碳主要以蠕虫状石墨形态析出存在于金属基体之中的铸铁材料称为蠕墨铸铁 (compacted (vermicular) graphite cast iron), 也称为“紧密石墨铸铁”, 其石墨形态介于片状和球状石墨之间, 在光学显微镜下看起来像片状, 但与灰铸铁的片状石墨形态相比, 其外形短而厚、头部圆钝, 形似蠕虫, 所以被称为“蠕虫状石墨”, 是球状石墨与片状石墨之间的过渡型石墨^[1-4]。

我国于20世纪80年代制订了JB/T 4403—1987《蠕墨铸铁件》和JB/T 3289—1984《蠕墨铸铁 金相》两项机械工业行业标准, 在1999年进行了修订。GB/T 26655—2011《蠕墨铸铁件》和GB/T 26656—2011《蠕墨铸铁 金相检验》两项国家标准于2011年发布实施, GB/T 26655于2022年进行了第一次修订, GB/T 26655—2022《蠕墨铸铁件》于2022年3月9日发布, 2022年10月1日实施。GB/T 26656《蠕墨铸铁 金相检验》目前正在修订过程中。

2 标准的主要修订内容

GB/T 26655—2011《蠕墨铸铁件》发布实施以来, 在蠕墨铸铁行业广为应用, 在促进产品质量提升和企业转型升级等方面发挥了重要作用。近年来, 随着蠕墨铸铁行业的发展, 新的检验检测技术和检测方法的出现, 以及相对应的国际标准ISO 16112: 2017《蠕墨铸铁 分类》的变化, GB/T 26655—2011诸多技术内容已经不能满足发展的需求, 故而对其进行修订。

GB/T 26655—2022《蠕墨铸铁件》代替GB/T 26655—2011《蠕墨铸铁件》, 与GB/T 26655—2011相比, 除结构调整和编辑性修改外, 主要有如下技术变化。

(1) 更改了规范性引用文件。

(2) 更改并增加了术语和定义。增加了铸造试块 (cast sample)、并排试块 (side-by-side cast sample)、检验批次 (test unit; inspection lot; test batch) 三个术语定义。

(3) 更改并增加了技术要求内容。

作者简介:

徐东 (1982-), 女, 讲师, 主要从事机械制造及自动化专业的教学与科研工作。
E-mail: 15192248403@163.com

中图分类号: TG143.49

文献标识码: A

文章编号: 1001-4977 (2022) 11-1447-05

基金项目:

山东省高等学校科技计划项目 (J17KB039)。

收稿日期:

2022-04-08 收到初稿,

2022-05-10 收到修订稿。

(4) 更改了试验方法的内容,增加了铸造试块的形式、试样规格及取样方法。

(5) 更改了检验规则内容。

(6) 更改了标识、质量证明书、包装和贮运内容。

3 标准与ISO 16112: 2017的技术性差异及原因

GB/T 26655—2022修改采用ISO 16112: 2017《蠕墨铸铁 分类》^[4],与ISO 16112: 2017相比,技术性差异及原因如下。

(1) 关于规范性引用文件,为便于标准的使用,同时适应我国的技术条件和标准编写要求,GB/T 26655—2022做了具有技术性差异的调整,调整的情况集中反映在第2章“规范性引用文件”中。

(2) 为方便标准使用者,GB/T 26655—2022修改了牌号的表示方法,按并排试样或附铸试样上测得的抗拉强度值确定的牌号,加“A”表示,比如,RuT300A。

(3) 为增强标准的适用性、指导性,GB/T 26655—2022增加了从单铸试样上测得的布氏硬度和主要的基体组织。

(4) 为增强标准的适用性、指导性,GB/T 26655—2022增加了从并排试样或附铸试样上测得的布氏硬度和主要的基体组织。

(5) 为符合产品标准的结构,增强标准的适用性,GB/T 26655—2022增加了铸件外观质量技术条件,即7.7基体组织、7.8 几何形状及其尺寸公差、7.9 重量偏差、7.10 铸件表面质量、7.11 铸件的缺陷及修补和7.12 特殊要求。

(6) 为便于标准的使用和实施,增加铸造试块的类型和尺寸汇总表。

(7) 为满足产品检测需要,保证检测的准确性,便于标准的实施,GB/T 26655—2022增加了8.5金相检验,8.6表面质量,8.7几何尺寸、尺寸公差,8.8化学成分,8.9无损检测,8.10重量公差,8.11缺陷,8.12可选的测试方法等。

(8) 为符合国内企业的实际生产状况,GB/T 26655—2022增加了复验的结果作为最终试验结果。

(9) 为满足用户需要,GB/T 26655—2022增加了标识、质量证明书、包装和贮运。

(10) 为便于标准的使用和实施,GB/T 26655—2022增加了附录G工艺因素对蠕墨铸铁机加工性能的影响。

4 标准的主要技术内容

4.1 范围

明确了标准的标准化对象及所覆盖的各个方面:

本文件规定了蠕墨铸铁件的牌号、订货信息、生产方法和化学成分、技术要求、试验方法、检验规则、标识、质量证明书、防锈、包装和贮运。

界定了标准的“适用界限”:本文件适用于在砂型或导热性与砂型相当的铸型铸造的蠕墨铸铁件。其他铸造方法生产的蠕墨铸铁件可参照使用。

4.2 规范性引用文件

GB/T 26655—2022《蠕墨铸铁件》与GB/T 26655—2011相比,规范性引用文件有如下变化。

增加了GB/T 223.3《钢铁及合金化学分析方法 二安替比林甲烷磷钼酸重量法测定磷量》、GB/T 223.4《钢铁及合金 锰含量的测定 电位滴定或可视滴定法》、GB/T 223.60《钢铁及合金化学分析方法 高氯酸脱水重量法测定硅含量》、GB/T 223.72《钢铁及合金硫含量的测定 重量法》、GB/T 223.86《钢铁及合金 总碳含量的测定 感应炉燃烧后红外吸收法》、GB/T 4336《碳素钢和中低合金钢 多元素含量的测定 火花放电原子发射光谱法(常规法)》、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 9443《铸钢件渗透检测》、GB/T 9444《铸钢铸铁件 磁粉检测》、GB/T 15056《铸造表面粗糙度 评定方法》、GB/T 20123《钢铁 总碳硫含量的测定 高频感应炉燃烧后红外吸收法(常规方法)》、GB/T 24234《铸铁 多元素含量的测定 火花放电原子发射光谱法(常规法)》、GB/T 34904《球墨铸铁件 超声检测》、GB/T 38441《生铁及铸铁 铬、铜、镁、锰、钼、镍、磷、锡、钛、钒和硅的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法》14个标准。

修改了GB/T 228.1《金属材料 拉伸试验 第1部分:室温试验方法》标准。

4.3 生产方法和化学成分

GB/T 26655—2022中没有规定蠕墨铸铁的生产方法和化学成分,由供方自行决定,化学成分不作为铸件验收的依据,通过合金化可以获得不同牌号的蠕墨铸铁。当需方对铸件有特殊要求时,材料的化学成分和热处理方式由供需双方商定。

4.4 牌号

GB/T 26655—2022中的表C.1列出了ISO、ASTM、EN、SAE标准相似的蠕墨铸铁牌号的对照,见表1。用表1进行蠕墨铸铁牌号替换,宜考虑各国牌号技术要求的差异。

GB/T 26655—2022中的蠕墨铸铁牌号的表示方法符合GB/T 5612《铸铁牌号表示方法》的规定。蠕墨铸

表1 蠕墨铸铁牌号与其他标准相似牌号的对照

Table 1 Approximate cross-references of GB/T 26655—2022 grade designations to other standard grades of compacted (vermicular) graphite cast irons

GB/T 26655	ASTM A842-11	EN 16079	JIS G5505	ISO 16112	SAE J1887 JUL
RuT300	300	EN-GJV-300	FCV300	ISO 16112/JV/300/S	C300
RuT350	350	EN-GJV-350	FCV350	ISO 16112/JV/350/S	C350
RuT400	400	EN-GJV-400	FCV400	ISO 16112/JV/400/S	C400
RuT450	450	EN-GJV-450	FCV450	ISO 16112/JV/450/S	C450
RuT500		EN-GJV-500	FCV500	ISO 16112/JV/500/S	

铁牌号是依据从厚度或直径为25 mm的单铸试块（试棒）、并排试块（试棒）或附铸试块上加工的试样测出的最小抗拉强度值而定义的。按单铸试样、并排试样或附铸试样（试样原始标距为 $L_0=5 \times d$ ）上测得的最小抗拉强度值，将蠕墨铸铁分为5个牌号，分别为RuT300、RuT350、RuT400、RuT450和RuT500，见表

2和表3，采用并排或附铸试块时，牌号后面加“A”，牌号与试块类型无关。

ASTM A842-11《蠕墨铸铁件分类》^[5]（Standard Specification for Compacted Graphite Iron Castings）是根据单铸试块加工的试样（试样原始标距为 $L_0=4 \times d$ ）测定的力学性能进行分级，牌号与试块类型有关。

表2 单铸试样的力学性能和主要基体组织

Table 2 Mechanical properties and Matrix structure measured on test pieces machined from separately cast samples

牌号	抗拉强度 (min.) R_m /MPa	屈服强度 (min.) $R_{p0.2}$ /MPa	断后伸长率 (min.) A /%	典型的布氏硬度范围HBW	主要基体组织
RuT300	300	210	2.0	140~210	铁素体
RuT350	350	245	1.5	160~220	铁素体+珠光体
RuT400	400	280	1.0	180~240	珠光体+铁素体
RuT450	450	315	1.0	200~250	珠光体
RuT500	500	350	0.5	220~260	珠光体

注：布氏硬度（指导值）仅供参考。

4.5 单铸试样力学性能和主要基体组织

按GB/T 26655—2022中的图1、图2以及图3的单铸试块或试棒加工而成的试样上测得的蠕墨铸铁的力学性能应符合表2的规定，随着牌号的升高，蠕墨铸铁抗拉强度和屈服强度增大，断后伸长率下降，蠕墨铸铁力学性能主要与石墨形态和基体组织有关，比如，RuT300的基体组织主要为铁素体，抗拉强度和硬度相

对偏低，断后伸长率相对其他牌号高。

4.6 并排试样和附铸试样的力学性能和主要基体组织

并排试样或附铸试样的力学性能及主要基体组织见表3，从并排试样或附铸试样上测得的力学性能并不能准确地反映铸件本体的力学性能，但与单铸试样测得的数值相比更接近于铸件的实际性能值。GB/T

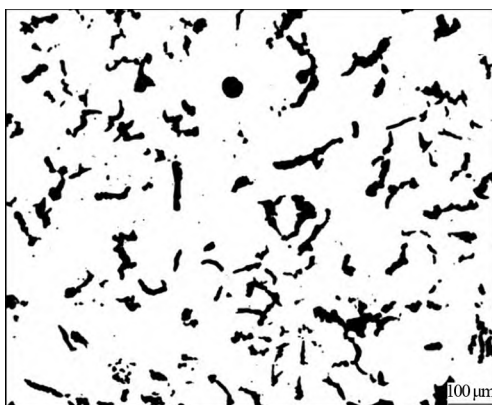


图1 石墨形态（蠕化率95%）

Fig. 1 Graphite distribution (vermicular graphite content 95%)

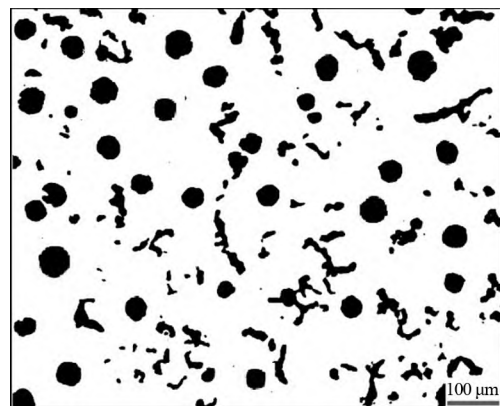


图2 石墨形态（蠕化率40%）

Fig. 2 Graphite distribution (vermicular graphite content 40%)

表3 并排试样和附铸试样的力学性能及主要基体组织
Table 3 Mechanical properties and Matrix structure measured on test pieces machined from side-by-side samples and cast-on samples

牌号	主要壁厚 <i>t</i> /mm	抗拉强度 (min.) <i>R_m</i> /MPa	屈服强度 (min.) <i>R_{p0.2}</i> /MPa	断后伸长率 (min.) <i>A</i> /%	典型的布氏硬度范围HBW	主要基体组织
RuT300A	<i>t</i> ≤30	300	210	2.0	140~210	铁素体
	30 < <i>t</i> ≤60	275	195	2.0	140~210	
	60 < <i>t</i> ≤200	250	175	2.0	140~210	
RuT350A	<i>t</i> ≤30	350	245	1.5	160~220	铁素体+珠光体
	30 < <i>t</i> ≤60	325	230	1.5	160~220	
	60 < <i>t</i> ≤200	300	210	1.5	160~220	
RuT400A	<i>t</i> ≤30	400	280	1.0	180~240	珠光体+铁素体
	30 < <i>t</i> ≤60	375	260	1.0	180~240	
	60 < <i>t</i> ≤200	325	230	1.0	180~240	
RuT450A	<i>t</i> ≤30	450	315	1.0	200~250	珠光体
	30 < <i>t</i> ≤60	400	280	1.0	200~250	
	60 < <i>t</i> ≤200	375	260	1.0	200~250	
RuT500A	<i>t</i> ≤30	500	350	0.5	220~260	珠光体
	30 < <i>t</i> ≤60	450	315	0.5	220~260	
	60 < <i>t</i> ≤200	400	280	0.5	220~260	

26655—2022中的附录E给出了蠕墨铸铁力学和物理性能指导值。力学性能随铸件结构和冷却条件而变化，随铸件断面厚度增加而相应降低。对于主要壁厚大于200 mm的铸件，供需双方商定试样的类型、尺寸和性能最低值。

4.7 本体试样

铸件本体的力学性能值无法统一一致，因其受凝固过程中和凝固后的冷却速度、化学成分（尤其是碳当量）、铸件结构、铸型条件、浇冒口的位置和效果、石墨形态、以及取样部位等因素的影响。GB/T 26655—2022中的7.4.1规定：本体试样的取样位置及要达到的力学性能指标，由供需双方商定。本体试样的最小力学性能值或允许范围值参照GB/T 26655—2022中的表2和附录E。

铸件本体取样的位置、试样尺寸及所要求的本体力学性能，由供需双方商定。若需方未要求，供方可自行选择取样位置和试样尺寸。

4.8 石墨形态

GB/T 26655—2022中规定蠕墨铸铁材料的蠕化率应大于等于80%，其余为球状石墨、团状石墨、团絮状石墨。除了铸件表面边缘区域之外，不应出现片状石墨。在实际应用中，同一铸件的不同壁厚部位，以及不同铸件对铸造工艺性能和材料性能的要求不同，以及不同铸件的服役条件也不同，因此，对于蠕墨铸铁

件可根据其产品结构、服役条件，由供需双方商定蠕化率（不小于50%）。GB/T 26655—2022中附录F给出了有关蠕墨铸铁球化率的测定的资料。图1和图2分别为蠕化率95%和40%。

蠕墨铸铁的蠕化率可以用蠕虫状石墨和部分团状、团絮状石墨（按照ISO 945中的Ⅲ型和部分Ⅳ、Ⅴ型石墨）占石墨总面积的百分比来表示和确定。蠕化率的级别不仅取决于铸铁的处理过程（原铁液、残余镁量、残余稀土量、孕育程度等），而且也与铸件断面的冷却模数有关。此外，通常会看到一些与铸型接触面处石墨的衰退，由此在铸件表面边缘地带出现极少数的片状（细片状）石墨。蠕化率测定时，不选择该铸件表面边缘区域。蠕化率通常是在放大100倍的试样抛光面上测定的。精确的分析要求试样抛光面上有足够数量的被用来评定的尺寸、形状准确的石墨颗粒。蠕化率可以由半自动或自动的图像分析（仪）等方法来测定^[6]。

5 蠕墨铸铁在生产中的典型应用

蠕墨铸铁性能介于灰铸铁和球墨铸铁之间，其强度性能和韧性略低于球墨铸铁，但比灰铸铁高；其导热性和减震性虽然比灰铸铁略差，但优于球墨铸铁，因此，其综合性能优良，有其独特的应用。

表4列出了蠕墨铸铁的性能特点和典型应用的有关资料^[1]。

表4 蠕墨铸铁的性能特点和典型应用
Table 4 Properties and typical applications of compacted (vermicular) graphite cast irons

材料牌号	性能特点	典型应用例子
RuT300	强度低, 塑性高; 高的热导率和低的弹性模量; 热应力积聚小; 以铁素体基体为主, 长时间暴露于高温之中引起的生长小	排气歧管; 涡轮增压器壳体; 离合器零部件; 大型船用和固定式发动机缸盖
RuT350	与合金灰铸铁比较, 有较高强度并有一定的塑性; 与球墨铸铁比较, 有较好的铸造、机加工性能和较高的工艺出品率	机床底座、托架和联轴器; 离合器零部件; 大型船用和固定式柴油机缸体和缸盖; 铸锭模
RuT400	材料强度、刚性和热传导综合性能好; 较好的耐磨性	汽车发动机缸体和缸盖; 机床底座, 托架和联轴器; 重型卡车制动鼓; 泵壳和液压件; 铸锭模
RuT450	比RuT400有更高的强度、刚性和耐磨性, 不过切削性能稍差	汽车发动机缸体和缸盖; 气缸套; 火车制动盘; 泵壳和液压件
RuT500	强度高, 塑性低。耐磨性最好, 切削性差	高负荷汽车缸体; 气缸套

6 结束语

蠕墨铸铁性能介于灰铸铁和球墨铸铁之间, 其综合性能优良, 有其独特的应用。GB/T 26655—2022《蠕墨铸铁件》修改采用ISO 16112: 2017《蠕墨铸铁 分类》(Compacted (vermicular) graphite cast irons specification), 并做了部分技术调整, 以适应我国的技术条件及便于使用者应用和理解。本标准全面、

系统、合理地规定技术指标和检验检测方法, 规则科学, 方法实用, 技术上先进, 经济上合理, 为蠕墨铸铁产业的发展提供有力的技术支撑和引领作用。建议加快GB/T 26656《蠕墨铸铁 金相检验》标准的修订进程, 以适应本标准中对石墨形状、基体组织项目的检测要求。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 蠕墨铸铁件: GB/T 26655—2022 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2022.
- [2] 张寅. ISO 16112: 2017《蠕墨铸铁》标准解读 [J]. 铸造, 2018, 67 (7): 607-610.
- [3] 王峰, 班云峰. 蠕墨铸铁的性能特点和生产控制 [J]. 现代铸铁, 2020 (2): 19-24.
- [4] ISO. Compacted (vermicular) graphite cast irons specification: ISO 16112: 2017 (E) [S]. Switzerland: 2017.
- [5] ASTM International. Standard specification for compacted graphite iron castings: ASTM A842 [S]. United States: 2011.
- [6] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 蠕墨铸铁金相检验: GB/T 26655—2011 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.

Interpretation of GB/T 26655—2022 “Compacted (Vermicular) Graphite Iron Castings”

XU Dong¹, XU Ning², WANG Zhong-xun¹, CUI Yu-zhi¹, ZHANG Yin³

(1. Yantai Vocational College, Yantai 264003, Shandong, China; 2. Yantai Standards Measurement Inspection and Testing Center, Yantai 264003, Shandong, China; 3. National Technical Committee 54 on Foundry of Standardization Administration of China, Shenyang 110022, Liaoning, China)

Abstract:

This paper introduces the overview, the main revision, the main contents, properties and typical applications of compacted (vermicular) graphite cast irons of GB/T 26655—2022. Besides, its main technical differences with ISO 16112: 2017 Compacted (vermicular) graphite cast irons specification and the reasons are discussed. It details the scope, normative references, material designation, production methods and chemical composition, mechanical properties and Matrix structure measured on test pieces machined from separately cast samples, side-by-side samples and cast-on samples, and graphite structure.

Key words: compacted (vermicular) graphite cast irons; ISO 16112: 2017; standard interpretation

(编辑: 潘继勇, pjy@foundryworld.com)