

GB/T 16253—2019《承压钢铸件》 标准解析

成应晋¹, 牛继承¹, 王任甫¹, 牛佳佳¹, 杨继承², 王 究¹

(1. 洛阳船舶材料研究所, 河南洛阳 471023, 2. 大连船舶重工集团有限公司, 辽宁大连116005)

摘要: 介绍了GB/T 16253—2019标准的修订过程和标准修订的主要内容, 包括标准的范围、规范性引用文件、技术要求、试验方法、检验规则等。给出了承压钢铸件的性能水平、典型应用及标准的实施建议。

关键词: 承压钢铸件; 标准修订; 标准内容解析; 实施建议

1 标准概况

国家标准GB/T 16253—1996《承压钢铸件》于1996年首次制定并实施后, 对承压钢铸件的生产起到了较大的指导作用, 比如电站阀门用的ZG240-450AG、船舶管路中用的ZG08Cr19Ni11Mo2Nb等, 但该标准20多年来从未进行修订, 已无法满足现阶段国内承压钢铸件的产业和市场需求。依据2017年5月15日国家标准化管理委员会下达的2017年第一批国家标准制修订项目计划(国标委综合[2017]55号文), 中国船舶重工集团公司第七二五研究所于2018年完成了该标准修订。最新版的GB/T 16253—2019《承压钢铸件》标准于2019年8月30日发布, 于2020年3月20日起实施。

目前国内关于承压钢铸件的在用国家标准主要有GB/T 16253—1996《承压钢铸件》、GB/T 12229—2005《通用阀门碳素钢铸件技术条件》等, 行业标准CB/T 4362—2013《船舶用双相(奥氏体-铁素体)不锈钢铸件》、CB/T 4299—2013《船用碳钢和碳锰钢铸件》、JB/T 11018—2010《超临界及超超临界机组汽轮机用Cr10型不锈钢铸件技术条件》、JB/T 6402—2006《大型低合金钢铸件》、NB/T 20007—2013《压水堆核电厂用不锈钢》等, 以及通用标准GB/T 6967—2009《工程结构用中、高强度不锈钢铸件》、GB/T 11352—2009《一般工程用铸造碳钢件》等。其中GB/T 16253—1996作为国内第一项承压钢铸件的专门标准, 内容主要包括铸件的技术要求、检验规则、试验方法、标志、包装、运输、贮存及补充要求等, 适用于包括按照国家质量监督检验检疫总局颁布的TSC 21《固定式压力容器安全技术监察规程》要求和未按TSC 21生产的承压钢铸件, 标准发布后, 在机械、冶金等行业得到了较为广泛应用。

GB/T 16253—2019修订时采用国际标准ISO 4991: 2015, 部分条款也参考了ISO 4991: 2015、BS EN 10213: 2007以及ISO 4991: 2015的内容。此外, 部分铸钢件技术要求也比参考了美国ASTM标准部分内容(详见本文3.3)。

2 标准主要修订内容

GB/T 16253—2019按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草, 与GB/T 16253—1996相比, 主要技术内容变化如下^[1-2]。

(1) 修改了铸钢的牌号、化学成分和热处理规定。见2019版的3.2(牌号和化学成分)、3.4(热处理); 1996版的3.2(牌号和化学成分)、3.3.2(热处理);

(2) 修改了铸钢的冶炼方法和焊接的规定。见2019版的3.3(冶炼)、3.6(焊

作者简介:

成应晋(1991-), 男, 硕士, 研究方向主要为船体钢材料及其工艺、金属材料及其力学行为的多尺度计算技术等研究。E-mail: 492602560@qq.com

中图分类号: TG26

文献标识码: A

文章编号: 1001-4977(2023)11-1511-10

收稿日期:

2023-03-14 收到初稿,
2023-06-08 收到修订稿。

接); 1996版的3.3.1(冶炼方法)、3.3.3(修补);

(3)修改了力学性能检验试块的类型、试块尺寸、组批规则、取样规则的规定。见2019版的3.7(试块)、5.2(组批规则)、5.3(取样规则)、B.8.1(代表铸件的试块); 1996版的3.3.4(试块)、5.1(组批)、5.2(抽样)、7.10(I型和II型试块的选择);

(4)增加了附录A(本标准与ISO 4991: 2015的章条编号对照表)、附录B(额外检验项目的补充要求)、附录C(铸件产品订货时需方需要提供的信息)、附录G(焊接条件)。

按照GB/T 1.1—2009中的定义, 本标准使用重新起草法修改采用国际标准ISO 4991: 2015《承压钢铸件》。与后者相比, 在结构上有较多调整, 在本标准附录A中列出了与ISO 4991: 2015的章条编号对照一览表。

本标准与ISO 4991: 2015的主要技术性差异如下:

(1)关于规范性引用文件, 本标准做了具有技术性差异的调整, 以适应我国的技术条件, 调整的情况集中反映在第2章“规范性引用文件”中;

(2)修改了ISO 4991: 2015中的铸钢牌号, 本标准与ISO 4991: 2015中铸钢牌号对应关系见附录D(ISO 4991: 2015铸钢牌号对照);

(3)修改了ISO 4991: 2015中的附录A为本标准的附录B, 对ISO 4991: 2015中的附录B的内容作了扩展;

(4)删除了ISO 4991: 2015中的术语和定义、参考文献。

3 标准主要内容说明

3.1 范围

本章概括了本标准的主要内容。由于GB/T 16253—1996中提及的《压力容器安全技术监察规程》已作废, 因此, 主要根据铸件化学成分, 规定了本标准适用范围为碳钢和合金钢制造的承压钢铸件, 而且在标准内容中增加了GB/T 16253—1996不包含的铸焊结构承压钢铸件焊接工艺内容。

3.2 规范性引用文件

本部分等同于GB/T 16253—1996“引用标准”, 内容剔除了原标准中的作废标准, 并引用了ISO 4990: 2015和ISO 4991: 2015相关内容, 结合相关标准和法规应用的实际列出了55个规范性引用文件的编号和名称, 包括在国内广泛采用的金属材料拉伸试验、夏比摆锤冲击试验方法、晶间腐蚀试验方法、布氏硬度试验方法、化学成分分析方法等标准, 使用者可据此查阅相关标准原文加深对本标准的理解。

3.3 技术要求

(1)一般要求。本部分为供需双方提供可选的

质量要求, 本标准在第3章和附录B中提供了承压钢铸件的一般要求和补充要求, 并在第4章提供了各项检查和检验的试验方法, 供需双方应将其作为合同参考以明确责任归属, 减少争议。为保证铸件质量和安全, 规定了制造厂生产压力容器用承压钢铸件时必须经过“首件鉴定”。

(2)牌号和化学成分。本标准对各牌号铸件化学成分要求与ISO 4991: 2015保持一致, 且已按照GB/T 5613—2014标准的规则对ISO 4991: 2015铸件牌号进行统一改写, 并给出与国内常用牌号和常用国外牌号及数字命名对应关系^[3-4]于附录D中以方便查阅(见表1); 另外为反映技术发展并促进国外先进材料引入国内, 本标准还新增加了国外新开发的9%~12%Cr耐热钢铸件材料GX13CrMoCoVNbNB9-2-1(即COST CB2, 转化为国内铸钢牌号ZG12Cr9Mo2CoNiVNbNB), 该材料可以用于超超临界汽轮机^[5]。GB/T 16253—1996标准中表1规定的铸件牌号及化学成分要求已与能源动力、石油机械、海洋装备等行业实际情况脱节, 本标准改动较大, 且原标准未提供不同国家和组织的铸件牌号对比, 不利于技术交流和国际贸易, 通用性不足。

由材料化学成分要求可见, 本标准对铸件主要杂质P、S含量要求较GB/T 16253—1996更为严格。本标准涉及的材料化学成分范围跨度大, 组织类型多, 包括铸造碳钢、铸造中低合金钢、铸造高合金钢及不锈钢。实际上, 有许多牌号等同或相近的铸件已在国内外应用, 并反映在专门的铸件标准中, 如GB/T 1200、GB/T 12229、GB/T 12230、GB/T 32255、JB/T 7248、JB/T 11018、JB/T 12380、NB/T 20005、NB/T 20007、NB/T 20010、ASTM A487/A487M、ASTM A216/A216M、ASTM A217/A217M、ASTM A351/A351M、ASTM A352/A352M、ASTM A995/A995M、EN 10213(最新标准)等, 这些专用标准对铸件的要求各有侧重, 可与本标准配合使用。

(3)冶炼。与GB/T 16253—1996相比, 本标准对铸钢的熔炼(melting)方法^[1]未做出具体要求, 仅将“熔炼”改为“冶炼”, 与ISO 4991: 2015的引用文件ISO 4990: 2015一致。制造厂可根据实际情况选择铸件的冶炼工艺。

(4)热处理及力学性能要求。表2为室温拉伸性能, 表3为热处理工艺。为确保产品的质量, 本标准规定了材料的热处理方式并推荐了热处理温度, 热处理后材料力学性能除应当满足表2所示的室温下拉伸性能外^[2], 还应满足合同规定的其他条款, 如室温冲击、低温冲击、高温拉伸、蠕变等力学性能(见表4至表7)及补充要求^[2]。本标准对热处理工艺细节不作强制要求, 这给铸件制造厂留有一定的工艺调整余地。与GB/T 16253—1996相比, 以上要求也有明显改动。

在表3中^[2], 序号1至4对应材料为铸造碳钢, 其中

表1 铸钢牌号对照表
Table 1 Cast steel grade comparison table

ISO 4991: 2015材料牌号		本标准牌号	国内常用牌号	相近UNS铸钢牌号
钢名	数字名			
GP240GH	1.061 9	ZGR240-420	—	J02500
GP280GH	1.062 5	ZGR280-480	—	J02505
G17Mn5	1.113 1	ZG18	ZG17Mn5	J02505
G20Mn5	1.622 0	ZG20	ZG20Mn5	J02505
G18Mo5	1.542 2	ZG18Mo	ZG18Mo5	J11547
G20Mo5	1.541 9	ZG19Mo	ZG20Mo5	J11547
G17CrMo5-5	1.735 7	ZG18CrMo	ZG15Cr1Mo	J12080
G17CrMo9-10	1.737 9	ZG17Cr2Mo	ZG17Cr2Mo1	J21890
G12MoCrV5-2	1.772 0	ZG13MoCrV	ZG12MoCrV	—
G17CrMoV5-10	1.770 6	ZG18CrMoV	ZG17Cr1Mo1V	—
G25NiCrMo3	1.655 3	ZG26CrNiMo	ZG25CrNiMo	J12082
G25NiCrMo6	1.655 4	ZG26Ni2CrMo	ZG25CrNi2Mo	—
G17NiCrMo13-6	1.678 1	ZG17Ni3Cr2Mo	—	—
G9Ni10	1.563 6	ZG012Ni3	—	J22500
G9Ni14	1.563 8	ZG012Ni4	—	J31550
GX15CrMo5	1.736 5	ZG16Cr5Mo	—	J42045
GX10CrMoV9-1	1.736 7	ZG10Cr9MoV	—	J91150
GX15CrMo9-1	1.737 6	ZG16Cr9Mo	—	J82090
—	—	ZG12Cr9Mo2CoNiVNbNB	—	—
GX8CrNi12-1	1.410 7	ZG010Cr12Ni	ZG08Cr12Ni1	J91150
GX23CrMoV12-1	1.493 1	ZG23Cr12MoV	—	J91442
GX3CrNi13-4	1.698 2	ZG05Cr13Ni4Mo	—	J91550
GX4CrNi13-4	1.431 7	ZG06Cr13Ni4Mo	ZG06Cr13Ni4Mo	J91550
GX4CrNiMo16-5-1	1.440 5	ZG06Cr16Ni5Mo	—	J91804
GX5CrNi19-10	1.430 8	ZG07Cr19Ni10	—	J92600
GX2CrNi19-11	1.448 7	ZG03Cr19Ni11N	—	J92500
GX5CrNiNb19-11	1.455 2	ZG07Cr19Ni11Nb	—	J92710
GX2CrNiMoN19-11-2	1.449 0	ZG03Cr19Ni11Mo2N	—	J92804
GX5CrNiMo19-11-2	1.440 8	ZG07Cr19Ni11Mo2	—	J92900
GX5CrNiMoNb19-11-2	1.458 1	ZG07Cr19Ni11Mo2Nb	—	—
GX2CrNiMoN22-5-3	1.447 0	ZG03Cr22Ni5Mo3N	—	J92205
GX2CrNiMoCuN26-5-3-3	1.445 1	ZG03Cr26Ni6Mo3Cu3N	—	J93372
GX2CrNiMoN26-7-4	1.446 9	ZG03Cr26Ni7Mo4N	—	J93404
GX2NiCrMo28-20-2	1.445 8	ZG03Ni28Cr21Mo2	—	N08007

ZG18的碳当量和碳含量均为最低,采用正火可能无法满足强度要求,因此可采用淬火+回火或正火方式热处理,正火后同样允许回火处理以降低内应力并消除局部偏析形成的淬硬区。以上铸件适用于通用阀门、法兰、管件等部位。

序号5至16对应材料为典型的铸造中低合金钢,以Cr、Mo、Ni为主要合金元素,强韧性匹配较好,采用淬火+高温回火得到马氏体回火组织(如回火索氏体)

通常具有最佳的综合力学性能,并有一定的抗氧化性和热强性;序号17至24对应材料为典型的铸造马氏体耐热钢,其马氏体形成倾向更大。以上铸件的室温强度较高,且有一定的高温性能,多用于航空航天、能源动力等行业的高温承压工况(一般低于600℃,ZG12Cr9Mo2CoNiVNbNB可在620℃/30MPa下服役),或对耐蚀性有一定要求的过流件中,经适当热处理后也具备较好的冲击性能,可用于对低温韧性有

表2 室温拉伸性能
Table 2 Tensile properties at room temperature

牌号	热处理方式 ^a	室温拉伸性能			
		规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ /MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p1.0}$ /MPa	抗拉强度 R_m /MPa	断后伸长率 A /%
ZGR240-420	+N ^b	≥240	—	420~600	≥22
	+QT	≥240	—	420~600	≥22
ZGR280-480	+N ^b	≥280	—	480~640	≥22
	+QT	≥280	—	480~640	≥22
ZG18	+QT	≥240	—	450~600	≥24
ZG20	+N ^b	≥300	—	480~620	≥20
	+QT	≥300	—	500~650	≥22
ZG18Mo	+QT	≥240	—	440~590	≥23
ZG19Mo	+QT	≥245	—	440~690	≥22
ZG18CrMo	+QT	≥315	—	490~690	≥20
ZG17Cr2Mo	+QT	≥400	—	590~740	≥18
ZG13MoCrV	+QT	≥295	—	510~660	≥17
ZG18CrMoV	+QT	≥440	—	590~780	≥15
ZG26CrNiMo	+QT1	≥415	—	620~795	≥18
	+QT2	≥585	—	725~865	≥17
ZG26Ni2CrMo	+QT1	≥485	—	690~860	≥18
	+QT2	≥690	—	860~1 000	≥15
ZG17Ni3Cr2Mo	+QT	≥600	—	750~900	≥15
ZG012Ni3	+QT	≥280	—	480~630	≥24
ZG012Ni4	+QT	≥360	—	500~650	≥20
ZG16Cr5Mo	+QT	≥420	—	630~760	≥16
ZG10Cr9MoV	+NT	≥415	—	585~760	≥16
ZG16Cr9Mo	+QT	≥415	—	620~795	≥18
ZG12Cr9Mo2CoNiVNbNB	+QT	≥500	—	630~750	≥15
ZG010Cr12Ni	+QT1	≥355	—	540~690	≥18
	+QT2	≥500	—	600~800	≥16
ZG23Cr12MoV	+QT	≥540	—	740~880	≥15
ZG05Cr13Ni4	+QT	≥500	—	700~900	≥15
ZG06Cr13Ni4	+QT	≥550	—	760~960	≥15
ZG06Cr16Ni5Mo	+QT	≥540	—	760~960	≥15
ZG03Cr19Ni11N	+AT	—	≥230	440~640	≥30
ZG07Cr19Ni10	+AT	—	≥200	440~640	≥30
ZG07Cr19Ni11Nb	+AT	—	≥200	440~640	≥25
ZG03Cr19Ni11Mo2N	+AT	—	≥230	440~640	≥30
ZG07Cr19Ni11Mo2	+AT	—	≥210	440~640	≥30
ZG07Cr19Ni11Mo2Nb	+AT	—	≥210	440~640	≥25
ZG03Cr22Ni5Mo3N	+AT	≥420	—	600~800	≥20
ZG03Cr26Ni6Mo3Cu3N	+AT	≥480	—	650~850	≥22
ZG03Cr26Ni7Mo4N	+AT	≥480	—	650~850	≥22
ZG03Ni28Cr21Mo2	+AT	—	≥190	430~630	≥30

注：a：热处理方式为强制性，热处理方式代号的含义为，+N：正火；+QT：淬火加回火；+AT：固溶处理。

b：允许回火处理。

表3 热处理工艺
Table 3 Heat treatment conditions

序号	牌号	热处理方式 ^a	室温拉伸性能	
			正火温度或淬火温度或固溶温度/℃	回火温度/℃
1	ZGR240-420 ^c	+N ^d	900~980	—
		+QT	900~980	600~700
2	ZGR280-480 ^c	+N ^d	900~980	—
		+QT	900~980	600~700
3	ZG18	+QT	890~980	600~700
4	ZG20 ^c	+N ^d	900~980	—
		+QT	900~980	610~660
5	ZG18Mo	+QT	900~980	600~700
6	ZG19Mo	+QT	920~980	650~730
7	ZG18CrMo	+QT	920~960	680~730
8	ZG17Cr2Mo	+QT	930~970	680~740
9	ZG13MoCrV	+QT	950~1 000	680~720
10	ZG18CrMoV	+QT	920~960	680~740
11	ZG26CrNiMo ^c	+QT1	970~960	600~700
		+QT2	870~960	600~680
12	ZG26Ni2CrMo ^c	+QT1	850~920	600~650
		+QT2	850~920	600~650
13	ZG17Ni3Cr2Mo	+QT	890~930	600~640
14	ZG012Ni3	+QT	830~890	600~650
15	ZG012Ni4	+QT	820~900	590~640
16	ZG16Cr5Mo	+QT	930~990	680~730
17	ZG10Cr9MoV	+NT	1 040~1 080	730~800
18	ZG16Cr9Mo	+QT	960~1 020	680~730
19	ZG12Cr9Mo2CoNiVNbNB ^e	+QT	1 040~1 130	700~750+700~750
20	ZG010Cr12Ni ^c	+QT1	1 000~1 060	680~730
		+QT2	1 000~1 060	600~680
21	ZG23Cr12MoV	+QT	1 030~1 080	700~750
22	ZG05Cr13Ni4 ^e	+QT	1 000~1 050	670~690+590~620
23	ZG06Cr13Ni4	+QT	1 000~1 050	590~620
24	ZG06Cr16Ni5Mo	+QT	1 020~1 070	580~630
25	ZG03Cr19Ni11N	+AT	1 050~1 150	—
26	ZG07Cr19Ni10	+AT	1 050~1 150	—
27	ZG07Cr19Ni11Nb ^f	+AT	1 050~1 150	—
28	ZG03Cr19Ni11Mo2N	+AT	1 080~1 150	—
29	ZG07Cr19Ni11Mo2	+AT	1 080~1 150	—
30	ZG07Cr19Ni11Mo2Nb ^f	+AT	1 080~1 150	—
31	ZG03Cr22Ni5Mo3N ^g	+AT	1 120~1 150	—
32	ZG03Cr26Ni6Mo3Cu3N ^g	+AT	1 120~1 150	—
33	ZG03Cr26Ni7Mo4N ^g	+AT	1 140~1 180	—
34	ZG03Ni28Cr21Mo2	+AT	1 100~1 180	—

注：a：热处理方式为强制性，热处理方式代号的含义：+N：正火；+QT：淬火加回火；+AT：固溶处理；b：热处理温度仅供参考；c：应根据拉伸性能要求在钢牌号中增加热处理方式的代号；d：允许回火处理；e：铸件应进行二次回火，且第二次回火温度不得高于第一次回火；f：为提高材料的抗腐蚀能力，ZG07Cr19Ni11Nb可在600~650℃下进行稳定化处理，而ZG07Cr19Ni11Mo2Nb可在550~600℃下进行稳定化处理；g：铸件固溶处理时可降温至1 010~1 040℃后再进行快速冷却。

表4 室温冲击性能
Table 4 Impact properties at room temperature

牌号	热处理方式	冲击吸收能量KV ₂ (室温) /J	
ZGR240-420	+N	≥27	
	+QT	≥40	
ZGR280-480	+N	≥27	
	+QT	≥40	
ZG19Mo	+QT	≥27	
ZG18CrMo	+QT	≥27	
ZG17Cr2Mo	+QT	≥40	
ZG13MoCrV	+QT	≥27	
ZG18CrMoV	+QT	≥27	
ZG26CrNiMo	+QT1	≥27	
	+QT2	≥27	
ZG26Ni2CrMo	+QT1	≥27	
	+QT2	≥40	
ZG16Cr5Mo	+QT	≥27	
ZG16Cr9Mo	+QT	≥27	
ZG12Cr9Mo2CoNiVNbNB	+QT	≥30	
ZG010Cr12Ni	+QT1	≥45	
	+QT2	≥40	
ZG23Cr12MoV	+QT	≥27	
ZG05Cr13Ni4	+QT	≥50	
ZG06Cr13Ni4	+QT	≥50	
ZG06Cr16Ni5Mo	+QT	≥60	

表5 低温冲击性能
Table 5 Impact properties at low temperature

牌号	热处理方式	冲击性能		
		温度/℃	冲击吸收能量KV ₂ /J	
ZG18	+QT	-40	≥27	
ZG20	+N	-30	≥27	
	+QT	-40	≥27	
ZG18Mo	+QT	-45	≥27	
ZG17Ni3Cr2Mo	+QT	-80	≥27	
ZG012Ni3	+QT	-70	≥27	
ZG012Ni4	+QT	-90	≥27	
ZG05Cr13Ni4	+QT	-120	≥27	
ZG03Cr19Ni11N	+AT	-196	≥70	
ZG07Cr19Ni10	+AT	-196	≥60	
ZG03Cr19Ni11Mo2N	+AT	-196	≥70	
ZG07Cr19Ni11Mo2	+AT	-196	≥60	
ZG03Cr22Ni5Mo3N	+AT	-40	≥40	
ZG03Cr26Ni6Mo3Cu3N	+AT	-70	≥35	
ZG03Cr26Ni7Mo4N	+AT	-70	≥35	
ZG03Ni28Cr21Mo2	+AT	-196	≥60	

表6 高温拉伸性能
Table 6 Tensile properties at high temperature

牌号	热处理方式	高温下规定非比例延伸强度 R_p /MPa								
		R_p	100 °C	200 °C	300 °C	350 °C	400 °C	450 °C	500 °C	550 °C
ZGR240-420	+N	0.2%	≥210	≥175	≥145	≥135	≥130	≥125	—	—
	+QT	0.2%	≥210	≥175	≥145	≥135	≥130	≥125	—	—
ZGR280-480	+N	0.2%	≥250	≥220	≥190	≥170	≥160	≥150	—	—
	+QT	0.2%	≥250	≥220	≥190	≥160	≥160	≥150	—	—
ZG19Mo	+QT	0.2%	—	≥190	≥165	≥155	≥150	≥145	≥135	—
ZG18CrMo	+QT	0.2%	—	≥250	≥230	≥215	≥200	≥190	≥175	≥160
ZG13MoCrV	+QT	0.2%	≥264	≥244	≥230	—	≥214	—	≥194	≥144
ZG18CrMoV	+QT	0.2%	—	≥385	≥365	≥350	≥335	≥320	≥300	≥260
ZG17Cr2Mo	+QT	0.2%	—	≥355	≥345	≥330	≥315	≥305	≥280	≥240
ZG16Cr5Mo	+QT	0.2%	—	≥390	≥380	—	≥370	—	≥305	≥250
ZG12Cr9Mo2CoNiVNB ^a	+QT	0.2%	—	—	—	—	—	—	—	≥325
ZG16Cr9Mo	+QT	0.2%	—	≥375	≥355	≥345	≥320	≥295	≥265	—
ZG23Cr12MoV	+QT	0.2%	—	≥450	≥430	≥410	≥390	≥370	≥340	≥290
ZG06Cr13Ni4	+QT	0.2%	≥515	≥485	≥455	≥440	—	—	—	—
ZG06Cr16Ni5Mo	+QT	0.2%	≥515	≥485	≥455	—	—	—	—	—
ZG03Cr19Ni11N	+AT	1%	≥165	≥130	≥110	≥100	—	—	—	—
ZG07Cr19Ni10	+AT	1%	≥160	≥125	≥110	—	—	—	—	—
ZG07Cr19Ni11Nb	+AT	1%	≥165	≥145	≥130	—	≥120	—	≥110	≥100
ZG03Cr19Ni11Mo2N	+AT	1%	≥175	≥145	≥115	—	≥105	—	—	—
ZG07Cr19Ni11Mo2	+AT	1%	≥170	≥135	≥115	—	≥105	—	—	—
ZG07Cr19Ni11Mo2Nb	+AT	1%	≥185	≥160	≥145	—	≥130	—	≥120	≥115
ZG03Cr22Ni5Mo3N ^b	+AT	0.2%	≥330	≥280	—	—	—	—	—	—
ZG03Cr26Ni6Mo3Cu3N ^b	+AT	0.2%	≥390	≥330	—	—	—	—	—	—
ZG03Cr26Ni7Mo4N ^b	+AT	0.2%	≥390	≥330	—	—	—	—	—	—
ZG03Ni28Cr21Mo2	+AT	1%	≥165	≥135	≥120	—	≥110	—	—	—

注：a：应在600 °C、620 °C、650 °C测定高温下规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ ，允许的最小值分别为275 MPa、245 MPa、200 MPa；b：奥氏体-铁素体双相钢不宜在250 °C以上使用。

一定要求的工况中。对钢铁热处理而言，随合金总量或微合金元素（如V、Nb等）含量的提高，材料奥氏体化保温温度应适当提高，制造厂应基于此原则灵活选择热处理温度，而不应局限于标准的推荐值；淬火介质也应以获得均匀马氏体组织且不产生变形和开裂为原则根据铸件壁厚和合金成分合理选用。

序号25至34对应材料均为铸造奥氏体钢或双相不锈钢，该类材料一般均需固溶处理，并视铸件实际情况调整固溶温度、冷却介质。本标准对铸造奥氏体不锈钢的非比例延伸强度均按1%考核，且只规定-196 °C下的低温冲击值，其中ZG07Cr19Ni11Nb和ZG07Cr19Ni11Mo2Nb是在ZG07Cr19Ni10和ZG07Cr19Ni11Mo2基础上添加稳定化元素Nb以提高其晶间腐蚀抗力而来，故固溶后允许对其进行稳定化处理；ZG03Cr19Ni11N和ZG03Cr19Ni11Mo2N则是

在ZG07Cr19Ni10和ZG07Cr19Ni11Mo2基础上通过增N降C提高晶间腐蚀和点蚀抗力，并提高了奥氏体基体的稳定性，从而使其强度和低温冲击性能均有所提升；而ZG03Cr22Ni5Mo3N、ZG03Cr26Ni6Mo3Cu3N和ZG03Cr26Ni7Mo4N属于铸造双相不锈钢，不仅更耐腐蚀，且兼有奥氏体不锈钢的高塑性、低温韧性和热强性及马氏体不锈钢高室温强度的特点。以上铸件通常用于腐蚀介质中或高低温下使用的承压铸件。

(5) 焊接。本部分规定了铸件焊补和拼焊时应当满足的要求，并在附录G中提供了部分铸件的推荐焊接工艺条件^[2]。此外，针对焊后需高温热处理的铸件，应选用可热处理焊接材料，尽量连续施焊，焊接过程道间温度不应低于预热温度；如不得不中断施焊，则应当采取保温措施。

(6) 试块。本部分规定了铸件检验用试块类型、

表7 蠕变性能
Table 7 Creep properties

牌号	温度/℃ 时间/h	400			450			500			550		
		10 000	100 000	200 000	10 000	100 000	200 000	10 000	100 000	200 000	10 000	100 000	200 000
ZGR240-420	σ_r	205	160	145	132	83	71	74	40	32	—	—	—
	σ_{A1}	147	110	—	88	50	—	43	20	—	—	—	—
ZGR280-480	σ_r	210	165	—	135	85	—	75	42	—	—	—	
	σ_{A1}	148	110	—	90	52	—	45	22	—	—	—	
ZG20	σ_r	360	310	290	275	205	180	160	85	70	66	30	23
	σ_{A1}	—	—	—	185	150	130	125	65	50	41	15	10
ZG18CrMo	σ_r	420	370	356	321	244	222	187	117	96	98	55	44
	σ_{A1}	271	222	—	196	145	—	130	81	—	65	35	—
ZG17Cr2Mo	σ_r	404	324	304	282	218	200	188	136	120	106	66	52
	σ_{A1}	350	300	278	229	168	148	141	96	80	70	40	31
ZG13MoCrV	σ_r	—	—	—	365	277	—	208	140	—	135	75	—
ZG18CrMoV	σ_r	463	419	395	340	275	254	229	171	157	151	96	83
	σ_{A1}	427	385	356	305	243	218	196	133	110	120	70	49
ZG16Cr5Mo	σ_r	—	—	—	228 ^a	165 ^a	—	168	106	—	93	58	—
ZG23Cr12MoV	σ_r	504	426	394	383	309	279	269	207	187	167	118	103
	σ_{A1}	—	—	—	305	259	239	219	172	153	131	91	77
ZG07Cr19Ni10	σ_r	—	—	—	—	—	—	—	—	—	147	124	—
ZG07Cr19Ni11Nb	σ_r	—	—	—	—	—	—	—	—	—	246	192	—
ZG05Cr19Ni11Mo2	σ_r	—	—	—	—	—	—	—	—	—	194	160	—

注： σ_r 为材料失效力，单位为MPa； σ_{A1} 为材料伸长率为1%时的蠕变极限，单位为MPa；a：温度为470℃。

试块部位和切取方法、试块尺寸，当铸件采用一个以上钢包浇注时必须使用附铸试块。

关于试块尺寸，本标准中试块尺寸类型有A型试块、B型试块、C型试块3种，对应于GB/T 16253—1996的Ⅰ型试块、Ⅱ型试块、Ⅲ型试块。而ISO 4990和ISO 4991中只规定了 $T \times T$ 试块和 $T \times 3T \times 3T$ 试块^[6-7]，对应于本标准的B型试块和C型试块，这两类试块在ISO和EN之外的铸件标准中较少见。与GB/T 16253—1996相比，本标准按照ISO 4990：2015的内容修改了B型试块（ $T \times T$ 试块）和C型试块（ $T \times 3T \times 3T$ 试块）中力学性能试样的取样位置，限制C型试块最大尺寸；而A型试块尺寸仍与GB/T 16253—1996中的Ⅰ型试块保持一致，其原因是考虑到该类试块（即基尔试块）在国内铸造行业应用广泛，故保留该试块类型以保证标准的通用性，该类试块一般作单铸试块。

上述试块中的尺寸 T 为试块厚度，试块厚度应视铸件主要截面最大厚度而定，当铸件主要截面最大厚度不超过150 mm时，试块厚度即取所代表铸件的主要截面最大厚度；当铸件主要截面最大厚度超过150 mm时，在供需双方一致同意的情况下，允许试块厚度超过150 mm。在标准附录B中给出了各铸件主要截面厚度允许的最大值^[2]，当铸件主要截面最大厚度超出对应值时，允许试块的力学性能低于表3至表7规定值。

B型试块和C型试块尺寸比A型试块更大，反映的铸件性能更具真实性和严格性，因此采用B型试块和C型试块进行铸件检验后无需采用A型试块重复检验。

（7）表面质量及内部质量。本部分规定了铸件交付时对外观的基本要求，与GB/T 16253—1996相比细化了表面质量和内部质量的具体标准，相应的试验标准可见第4章及附录B对应条目。

（8）形状、尺寸及公差。本部分规定了铸件形状、尺寸和公差应满足的要求，除可依据GB/T 6414—2017外，允许铸件尺寸公差按合同验收。铸件重量公差的内容作为补充要求可见标准第4章及附录B对应条目。

3.4 试验方法

本部分结合国内铸件生产实际情况，规定了标准所涉及的全部检查检验的试验方法要求。与1996版标准相比，除对应的试验方法更新外，检验项目增加了拉伸蠕变、铸件硬度和单批铸件均匀性，此外铸件成分除采用传统化学检验方法外还允许采用GB/T 4336，GB/T 11170，GB/T 20123，GB/T 20124，GB/T 20125，SN/T 0750，SN/T 2718，SN/T 3806，SN/T 3343（最新标准）进行光谱法测定，以适应技术发展。

3.5 检验规则

本部分主要规定了铸件产品的组批规则、取样规则和判定规则，并规定了复验和重新热处理的要求，与ISO 4990: 2015的6.2.2节中关于力学性能和化学成分测试方法和取样要求内容相比只删去了按产量组批的规则；与GB/T 16253—1996标准相比，本标准根据ISO 4990: 2015的内容增加了检验规则的一般要求，根据ISO 4990: 2015的内容修改了化学分析取样和冲击复验的要求。

(1) 组批规则。本标准按炉次将同一炉钢液浇注、同炉热处理的同类型铸件作为一批。如技术条件中有规定或供需双方另有协商的，则可按件或其他规则进行组批。

(2) 取样规则。对化学分析，通常以逐炉取样的熔炼分析作为铸件的验收依据，当供需双方对分析结果有争议时，可按铸钢炉前样、代表铸件的试块或试样上取成品试样进行校核分析，若在壁厚大于15 mm的试块中取样，则取样部位与铸造表面距离应不小于6 mm以保证试样具有代表性。成品试样取样方法和样品质量要求可参考GB/T 222—1984内容。本标准在附录E中提供了校核分析对规定的熔炼分析的允许偏差作为参考，各元素允许的偏差值不大于ISO 4990: 2015中表1规定的偏差值。

对力学性能，通常在代表该批铸件的试块上取样，规定室温拉伸试样数为1件；夏比冲击试样数量为每组温度3件；高温拉伸试样数量按照合同规定，只有当合同中有规定时铸件才需进行夏比冲击和高温拉伸测试。本部分对A型试块、B型试块($T \times T$)试块和C型试块($T \times 3T \times 3T$)试块中取样位置作了详细规定，力学性能试样中轴线与试块表面的距离均大于四分之一壁厚，该种取样方法更能代表铸件本体性能，且B型试块和C型试块尺寸比A型试块更大，其对力学性能的考核更严格，故当采用B型试块或C型试块进行力学性能取样时，不需要再从A型试块取样。

(3) 判定规则及复验。本部分根据ISO 4990: 2015内容修改了GB/T 16253—1996中的冲击复验要求，明确了应当进行冲击复验的情况和冲击复验判定合格的条件，此外还明确规定了拉伸和冲击双倍复验时应在原试块（或同炉浇注及同炉热处理的另一件试块）取样，保证了复验结果的可靠性。

(4) 重新热处理。本部分规定当力学性能检验或复验不符合要求时，允许对铸件及其试块进行重新热处理。重新热处理的铸件及其试块应作为新的一批进行全部力学性能检验。未经需方同意，铸件及其试块的重新热处理不应超过两次（若无特殊规定，则回火次数不限），与其他铸钢领域国家标准内容基本一致，但某些偏析严重的高合金钢铸件或存在第一类回火脆性的铸件重新热处理时可能需要调整工艺，这点不容忽视。

3.6 标志、质量证明书、包装、运输和贮存

本部分规定了铸件的标志、质量证明书、包装、运输和贮存要求，包括铸件上标志内容、标志方式、标志位置、铸件质量证明书内容、铸件的包装、运输及贮存应遵循的原则。此部分内容对铸件的溯源、交付和贮存具有重要意义，可为供需双方合同中相关条款的签订提供参考。与GB/T 16253—1996相比变化不大。

3.7 补充要求

本标准的第7章和附录B明确了承压钢铸件补充要求，提供更全面的检验项目，仅适用于需方有额外检查或检验项目要求的情况，这样既保证了铸件质量又能兼顾经济性。补充要求共包括11条，其具体试验方法在本标准第4章列出，主要技术内容与ISO 4991: 2015和ISO 4990: 2015基本一致。它是本标准的重要组成部分，一经选定，即成为确保承压钢铸件性能、质量和安全使用必须要保证的技术要求，具有与本标准同等的重要性。与GB/T 16253—1996相比，本标准增加了单批铸件的重量和均匀性检验（B.5）、表面处理（B.9）、热等静压（B.10）、奥氏体钢或奥氏体-铁素体钢中铁素体含量的测定（B.11.1）、硬度检验（B.11.2）、磁性检验（B.11.6），与ISO 4991: 2015的引用文件ISO 4990: 2015包含的检验条目一致，并给出了对应的试验方法。

4 承压钢铸件的应用

承压钢铸件广泛应用于阀门、法兰、管道、缸体等部件中，是一类附加值较高的铸件。以往不少高端承压钢铸件需进口，近年来国内企业通过自研、引进、转化了不少承压用铸钢牌号，如ZG08Cr12Ni1、ZG12Cr9Mo1VNbN、ZG12Cr10Mo1W1NiVNbN、ZG12Cr9Mo2CoNiVNbNB、ZG14Ni3CrMoV等，承压钢铸件质量水平不断提高，基本能满足国计民生、国家安全的需求，如大型耐热耐蚀承压不锈钢铸造技术满足了我国新型发电设备制造需求、先进钢液熔炼与净化技术大大提高了关键设备铸件的材质等级、大壁厚高强度钢铸造技术满足了我国国防装备发展需求等。

表8列出了本标准中部分牌号铸件在国内主要铸造企业批量生产实测数据，可见按照本标准的成分和热处理要求生产的铸钢，其力学性能均能满足指标要求。

5 结论

(1) GB/T 16253—2019标准在修订之初就坚持反映当前铸件技术水平，特别是国内在核电、船舶等高端铸件方面的最新进展，因此在参照ISO 4991、EN 10217等标准的相关内容基础上，还借鉴了我国铸造行业部分先进成果和市场情况，以方便相关产品的订货

表8 GB/T 16253—2019部分牌号铸件批量生产实测数据
Table 8 Measured data of mass produced casting of some grades in GB/16253—2019

牌号		$R_{p0.2}/\text{MPa}$	R_m/MPa	$A/\%$	KV_2/J
ZGR240-420	指标要求 (+N)	≥ 240	420~600	≥ 22	≥ 27 (室温)
	实测值	254	466	31	52
ZG20	指标要求 (+N)	≥ 300	480~620	≥ 22	≥ 27 (-30 °C)
	实测值	308	492	36	40
ZG17Cr2Mo	指标要求 (+QT)	≥ 400	590~740	≥ 18	≥ 40 (室温)
	实测值	445	615	26.2	151
ZG18CrMoV	指标要求 (+QT)	≥ 440	590~780	≥ 15	≥ 27 (室温)
	实测值	490	630	25.6	138
ZG010Cr12Ni	指标要求 (+QT1)	≥ 355	540~690	≥ 18	≥ 45 (室温)
	实测值	400	630	23.8	65
ZG06Cr13Ni4Mo	指标要求 (+QT)	≥ 550	760~960	≥ 15	≥ 50 (室温)
	实测值	650	805	23.6	126
ZG12Cr9Mo2CoNiVNbNB	指标要求 (+QT)	≥ 500	630~750	≥ 15	≥ 30
	实测值	530	685	19.2	38

及质量控制，具有一定的先进性。

(2) 本标准结合了我国的实际情况，引用通行工艺及检验方法，使本标准适应国内市场需求，满足行业发展，为企业生产、质量检验、进出口贸易提供技术指导，提高本标准的可操作性。

总之，本标准作为推荐性国家标准，适用于碳钢和合金钢制造的承压钢铸件的生产及应用。可以反映承压钢铸件行业的发展，为相关企业提供生产、贸易、质控方面指导依据，从而满足相关产业发展需求。

参考文献:

- [1] 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. 承压钢铸件: GB/T 16253—1996 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1996.
- [2] 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. 承压钢铸件: GB/T 16253—2019 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2019.
- [3] 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. 铸钢牌号表示方法: GB/T 5613—2014 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
- [4] BS EN 10027-1: 2016. Designation systems for steel-part1: steel names [S]. Belgium: 2016.
- [5] 李伟华, 陈成, 张云博. 620 °C超超临界汽轮机用CB2铸钢件试制 [J]. 铸造, 2019, 68 (2): 118-122.
- [6] ISO. ISO 4990: 2015. Steel castings—general technical delivery requirements [S]. Switzerland: 2015.
- [7] ISO. ISO 4991: 2015. Steel castings for pressure purposes [S]. Switzerland: 2015.

Interpretation of GB/T 16253-2019 “Steel Casting for Pressure Purposes”

CHENG Ying-jin¹, NIU Ji-cheng¹, WANG Ren-fu¹, NIU Jia-jia¹, YANG Ji-cheng², WANG Xian¹

(1. Luoyang Ship Material Research Institute, Luoyang 471023, Henan, China; 2. Dalian Shipbuilding Industry Co., Ltd., Dalian 116005, Liaoning, China)

Abstract:

This paper introduces the main revision process and contents of the document of GB/T 16253-2019, including the scope, standard reference documents, technical requirements, test methods and inspection rules and so on. The property levels of the steel casting for pressure purposes, typical applications and the implementation suggestions of the standard are given.

Key words:

steel casting for pressure purposes; main revision of the standard; standard content interpretation