

标准化与质量

国家标准《焊接结构用铸钢件》解读

章亚红

(北京机电院高技术股份有限公司, 北京 100027)

1 标准概况

焊接结构件应用广泛,近年来铸钢件越来越多的用于建筑、造船、汽车等行业,也对铸钢件提出了更高的要求,《焊接结构用碳素钢铸件》标准是1987制定的,已不能满足现代生产和使用的要求。从我国铸造生产装备和技术水平来看,均具备发展高强度铸钢的条件,能够达到高强度、高韧性要求,具有易焊接性能。从国际和国外标准看,DIN EN 10293—2005《一般工程用铸钢件》、ISO 3755—1991《一般工程用铸造碳钢》和JIS G5102—1991《焊接结构用铸钢件》标准,已经有了高强度牌号的规定,设计单位普遍采用欧盟标准和国际标准作为设计依据,由于各国标准中的要求不统一,给我国铸钢件生产厂和设计单位造成很多困扰,因此,为满足生产、使用高强度铸钢件的要求,并充分反映出铸造厂在这方面的科研成果,使之快速商品化,提高产品质量,以及与国际、国外先进标准接轨,促进技术进步,制定适合我国国情的焊接结构用铸钢件标准,对铸钢件的生产和质量控制非常重要。

2 标准主要内容

2.1 适用范围

本标准适用于一般工程结构用焊接性好的铸钢件。

2.2 牌号

根据单铸试块的最低抗拉强度、屈服强度、断后伸长率等技术性能指标,规定了5个牌号,保留了原标准的3个牌号,ZG 200-400H、ZG 230-450H、ZG 270-480H。增加了2个牌号,ZG 300-500H、ZG340-550H。这2个牌号是参考DIN EN 10293的G20Mn5和ISO 3755的340-550W。因增加了更高强度牌号ZG 300-500H,将原牌号ZG 275-485H改为ZG 270-480H,这样与ISO 3755牌号设置一致。

2.3 化学成分

降低了P、S的含量, $P \leq 0.025\%$, $S \leq 0.025\%$ 。对高强度铸钢规定了化学元素的下限值,见表1。

2.4 力学性能

提高了冲击功要求,明确了屈服强度为上屈服强度。由单铸试块测得的力学性能见表2。

2.5 增加了试验方法和检验规则

对有无损检测要求的铸钢件,提出了检测依据的标准。

2.6 附录

附录A(规范性附录)对碳当量进行了规定。

本标准采用的碳当量计算公式是国际焊接学会规定的计算公式,碳当量数值沿用原标准规定,新增的2个牌号碳当量略有提高,见表3。

表1 化学成分

质量分数/%

牌号	主要元素					残余元素 \leq					
	C	Si \leq	Mn	P \leq	S \leq	Ni	Cr	Cu	Mo	V	总和
ZG 200-400H	≤ 0.20	0.60	≤ 0.80	0.025	0.025						
ZG 230-450H	≤ 0.20	0.60	≤ 1.20	0.025	0.025						
ZG 270-480H	0.17~0.25	0.60	0.80~1.20	0.025	0.025	0.40	0.35	0.40	0.15	0.05	1.00
ZG 300-500H	0.17~0.25	0.60	1.00~1.60	0.025	0.025						
ZG 340-550H	0.17~0.25	0.80	1.00~1.60	0.025	0.025						

注:1.实际碳含量比表中碳上限每减少0.01%,允许实际锰含量超出表中锰上限0.04%,但总超出量不得大于0.2%。2.残余元素一般不做分析,如需方有要求时,残余元素进行分析。

表2 力学性能

牌号	拉伸性能 (\geq)			根据合同选择	
	上屈服强度 R_{eH}/MPa	抗拉强度 R_m/MPa	断后伸长率 $A/\%$	断面收缩率 $Z/\%$	冲击吸收功 A_{KV2}/J
ZG 200-400H	200	400	25	40	45
ZG 230-450H	230	450	22	35	45
ZG 270-480H	270	480	20	35	40
ZG 300-500H	300	500	20	21	40
ZG 340-550H	340	550	15	21	35

注:当无明显屈服时,测定规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ 。

表3 碳当量

牌号	C/% (≤)
ZG 200-400H	0.38
ZG 230-450H	0.42
ZG 270-480H	0.46
ZG 300-500H	0.48
ZG 340-550H	0.48

碳当量采用国际焊接学会规定的计算公式:

$$CE(\%)=C+\frac{Mn}{6}+\frac{Cr+Mo+V}{5}+\frac{Ni+Cu}{15}$$

式中: C、Mn、Cr、Mo、Ni、V、Cu 分别为各元素的质量分数 (%)。

表4 本标准与国内外标准化学成分的对比

牌号	标准号	C≤	Si≤	Mn≤	P≤	S≤
ZG200-400H	GB/T 7659—2010	0.20	0.50	0.80	0.025	0.025
	GB/T 7659—1987	0.20	0.50	0.80	0.040	0.040
200-400W	ISO 3755—1991	0.25	0.60	1.00	0.035	0.035
GS200	DIN EN 10293—2005	0.18	0.60	1.20	0.030	0.025
ZG230-450H	GB/T 7659—2010	0.20	0.60	1.20	0.025	0.025
	GB/T 7659—1987	0.20	0.50	1.20	0.040	0.040
230-450W	ISO 3755—1991	0.25	0.60	1.00	0.035	0.035
GS240	DIN EN 10293—2005	0.18	0.60	1.20	0.030	0.025
ZG270-480H	GB/T 7659—2010	0.17~0.25	0.60	0.80~1.20	0.025	0.025
ZG275-485H	GB/T 7659—1987	0.25	0.50	1.00	0.035	0.035
270-480W	ISO 3755—1991	0.25	0.60	1.00	0.035	0.035
ZG300-500H	GB/T 7659—2010	0.17~0.25	0.60	1.00~1.60	0.025	0.025
G20Mn5	DIN EN 10293—2005	0.17~0.23	0.60	1.00~1.60	0.020	0.020
ZG340-550H	GB/T 7659—2010	0.17~0.25	0.80	1.00~1.60	0.025	0.025
340-550W	ISO 3755—1991	0.25	0.60	1.50	0.035	0.035

表5 本标准与国内外标准力学性能对比

牌号	标准号	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	断后伸长率/%	冲击吸收功/J
ZG200-400H	GB/T 7659—2010	200	400	25	45
	GB/T 7659—1987	200	400	25	30
200-400W	ISO 3755—1991	200	400~550	25	45
GS200	DIN EN 10293—2005	200	380~530	25	35
ZG230-450H	GB/T 7659—2010	230	450	22	45
	GB/T 7659—1987	230	450	22	25
230-450W	ISO 3755—1991	230	400~600	22	45
GS240	DIN EN 10293—2005	240	450~600	22	31
ZG270-480H	GB/T 7659—2010	270	480	20	40
ZG275-485H	GB/T 7659—1987	275	485	20	22
270-480W	ISO 3755—1991	270	480	20	22
ZG300-500H	GB/T 7659—2010	300	500	20	45
G20Mn5	DIN EN 10293—2005	300	480~620	20	50
ZG340-550H	GB/T 7659—2010	340	550	15	35
340-550W	ISO 3755—1991	340	550~700	15	20

综上所述,结合我国国情,考虑我国标准在牌号设置和力学性能指标方面尽量采用国际标准,本标准采用现行的国际标准是合理和先进的,具有当前世界的先进水平。

3 标准的特点及应用

3.1 标准的特点

3.1.1 采用国际标准和国外先进标准的情况

DIN EN 10293《一般工程用铸钢件》标准是替代了DIN 17182焊接结构用低合金铸钢、DIN 17205—1992一般用途的淬火和回火钢铸件和DIN 10213—1996压力用途的铸钢件交货技术条件3项标准,我们主要是借鉴其中焊接结构钢部分,这个标准也是国内采用较多的标准。本标准化学成分与国内外标准对比见表4,本标准力学性能与国内外标准对比见表5。

3.1.2 国际标准和国外标准现状

DIN EN 10293是2005年修订的,ISO 3755最后修订时间是1991年,DIN EN 10293的P、S含量较ISO 3755严格,现国内多参照DIN EN 10293。

3.2 标准的应用

(1) 按GB/T 13304钢分类, Si含量<0.50%属非合金钢, 0.50%~<0.90%属低合金钢, Mn含量<1.00%属非合金钢, 1.00%~<1.40%属低合金钢, >1.40%属合金钢, 因为本标准提高了Si、Mn含量, 标准名称由《焊接结构用碳素钢铸件》改为《焊接结构用铸钢件》。

(2) 我国优质钢都对P、S含量进行控制, 本标准降低P、S的含量, 控制 $P \leq 0.025\%$, $S \leq 0.025\%$, P、S降低材料的韧性尤其是冲击性能, 本标准提高了冲击功要求, 所以必须控制P、S含量, 随着我国铸造生产技术的提高以及先进生产设备的应用, 使P、S等有害元素的控制成为可能。

(3) 本标准对ZG 270-480H、ZG 300-500H、ZG 340-550H规定了C、Mn的下限值, 如上两元素含量过低必将造成力学性能不合格, 同时由于有焊接性能的要求, 必须合理匹配碳与其他元素的含量。Si能强化铁素体, 提高材料强度, 一直以来, 人们认为Si影响焊接性, 日本作了大量试验, 证明当其含量不大于1.0%时, 对焊接性影响不大, 日本《JIS G5102—1991焊接结构用铸钢件》标准将Si量确定为0.8%, 本次修订考虑人们的普遍认识, 将Si含量上限提高到0.6%, ZG340-550H的Si含量上限提高到0.8%。

(4) 对于焊接性要求不高的铸件, 只要符合标准规定的化学成分, 就可保证焊接性要求, 而对于厚壁、形状复杂的铸件, 在施工条件恶劣时, 采用碳中限, 锰上限, 硅上限的原则, 并控制残余元素含量, 可以保证铸件有良好的焊接性。

当需方没有碳当量要求时, 化学成分可按表6推荐的范围控制, 力学性能可达到标准规定。

表6 无碳当量要求时化学成分的控制范围 质量分数/%

牌号	C	Si≤	Mn	残余元素总和
ZG 200-400H	0.17~0.20	0.20~0.60	0.40~0.80	≤0.80
ZG 230-450H	0.17~0.20	0.20~0.60	0.70~1.00	≤0.80
ZG 270-480H	0.19~0.25	0.20~0.60	1.00~1.20	≤0.80
ZG 300-500H	0.20~0.25	0.30~0.60	1.00~1.40	≤0.80
ZG 340-550H	0.20~0.25	0.50~0.80	1.00~1.40	≤0.80

当需方有碳当量要求时, 化学成分可按表7推荐的范围控制, 力学性能可达到标准规定。

表7 有碳当量要求时化学成分的控制范围 质量分数/%

牌号	C	Si≤	Mn	残余元素总和
ZG 200-400H	0.16~0.17	0.20~0.60	0.50~0.80	≤0.40
ZG 230-450H	0.16~0.18	0.20~0.60	0.80~1.10	≤0.40
ZG 270-480H	0.17~0.20	0.30~0.60	1.00~1.30	≤0.40
ZG 300-500H	0.19~0.22	0.35~0.60	1.20~1.40	≤0.40
ZG 340-550H	0.20~0.23	0.60~0.80	1.20~1.40	≤0.40

(5) 提高了冲击功要求。原标准各牌号室温冲击

吸收功 A_{KV2} 均不超过30 J, 低于国外标准, 本标准降低了P、S含量, 使提高冲击吸收功成为可能。

(6) 原标准的屈服强度在本标准中明确为上屈服强度。此点参照ISO 3755规定。

(7) 明确本标准的力学性能数据是由单铸试块试验得出的。对于壁厚较大铸件, 要考虑由于铸件与试块的差异而造成的性能差异。

(8) 热处理

铸件通过热处理可细化晶粒, 去除应力, 提高铸件的力学性能, 但铸件结构、形式多样, 其热处理方式不能统一规定, 应参照GB/T 16923《钢件的正火与退火》和GB/T 16924《钢件的淬火与回火》标准, 并结合铸件情况进行, 小型、壁厚均匀的铸件可进行淬火+回火处理, 大型铸件和复杂铸件, 不宜淬火, 可进行正火处理, 重要铸件可正火+回火或先退火再正火+回火。一般情况下, 正火推荐900~920℃保温, 然后空冷, 回火推荐600~620℃保温, 然后空冷。

本标准规定当力学性能复验不合格时, 允许对该批铸件和试块重新热处理, 但重新热处理不得超过2次, 因为, 如果经3次热处理, 力学性能仍不合格, 只能说明是钢的冶金质量差, 而此问题不是靠热处理能解决的。

(9) 焊接性

铸件的焊接性除受化学成分的影响外, 还与铸件形状、接头形式, 焊接材料、焊接工艺、环境情况等有关, 在焊接时要根据具体情况。制定合理的焊接工艺规程。根据化学成分和铸件壁厚不同, 推荐的焊接预热温度和层间温度见表8。

表8 焊接预热温度和层间温度

碳含量/%	残余元素含量/%	铸件壁厚/mm	预热温度/℃	层间温度/℃
≤0.20	≤0.50	≤25	室温	≤350
		>25~50	室温	≤350
		>50~100	20~150	≤350
0.21~0.25	≤0.50	≤25	室温	≤350
		>25~50	20~150	≤350
		>50~100	20~150	≤350

(10) 铸钢件允许补焊, 本标准参照ISO 4990对补焊作了具体的规定, 对于重大焊补的界定, 本标准定义了为焊补制备的凹坑的深度范围, 但没有定义面积, 这是出于对铸件大小不同, 表面积不同的考虑。当对铸件有无损检测要求时, 本标准提出了应执行的标准, 铸件无损检测有超声、射线照相、磁粉、渗透检测, 具体采用哪种检测方法及质量等级, 由供需双方在合同或图纸中规定。

(编辑: 王玉杰, wyl@foundryworld.com)