

# 国家标准《铸造铝合金》解读

冯志军, 占 亮, 李宇飞

(沈阳铸造研究所, 辽宁沈阳 110022)

## 1 标准概况

### 1.1 标准历次版本变化情况

铸造铝合金具有良好的比强度和铸造性能, 被广泛地应用于航空、航天、兵器、造船、汽车、轨道交通、仪表、化工及电器等工业领域。

我国在1986年首次制定GB/T 1173—1986《铸造铝合金》, 并于1995年进行了第1次修订, 标准发布将近20年。随着科技水平和铸造铝合金熔炼水平的提高, 现有的《铸造铝合金》标准在某些方面已无法满足现实需要, 为此全国铸造标准化技术委员会将GB/T 1173—1995《铸造铝合金》列入修订计划项目, 经国标委批准后列入2010年计划项目, 修订计划项目编号为: 20101523-T-469。

### 1.2 标准修订过程

全国铸造标准化技术委员会委托沈阳铸造研究所、安徽华菱西厨装备股份有限公司、天津立中合金集团有限公司等9家单位共同修订《铸造铝合金》国家标准。

2012年8月铸造标委会在沈阳组织召开了《铸造铝合金》标准起草工作会议, 会议上确定将国际标准ISO 3522: 2007和先进的铝合金相关标准作为此标准修订的参照。2012年10月在广泛征求全国铸造标准化技术委员会铸造有色合金分技术委员会委员以及同行业专家意见的基础上, 完成了《铸造铝合金》标准送审稿的编制工作。2012年12月在天津召开了标准审查会,

对送审稿进行了审查和修改, 最后完成了标准的报批稿。

## 2 标准的主要内容

本标准是铝合金铸件(不含压铸件)用的铸造铝合金国家标准, 与GB/T 9438《铝合金铸件》配套使用。

### 2.1 规范性引用文件

按照GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分: 标准的结构和编写》的要求, 本标准将原标准的“引用标准”改为“规范性引用文件”。本标准中列出了8个规范性引用文件的编号和名称, 主要是关于铸造铝合金的相关规定、试验方法和数字修约规则, 相比原标准增加引用了GB/T 5678《铸造合金光谱分析取样方法》、GB/T 7999《铝及铝合金光电直读发射光谱分析方法》和GB/T 8170《数字修约规则》规范性引用文件; 规范性引用文件均为国家标准。使用者可据此查阅原文以加深了解和应用本标准。

### 2.2 技术要求

参照ISO 3522: 2007、美国、日本、法国标准及HB 962标准, 结合国内生产的实际情况, 本标准修改了部分技术要求。

#### 2.2.1 化学成分

(1) 本标准中增加了耐热高强ZAlSi7Cu2Mg合金, 标准中规定化学成分和杂质元素允许的含量见表1。

(2) ZL114A是国内广泛应用的一种高强度铸造铝

表1 ZAlSi7Cu2Mg合金的化学成分和杂质含量

合金	Si	Cu	Mg	Mn	Ti	Fe	Al
ZAlSi7Cu2Mg	6.0~8.0	1.3~1.8	0.2~0.5	0.10~0.30	0.10~0.25	≤0.3	余量

合金, 原标准规定Mg的质量分数为0.45%~0.60%, ISO 3522《铝及铝合金铸件的化学成分和力学性能》中AlSi7Mg规定Mg的质量分数0.45%~0.70%, HB 962《铸造铝合金》标准中ZL114A规定Mg的质量分数为0.45%~0.75%, 综上, 本标准把Mg的质量分数修改为0.45%~0.75%; 原标准规定ZL114A中Be的质量分数为0.04%~0.07%, 在保证合金力学性能前提下可以不加Be, HB 962中规定ZL114A的化学成分不含有Be。Be是有毒元素, 不应提倡使用该元素。为此, 本标准规定Be的质量分数为0~0.07%。

(3) 原标准铸造铝合金杂质允许含量表中规定杂质Sn (wt%)≤0.01%。查阅美国ASTM B26《铝合金砂型铸件》、ASTM B108《铝合金永久型铸件》、日本JIS H5202《铝合金铸件》和ISO 3522《铝及铝合金铸件的化学成分和力学性能》, 这些标准中规定杂质Sn的质量分数为≤0.05%。另外, 国内合金锭中杂质Sn的含量也难于控制在0~0.01%的范围内, 鉴于上述原因, 标准中规定杂质Sn的质量分数≤0.05%。

(4) 原标准中仅规定铸造铝合金化学成分和杂质的允许含量, 未明确规定铸造铝合金化学成分检验的

要求，参照国际标准ISO 3522：2007合金化学成分检验的要求，本标准规定铸造铝合金中的主要元素和主要杂质元素（由需方确定）为必检元素，其余杂质元素仅在需方要求时才进行分析。

（5）考虑到国内很多铸造企业熔炼铝合金用锶变质，本标准规定铝硅系需要变质的合金用钠或锶（含钠盐和铝锶中间合金）进行变质处理，在不降低合金使用性能的前提下，允许采用其他变质剂或变质方法进行变质处理。

（6）Pb对人体危害大，国外对与食品接触的铝合金制品中Pb的含量控制严格，法国NF A57-105标准规定与食品接触的铝合金制品中Pb的含量≤0.05%。参考该标准，本标准将原标准规定与食品接触的铝合金制品中Pb含量由≤0.15%改为≤0.05%。

2.2.2 力学性能

（1）原标准规定“铸造铝合金用单铸试样检验力学性能”，考虑到本标准与GB/T 9438《铝合金铸件》配套使用，本标准中规定铸造铝合金用单铸或附铸试样检验力学性能，亦可用同炉铸件上切取的本体试样检验。附铸试样和铸件本体试样验收指标按GB/T 9438规定执行。

（2）参考国内企业生产试验ZAlSi7Cu2Mg合金经T6处理后的力学性能数据和QJ 1700A—2004标准中ZAlSi7Cu2Mg的T6力学性能，标准确定ZAlSi7Cu2Mg合金不同铸造方法T6处理后力学性能，见表2。

表2 ZAlSi7Cu2Mg合金不同铸造方法T6处理后的力学性能

合金牌号	铸造方法	合金状态	力学性能 ≥		
			抗拉强度	伸长率	布氏硬度
			$R_m$ /MPa	$A$ /%	HBW
ZAlSi7Cu2Mg	SB、RB	T6	290	1.0	90
	JB	T6	305	2.5	105

2.2.3 热处理工艺

参照HB 962标准，增加了合金热处理工艺，为了突出客户需求的特点，标准规定合金的热处理工艺由供需双方商定。推荐的热处理工艺见标准中附录A。

2.3 试验方法

参照ISO 3522：2007，化学成分的试验方法有以下改动。

国际标准ISO 3522：2007中规定允许用发射光谱测定合金化学成分。光谱测定化学成分具有快速、方便及高效等特点，且光谱测定合金化学成分的技术成熟。为此本标准规定合金化学成分的检验方法按GB/T 20975（所有部分）或GB/T 7999《铝及铝合金光电直读发射光谱分析方法》的规定执行。在保证分析精度的条件下，允许使用其他检测方法。

2.4 检验规则

2.4.1 组批

参照HB 962标准，本标准中增加了组批，规定同一熔炼炉次和同一热处理状态作为一个检验批次。

2.4.2 取样方法

（1）标准中规定一个熔炼炉次合金，在浇注前或全部铸件浇注的持续时间之半时浇注化学成分试样。这是由于对于浇注少量铸件时，合金浇注开始前浇注化学成分分析试样并进行测定，待化学成分合格后再进行浇注；由于浇注时间较短，合金化学成分变化不大，测定结果可以代表铸件的化学成分。对于长时间批量浇注铸件时，合金中易烧损的元素含量降低，所以规定全部铸件浇注的持续时间之半时浇注化学成分试样。本标准规定合金化学成分光谱试样及取样方法按GB/T 5678规定执行，也可从铸件取样分析。

（2）标准将原标准中“当浇注持续时间超过8 h，在第二个8 h之半时浇注化学成分试样进行分析，以此类推”改成“当浇注持续时间超过4 h，在第二个4 h之半时浇注化学成分试样进行分析，以此类推”。这是由于一个熔炼批次长时间浇注，有些合金元素会烧损，影响合金的化学成分含量。参考GB/T 23301—2009《汽车车轮用铸造铝合金》中规定“超过4 h，在第二个4 h之半时浇注化学成分试样”，汽车用铝合金铸件一般是长时间批量浇注的，为此标准中将8 h改成4 h。

（3）标准中规定一个熔炼炉次合金，在浇注前或全部铸件浇注的持续时间之半时浇注力学性能试样。当浇注持续时间超过4 h时，在第二个4 h之半时浇注力学性能试样送检，以此类推。把原标准中的8 h改成4 h，是由于长时间熔炼会烧损某些元素，影响合金力学性能，借鉴化学试样是在超过4 h时需再取样，所以标准中将8 h改成4 h。

（4）当用砂型单铸试棒进行拉伸试验时，为了保证测试力学的砂型试样与铸件在同一条件下成形，标准规定砂型单铸试样应在没有人工激冷的砂型中浇注成形，且使用的型砂与铸件使用的型砂相同；熔模铸造试样应完全在陶瓷型中铸成，无需人工冷却。

（5）实际生产中按照标准的金属型模具浇注结晶温度范围宽的铝合金（如ZL205A）单铸试样质量不稳定，为此本标准规定对于结晶温度范围宽的铝合金（如Al-Cu合金）可经供需双方商定选用其他的金属模具。

（6）由于ZL205A合金浇注的单铸试棒模具可以经供需双方商定，标准中规定ZL205A合金验收以加工试样性能为准。

2.4.3 判定及复验

（1）本标准将原标准中“首次送检一根试样”改成首次送检三根试样。参照HB 963标准规定每一熔炼

炉次、热处理炉次取三根单铸或附铸试样测定抗拉强度和伸长率，若有两根或以上试样的力学性能符合力学性能表的规定，则判定该炉次合金力学性能合格；国外标准规定送检的试棒必须检验全部合格。为了保证力学检验的稳定性，标准把送检一根改成送检三根，若有两根或以上试样的力学性能符合力学性能表的规定，则判定该炉次合金力学性能合格。

(2) 原标准规定“每炉合金不论其浇注任何铸型铸件，都允许用砂型单铸试样检验合金的力学性能”。HB 962标准规定“各种铸造方法均允许用砂型或金属型试样测定力学性能，并按砂型或金属型试样的相应指标验收”。金属型单铸试样能反应出合金的力学性能，本标准规定“各种铸造方法均允许用砂型或金属型试样测定力学性能，并按砂型或金属型试样的相应指标验收”。

(3) 本标准规定硬度不合格可重复热处理，但总热处理次数不得多于3次，热处理后的合金，除检验硬度外，还需检验合金的抗拉强度和伸长率。这是由于合金经重复热处理后，合金的内部组织发生变化，影响合金的力学性能。所以标准中规定由于硬度不合格重复的热处理，需检验合金的抗拉强度和伸长率。

(4) 原标准中规定“当肉眼发现单铸试样存在铸造缺陷时，不计检验次数”，但拉伸试棒中存在肉眼不可见的铸造缺陷而影响力学拉伸结果，参照ISO 3522:2007，本标准规定当拉伸试样存在铸造缺陷或由于试验本身故障造成检验结果不合格的，不计入检验次数，需要更换试样重新送检。

(5) 考虑到实际生产检验中出现合金化学成分和力学性能数值遇界限值的情况，标准中规定允许对检验值的有效位数进行修约，修约规则按GB/T 8170执行。

## 2.5 附录

本标准中热处理工艺包括淬火温度及时间、淬火冷却介质、淬火冷却介质的温度、时效温度及时间和时效冷却介质。热处理工艺中的任何一个工艺因素都影响合金的力学性能。而原标准未涉及到热处理工艺中的淬火冷却介质、淬火冷却介质的温度和时效冷却介质。参照HB 962《铸造铝合金》的热处理工艺，在资料性附录A中增加了合金的淬火冷却介质及温度。

## 3 标准的特点

本标准在修订过程中参照了ASTM B26《铝合金砂型铸件》、ASTM B108《铝合金永久型铸件》、NF A57-105《烹调 and 食品容器用纯铝及铝合金铸件》、JIS H5202《铝合金铸件》、ISO 3522《铝及铝合金铸件的化学成分和力学性能》及国内相关标准，在内容上参照了各国标准的优点，同时又结合了我国的铸造铝合金生产的实际情况，本标准与国际先进标准处于同一水平。

本标准中化学成分、力学性能和热处理的技术要求强调由供需双方商定，突出客户要求的原则，尽可能满足客户的需求，体现标准的适用性。

## 4 标准的应用

### 4.1 适用的范围

本标准作为推荐性标准，与GB/T 9438《铝合金铸件》配套使用，便于生产厂家根据各自产品特点选择铸造铝合金。

### 4.2 牌号的选用

(1) Al-Si类合金：此类合金大多数牌号的结晶温度范围很小，它具有良好的力学性能和铸造性能，适用于各种铸造方法，是铸造铝合金中品种最多，用途最广的一类合金。

(2) Al-Cu类合金：此类合金的力学性能很高，耐热性好，故称耐热或高强度铝合金。它的铸造性能及耐蚀性较差。一般多用砂型铸造，复杂件不宜用金属型铸造，其应用仅次于Al-Si类合金，主要用作承受大载荷的结构件和耐热件。

(3) Al-Mg类合金：此类合金力学性能高。在大气、海水、碱性溶液介质中具有良好的耐蚀性。但长期使用后会出现脆性，并有晶间腐蚀倾向，熔炼、铸造工艺复杂，故应用不广。多用于船潜及某些耐蚀性铸件。

(4) Al-Zn类合金：此类合金在铸造冷却条件下有自动固溶效应，并能自然时效硬化，故可不经热处理而获得较好的强度。这类合金的缺点是耐蚀性能差，密度大，铸造时容易产生热裂，主要用于仪表壳体类零件。

(编辑：王玉杰，wyj@foundryworld.com)