


理化检验人员培训系列教材



金属材料化学分析

机械工业理化检验人员技术培训和资格鉴定委员会 编
中国机械工程学会理化检验分会

 科学普及出版社
POPULAR SCIENCE PRESS

理化检验人员培训系列教材

金属材料化学分析

机械工业理化检验人员技术培训和资格鉴定委员会 编
中国机械工程学会理化检验分会

分册主编 王承恩(上海) 科学普及出版社

王承恩(上海) · 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

金属材料化学分析/机械工业理化检验人员技术培训和资格鉴定委员会,中国机械工程学
会理化检验分会编. —北京:科学普及出版社,2015.6

ISBN 978-7-110-08950-7

I. ①金… II. ①机…②中… III. ①金属材料-化学分析-技术培训-教材 IV. ①
TG115.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 122805 号

内 容 提 要

本书为理化检验人员技术培训系列教材之一。书中以现行国家标准和行业广泛认同的可靠方法为基础,对金属材料化学分析基础知识,化学分析基本方法等做了详尽的阐述,并通过实例分析,使之理论知识与操作技能并重。

全书共分六章:化学分析基础知识;化学分析基本方法;金属元素的分析;非金属元素的分析;原子光谱分析方法简介和标准及分析数据处理。

本书主要供机械工业一二级理化检验人员《金属材料化学分析》课程资格培训之用,也可作为三级化学分析人员的参考书,同时也可供冶金、有色、航空、航天、兵器等行业从事金属材料分析的人员参考。

责任编辑 鲍黎钧
责任校对 王勤杰
责任印制 张建农

出 版 科学普及出版社
发 行 科学普及出版社发行部
地 址 北京市海淀区中关村南大街 16 号
邮 编 100081
发行电话 010-62103123 62173865
传 真 010-62173081
网 址 <http://www.cspbooks.com.cn>
印 刷 北京长宁印刷有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 24.75
字 数 630 千字
版 次 2015 年 6 月第 1 版
印 次 2015 年 6 月第 1 次印刷
定 价 65.00 元
书 号 ISBN 978-7-110-08950-7/TG.30

(凡购买本社图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换)

编辑委员会名单

主 任	杨学桐				
副主任	鄢国强	李建林	阎育镇		
委 员	朱 敏	陈文哲	陶美娟	王 滨	马冲先
	蔡宏伟	张宏鹤	巴发海	杨 力	奚建法
	王承忠	王淑华	申卫东	林介东	王维发
	胡晓燕	林江海	高尚书	杨浩义	史秀春

编审人员名单

总主编	陶美娟(上海材料研究所教授级高级工程师)
总主审	鄢国强(上海材料研究所教授级高级工程师)

《金属材料力学性能试验》

分册主编	王 滨(上海材料研究所教授级高级工程师)
编 写	凌 霄(上海材料研究所教授级高级工程师)
	奚建法(上海材料研究所工程师)
	丁富连(宝山钢铁股份有限公司研究院高级工程师)
	陈远远(上海材料研究所教授级高级工程师)
	凌树森(上海材料研究所教授级高级工程师)
	高怡斐(钢铁研究总院教授级高级工程师)
	徐关根(上海紧固件和焊接材料技术研究所高级工程师)
	王承忠(上海钢铁研究所教授级高级工程师)
分册主审	凌树森(上海材料研究所教授级高级工程师)
	王承忠(上海钢铁研究所教授级高级工程师)

《金属材料金相检验》

- 分册主编 蔡宏伟(上海材料研究所高级工程师)
- 编 写 巴发海(上海材料研究所教授级高级工程师)
- 陆 慧(上海材料研究所高级工程师)
- 王 荣(上海材料研究所教授级高级工程师)
- 杨 力(上海材料研究所教授级高级工程师)
- 强明道(上海材料研究所高级工程师)
- 李 晋(上海材料研究所教授级高级工程师)
- 王春亮(上海材料研究所高级工程师)
- 龚应时(上海材料研究所高级工程师)
- 分册主审 唐汝均(上海材料研究所教授级高级工程师)

《金属材料化学分析》

- 分册主编 马冲先(上海材料研究所教授级高级工程师)
- 编 写 戴亚明(上海材料研究所高级工程师)
- 李莎莎(上海材料研究所高级工程师)
- 陶美娟(上海材料研究所教授级高级工程师)
- 葛 皓(杭州杭氧股份有限公司高级工程师)
- 胡晓燕(钢铁研究总院教授级高级工程师)
- 张宏鹤(上海材料研究所高级工程师)
- 梅 坛(上海材料研究所工程师)
- 分册主审 吴 诚(上海材料研究所教授级高级工程师)

前 言

《理化检验人员培训系列教材》经编委会和编审人员的努力,经过多位专家、作者的辛勤工作,现和广大理化检验人员见面了。

理化检验工作是一项理论性和实践性都很强的工作,对于提高机械工业产品的内在质量和企业竞争力,对于开拓市场和提高用户满意度都是十分重要的。而切实提高机械工业理化检验人员的理论水平、业务素质及实际操作能力是当前机械工业理化检验工作的重要环节和基础工作。

机械工业理化检验工作有着非常良好的专业基础和规范性的科学程序,曾为机械工业的发展做出了重要的贡献。近年来,随着机械工业的发展和信息技术在机械工业的广泛应用,新技术、新材料、新仪器、新理论都不断对机械工业理化检验工作提出了新要求。总体来看,理化检验工作近年来虽已有长足的进步,但由于对该项工作在企业发展、产品开发、技术创新等方面重要性的认识、认知、认可程度不一样等原因,机械工业理化检验工作还没有像其他科技工作一样得到更大的发展,理化检验人员也没有得到更多的重视和培养,这种局面必须得到改善。

这套教材就是为了在加强机械工业理化检验人员培训过程中,根据现行标准和技术要求精心编写的,作者皆为长期从事该项工作的专家,因此,这套教材具有先进性、实用性、科学性和权威性。

机械工业理化检验工作得到国家质量监督检验检疫总局有关司局领导一贯的支持和帮助,得到上海材料研究所等单位的支持和协助,对此,一并表示感谢。

杨学桐

2014年2月

目 录

第一章 化学分析基础知识	(1)
第一节 金属材料常用牌号的基础知识	(1)
第二节 试样采取、制备与分解	(8)
第三节 分析天平	(18)
第四节 酸度计	(23)
第五节 实验器皿	(25)
第六节 试剂、分析用水及溶液浓度	(33)
第七节 化验室安全知识	(37)
第二章 化学分析基本方法	(40)
第一节 重量分析法	(40)
第二节 滴定分析法	(47)
第三节 分光光度法	(80)
第三章 金属元素的分析	(103)
第一节 铝的测定	(103)
第二节 铁的测定	(110)
第三节 镁的测定	(117)
第四节 锡的测定	(123)
第五节 铜的测定	(131)
第六节 铅的测定	(139)
第七节 锌的测定	(146)
第八节 锰的测定	(153)
第九节 镍的测定	(160)
第十节 钛的测定	(167)
第十一节 铬的测定	(174)
第十二节 钒的测定	(182)
第十三节 钴的测定	(189)
第十四节 钼的测定	(196)
第十五节 钨的测定	(205)
第十六节 铌的测定	(214)
第十七节 稀土的测定	(220)

第四章 非金属元素的分析	(232)
第一节 碳的测定	(232)
第二节 硫的测定	(244)
第三节 氮、氧、氢的测定	(249)
第四节 硅的测定	(258)
第五节 磷的测定	(267)
第六节 硼的测定	(276)
第五章 原子光谱分析方法简介	(284)
第一节 光电直读光谱法	(284)
第二节 原子吸收光谱法	(297)
第三节 电感耦合等离子体原子发射光谱	(313)
第四节 原子荧光光谱法	(325)
第六章 标准及分析数据处理	(340)
第一节 标准与标准化	(340)
第二节 标准物质和标准样品	(344)
第三节 偏差、误差、精密度及准确度	(356)
第四节 分析结果的数据处理	(363)
第五节 分析结果与测量不确定度	(369)
参考文献	(384)

第一章 化学分析基础知识

第一节 金属材料常用牌号的基础知识

化学分析的对象之一是金属材料。因此,了解金属材料常用牌号的基础知识很有必要。金属材料可分为黑色金属和有色金属两大类。黑色金属主要指钢和铁,约占金属材料总量的95%;钢铁以外的金属材料称为有色金属材料或非铁金属材料,约占金属材料总量的5%,处于互补地位。有色金属常见的有铝、铜、锌、铅、锡、镁、钛等。机械制造的主体用材大部分是钢和铁,以钢材、锻钢、铸钢、铸铁、球墨铸铁、可锻铸铁等不同材质形式出现,其中以碳素钢和灰铸铁为主。有色金属材料则以纯金属及它们的合金形式出现,其用途以制作辅件和零部件居多。熟悉金属材料常用牌号的知识,有助于了解机械制造工业和国民经济其他领域中材料选择和应用的概况。

一、常用钢及合金牌号

GB/T221—2008《钢铁产品牌号表示方法》是参照国外钢铁产品牌号表示方法和国内钢铁产品牌号表示方法变化等情况(如Q345代替16Mn)经修订后,于2008年8月5日发布,并于2009年4月1日实施的。钢铁产品名称、用途、特性和工艺方法的表示符号见表1-1。

(一) 生铁牌号表示方法

生铁牌号采用阿拉伯数字以及表1-1中规定的符号表示。

(1) 阿拉伯数字表示平均硅含量(以千分之几计)。如硅含量为2.75%~3.25%的铸造用生铁,其牌号表示为“Z30”;硅含量为0.85%~1.25%的炼钢用生铁,其牌号表示为“L10”。

(2) 含钒生铁和脱碳低磷粒铁,阿拉伯数字分别表示钒和碳的平均含量(均以千分之几计)。如钒含量 $>0.40\%$ 的含钒生铁,其牌号表示为“F04”;碳含量为1.20%~1.60%的炼钢用脱碳低磷粒铁,其牌号表示为“TL14”。

(二) 碳素结构钢和低合金高强度结构钢牌号表示方法

这类钢分为通用钢和专用钢两大类。

(1) 通用结构钢采用代表屈服点的拼音字母“Q”。屈服点数值(单位为MPa)和表1-1中规定的质量等级、脱氧方法等符号,按顺序组成牌号。如碳素结构钢牌号表示为:Q235AF, Q235BZ;低合金高强度结构钢牌号表示为:Q345C, Q345D。

碳素结构钢的牌号组成中,镇静钢符号“Z”和特殊镇静钢符号“TZ”可以省略,如质量等级分别为C级和D级的Q235钢,其牌号表示应为Q235CZ和Q235DTZ,但可以省略为Q235C和Q235D。

低合金高强度结构钢有镇静钢和特殊镇静钢,但牌号尾部不附表示脱氧方法的符号。

(2) 专用结构钢一般采用代表屈服点的符号“Q”、屈服点数值和表1-1中规定的代

表产品用途的符号等表示,如压力容器用钢牌号表示为“Q345R”;耐候钢其牌号表示为Q340NH。

(3) 根据需要,通用低合金高强度结构钢的牌号也可以采用两位阿拉伯数字(以万分之几计的平均碳含量)和标准的元素符号组成;专用低合金高强度结构钢的牌号,除一般组成外,尚应附表1-1中规定代表产品用途的符号。

表 1-1 产品名称、用途、特性和工艺方法表示符号

名 称	采用的汉字及汉语拼音		采用符号 字体位置	采用符号 字体位置	采用符号 字体位置	
	汉字汉语	汉语拼音				
炼钢用生铁	炼	LIAN	L	大写	牌号头	
铸造用生铁	铸	ZHU	Z	大写	牌号头	
球墨铸铁用生铁	球	QIU	Q	大写	牌号头	
脱碳低磷粒铁	脱炼	TUO LIAN	TL	大写	牌号头	
含钒生铁	钒	FAN	F	大写	牌号头	
耐磨生铁	耐磨	NAI MO	NM	大写	牌号头	
碳素结构钢	屈	QU	Q	大写	牌号头	
低合金高强度钢	屈	QU	Q	大写	牌号头	
耐候钢	耐候	NAI HOU	NH	大写	牌号尾	
保证淬透性钢			H	大写	牌号尾	
易切削非调质钢	易非	YI FEI	Y F	大写	牌号头	
热锻用非调质钢	非	FEI	F	大写	牌号头	
易切削钢	易	YI	Y	大写	牌号头	
电工用热轧硅钢	电热	DIAN RE	DR	大写	牌号头	
电工用冷轧无取向硅钢	无	WU	W	大写	牌号头	
电工用冷轧取向硅钢	取	QU	Q	大写	牌号头	
电工用冷轧取向高磁感硅钢	取高	QU GAO	QG	大写	牌号头	
(电信用)取向高磁感硅钢	电高	DIAN GAO	DG	大写	牌号头	
电磁纯铁	电铁	DIAN TIE	DT	大写	牌号头	
碳素工具钢	碳	TAN	T	大写	牌号头	
塑料模具钢	塑模	SU MO	SM	大写	牌号头	
(滚珠)轴承钢	滚	GUN	G	大写	牌号头	
焊接用钢	焊	HAN	H	大写	牌号头	
脱 氧 等 级	沸腾钢	沸	FU	F	大写	牌号尾
	半镇静钢	半	BAN	b	小写	牌号尾
	镇静钢	镇	ZHEN	Z	大写	牌号尾
	特殊镇静钢	特镇	TE ZHEN	T	大写	牌号尾
质量等级			A	大写	牌号尾	
			B	大写	牌号尾	
			C	大写	牌号尾	
			D	大写	牌号尾	
			E	大写	牌号尾	

(三) 优质碳素结构钢和优质碳素弹簧钢牌号表示方法

优质碳素结构钢采用两位阿拉伯数字(以万分之几计表示的平均碳含量)或阿拉伯数字和元素符号、表 1-1 中规定的符号组合成牌号。

(1) 沸腾钢和半镇静钢,在牌号尾部分别加符号“F”和“b”。如平均碳含量为 0.08% 的沸腾钢,其牌号表示为“08F”;平均碳含量为 0.10% 的半镇静钢,其牌号表示为“10b”。

(2) 镇静钢(S,P 分别 $\leq 0.035\%$)一般不标符号。如平均碳含量为 0.45% 的镇静钢,其牌号表示为“45”。

(3) 较高锰含量的优质碳素结构钢,在表示平均碳含量的阿拉伯数字后加锰元素符号。如平均碳含量为 0.50%,锰含量为 0.70%~1.00% 的钢,其牌号表示为“50Mn”。

(4) 高级优质碳素结构钢(S,P 分别 $\leq 0.030\%$),在牌号后加符号“A”。如平均碳含量为 0.45% 的高级优质碳素结构钢,其牌号表示为“45A”。

(5) 特级优质碳素结构钢(S $\leq 0.020\%$,P $\leq 0.025\%$),在牌号后加符号“E”。如平均碳含量为 0.45% 的特级优质碳素结构钢,其牌号表示为“45E”。

(四) 合金结构钢和合金弹簧钢牌号表示方法

1. 合金结构钢

采用阿拉伯数字和标准的化学元素符号表示。用两位阿拉伯数字表示平均碳含量(以万分之几计),放在牌号头部。合金元素含量表示方法为:平均含量 $< 1.50\%$ 时,牌号中仅标明元素,一般不标明含量;平均合金含量为 1.50%~2.49%,2.50%~3.49%,3.50%~4.49%,4.50%~5.49%时,在合金元素后相应写成 2,3,4,5。如碳、铬、锰、硅的平均含量分别为 0.30%,0.95%,0.85%,1.05% 的合金结构钢,当 S,P 含量分别 $\leq 0.035\%$ 时,其牌号表示为 30CrMnSi。高级优质合金结构钢(S,P 含量分别 $\leq 0.025\%$),在牌号尾部加符号“A”表示。如 30CrMnSiA。特级优质合金结构钢(S $\leq 0.015\%$,P $\leq 0.025\%$),在牌号尾部加符号“E”,如“30CrMnSiE”。专用合金结构钢牌号尚应在牌号头部(或尾部)加表 1-1 中规定代表产品用途的符号。如果两个或多个元素的含量相等时,相应符号位置按英文字母的顺序排列。

2. 合金弹簧钢

牌号的表示方法与合金结构钢相同。如碳、硅、锰的平均含量分别为 0.60%,1.75%,0.75% 的弹簧钢,其牌号表示为 60Si2Mn。高级优质弹簧钢,在牌号尾部加符号“A”,其牌号表示为 60Si2MnA。

(五) 易切削钢牌号表示方法

易切削钢采用标准化学元素符号、阿拉伯数字以及表 1-1 规定的符号表示。阿拉伯数字表示平均碳含量(以万分之几计)。

(1) 加硫易切削钢和加硫、磷易切削钢,在符号“Y”和阿拉伯数字后不加易切削元素符号。如平均碳含量为 0.15% 的易切削钢,其牌号表示为“Y15”。

(2) 较高锰含量的加硫或加硫、磷易切削钢在符号“Y”和阿拉伯数字后加锰元素符号。如碳含量为 0.40%~0.48%、锰含量为 1.35%~1.65%、硫含量为 0.16%~0.24% 的易切削钢,其牌号表示为“Y45Mn”;碳含量为 0.40%~0.48%、锰含量为 1.35%~1.65%、硫含量为 0.24%~0.32% 的易切削钢,其牌号表示为“Y45MnS”。

(3) 含钙 0.002%~0.006%、铅 0.15%~0.35% 等易切削元素的易切削钢,在符号“Y”和阿拉伯数字后加易切削元素符号。如“Y45Ca”,“Y15Pb”。

(六) 非调质机械结构钢牌号表示方法

非调质机械结构钢,在牌号头部分别加符号“YF”和“F”表示易切削非调质机械结构钢和热锻用非调质机械结构钢,牌号表示方法的其他内容与合金结构钢相同。如“YF35V”,“F45V”。

(七) 工具钢牌号表示方法

工具钢分为碳素工具钢、合金工具钢和高速工具钢三类。

1. 碳素工具钢

碳素工具钢采用标准化学元素符号、和阿拉伯数字以及表 1-1 规定的符号表示。阿拉伯数字表示平均碳含量(以千分之几计)。

(1) 普通锰含量碳素工具钢,在工具钢符号“T”后为阿拉伯数字。如平均碳含量为 0.80% 的碳素工具钢,其牌号表示为“T8”。

(2) 较高锰含量的碳素工具钢,在工具钢符号“T”和阿拉伯数字后加锰元素符号。例如,“T8Mn”。

(3) 高级优质碳素工具钢,在牌号尾部加“A”。如“T8MnA”。

2. 合金工具钢和高速工具钢

合金工具钢、高速工具钢牌号表示方法与合金结构钢牌号表示方法相同。采用标准规定的合金元素符号和阿拉伯数字表示,但一般不标明平均碳含量数字,如平均碳含量为 1.60%,铬、钼、钒含量分别为 11.75%, 0.50%, 0.22% 的合金工具钢,其牌号表示为“Cr12MoV”;平均碳含量为 0.85%,钨、钼、铬、钒含量分别为 6.00%, 5.00%, 4.00%, 2.00% 的高速工具钢,其牌号表示为“W6Mo5Cr4V2”。

若平均碳含量 $< 1.00\%$ 时,可采用一位阿拉伯数字表示碳含量(以千分之几计)。例如,平均碳含量为 0.80%,锰含量为 0.95%,硅含量为 0.45% 的合金工具钢,其牌号表示为“8MnSi”。

低铬(平均铬含量 $< 1.00\%$)合金工具钢,在铬含量(以千分之几计)前加数字“0”。如平均铬含量为 0.60% 的合金工具钢,其牌号表示为“Cr06”。

(八) 轴承钢牌号表示方法

轴承钢分为高碳铬轴承钢、渗碳轴承钢、高碳铬不锈轴承钢和高温轴承钢等四大类。

1. 高碳铬轴承钢

在牌号头部加符号“G”,但不标明碳含量。铬含量以千分之几计,其他合金元素按合金结构钢的合金含量表示。如平均铬含量为 1.50% 的轴承钢,其牌号表示为“GCr15”。

2. 渗碳轴承钢

采用合金结构钢的牌号表示方法,另在牌号头部加符号“G”。例如,“G20CrNiMo”。高级优质渗碳轴承钢,在牌号尾部加“A”。例如,“G20CrNiMoA”。

3. 高碳铬不锈轴承钢和高温轴承钢

牌号头部也加符号“G”。例如,高碳铬不锈轴承钢“G9Cr18”和高温轴承钢“G10Cr14Mo”。

(九) 不锈钢和耐热钢的牌号表示方法

本次修订对不锈钢和耐热钢牌号表示方法做了较大地修改。只规定碳含量上限者,当碳含量上限 $< 0.10\%$ 时,以其上限的 $3/4$ 表示碳含量;当碳含量上限 $> 0.10\%$ 时,以其上限的 $4/5$ 表示碳含量。例如,碳含量上限为 0.08%,碳含量以 06 表示;碳含量上限为 0.20%,碳含

量以 16 表示;限为 0.15%,碳含量以 12 表示。对超低碳不锈钢(即碳含量 $<0.030\%$),用三位阿拉伯数字表示碳含量最佳控制值(以 10 万分之几计)。例如,碳含量上限为 0.030% 时,其牌号中的碳含量以 022 表示;碳含量上限为 0.020% 时,其牌号中的碳含量以 015 表示。规定上、下限者,以平均碳含量 $\times 100$ 表示。例如,碳含量为 0.16% ~ 0.25% 时,其牌号中的碳含量以 20 表示。

合金元素含量表示方法同合金结构钢。但在表示钢中有意加入的铌、钛、锆、氮等合金元素,含量虽低,也应在牌号中标出。例如,碳含量 $<0.08\%$,铬含量为 18.00% ~ 20.00%,镍含量为 8.00% ~ 10.00% 的不锈钢,牌号为 06Cr19Ni10。碳含量 $<0.03\%$,铬含量为 14.00% ~ 16.00%,锰含量为 14.00% ~ 16.00%,镍含量为 1.50% ~ 3.00%,氮含量为 0.15% ~ 0.30% 不锈钢,其牌号表示为 20Cr15Mn15Ni2N。碳含量 $<0.25\%$,铬含量为 24.00% ~ 26.00%,镍含量为 19.00% ~ 22.00% 的耐热钢,牌号为 20Cr25Ni20。

(十) 焊接用钢牌号表示方法

焊接用钢包括焊接用碳素钢、焊接用合金钢和焊接用不锈钢等,其牌号表示方法是在各类焊接用钢牌号头部加符号“H”。例如,“H08”,“H08Mn2Si”,“H1Cr18Ni9”。高级优质焊接用钢,在牌号尾部加符号“A”。例如,“H08A”,“H08 CrMoA”。

二、常用有色金属材料牌号

有色金属分类及牌号表示方法如下。

(一) 有色金属材料的分类

按密度和自然界中的储藏量可分为有色轻金属、有色重金属、贵金属、半金属和稀有金属五类。按生产方法和用途,可分为有色冶炼产品、有色加工产品(变形合金)、铸造有色金属、轴承合金、硬质合金、中间合金、印刷合金、焊料、中间合金、金属粉末以及特殊合金等;按化学成分又可分为铝和铝合金、铜和铜合金、镁和镁合金、锌和锌合金、钛和钛合金、铅和铅合金、镍和镍合金等;如按产品形状,则可分为板、条、带、箔、管、棒、线和型材等。

(二) 有色金属产品牌号的表示方法

按加工方式,有色金属产品主要分为变形和铸造两大类,它们采用不同的牌号表示方法。GB/T 8063—1994《铸造有色金属及其合金牌号表示方法》对此做了统一规定。而不同有色金属变形加工产品的牌号表示方法则不尽相同。

1. 铸造有色金属及其合金

铸造有色纯金属的牌号由“Z”和相应纯金属的化学元素符号及表明产品纯度百分含量的数字或用一短横加顺序号组成。如 ZTA1, ZTA2。

铸造有色合金的牌号由“Z”和基体金属的化学符号、主要合金化学元素符号以及表明合金元素名义百分含量的数字组成。

当合金化元素多于两个时,合金牌号中应列出足以表明合金主要特性的元素符号及其名义百分含量的数字。

合金化元素符号按其名义百分含量递减的次序排列,当名义百分含量相等时,则按元素符号字母顺序排列。当需要表明决定合金类别的合金化元素首先列出时,不论其含量多少,该元素符号均应置于基体元素符号之后。

除基体元素的名义百分含量不标注外,其他合金化元素的名义百分含量均标注于该元

素符号之后。当合金化元素含量规定为 $\geq 1\%$ 的某个范围时,采用其平均含量的修约化整值。必要时也可用带一位小数的数字标注。合金化元素含量 $< 1\%$ 时,一般不标注,只有对合金性能起重大影响的合金化元素,才允许用一位小数标注其平均含量。

对具有相同主成分,需要控制低间隙元素的合金,在牌号后的圆括弧内标注“ELI”。

对杂质限量要求严、性能高的优质合金,在牌号后面标注大写字母“A”表示优质。

(1) 铸造铝合金。GB/T 1173—2013《铸造铝合金》的技术要求与检验规则中明确铸造铝合金的牌号表示办法按 GB/T 8063—1994 规定进行。它们的代号由字母“Z”、“L”(它们分别是“铸”、“铝”汉语拼音第一个字母)及其后的 3 个阿拉伯数字组成。ZL 后面第一个数字表示合金系列,其中 1,2,3,4 分别表示铝硅、铝铜、铝镁、铝锌系列合金,后面第二三两个数字表示顺序号。优质合金在数字后面附加字母“A”。如牌号 ZAlSi7MgA 的合金代号为 ZL101A。

铝铸件牌号采用 ZAl + 主要合金元素符号 + 合金元素质量分数(%)表示。如 ZAlSi7MgA, ZAlCu4, ZAlMg5Si1 等。

GB/T 8733—2007《铸造铝合金锭》国家标准规定并采用了全新的合金组别、合金类型划分方法及牌号表示方法,取消了原合金锭牌号、代号体系,并新增加了 33 个合金。

①合金牌号采用三位数字(或三位数字加一位英文字母)加小数点再加数字的形式表示。如原合金代号为“ZLD101A”的铝合金锭现牌号为“356Z.2”。

②牌号的第一位数字表示合金组别,合金组别按主要合金元素来确定,2,3,4,5,7,8,9 分别代表以铜;硅、铜和(或)镁;硅;镁;锌;钛;其他元素为合金元素的铸造铝合金锭,6 为备用组。

③牌号的第二三位数字为合金顺序号,用以标识同一合金组中不同的铸造铝合金锭。

④小数点后的数字为改型序号,用来标识化学成分近似相同的同种铝合金中,个别组成元素(如细化晶粒用合金元素)相异或元素含量有细小差别的不同改型合金。如 356Z.2 和 356Z.3。

⑤位于牌号最前面或小数点前面的英文字母为类型标识代号,用来标识化学成分近似相同的同种铝合金锭的不同类型。如 356Z.2 和 A356.2,仅钛的含量范围有所不同。

(2) 铸造铜合金。GB/T 1176—2013《铸造铜合金技术条件》中合金的牌号表示办法按 GB/T 8063—1994 规定进行。

(3) 锌及锌合金。GB/T 470—2008《锌锭》中表示纯锌的有 5 个牌号,即 Zn98.5, Zn99.5, Zn99.95, Zn99.99 和 Zn99.995,分别表示锌的质量分数 $> 98.5\%$, 99.5% , 99.95% , 99.99% 和 99.995% 。一般需分析的杂质元素有铅、镉、铁、铜和锡;Zn99.95 或纯度更低的,还需增加分析锡、铝等杂质。

锌合金是以锌为基体加入其他元素组成的合金。常加的合金元素有铝、铜、镁等。锌合金按制造工艺可分为铸造锌合金和变形锌合金两类。铸造合金的产量远大于变形合金。铸造锌合金锭主要用于制造各种铸件和压铸件,GB/T 8738—2006《铸造用锌合金锭》中有 16 个牌号。GB/T 1175—1997《铸造锌合金》规定了铸造锌合金的技术要求与抽样检验规则,该标准适用于制造锌合金铸件并与 GB/T 16746—1997《锌合金铸件》配套使用。

2. 变形(加工)有色金属及其合金

(1) 变形铝及铝合金。最新修订的 GB/T 16474—2011《变形铝及铝合金牌号表示法》对

牌号的表示方法采用变形铝和铝合金国际牌号注册组织推荐的国际四位数字体系牌号命名方法。过去我国曾采用前苏联的牌号表示方法。一些老牌号的化学成分与国际四位数字体系牌号不完全吻合,例如,老字号 LF21 的化学成分与国际四位体系牌号 3003 不完全吻合,于是,用四位字符体系表示的牌号为 3A21。以便逐渐与国际接轨。

四位字符体系牌号第一个数字表示铝及铝合金的基体元素或质量分数较高元素的类别。

①纯铝(铝含量 >99.00%)—— $1 \times \times \times$ 。牌号的第二位数字表示合金元素或杂质极限含量的控制情况。如果第二位的字母为 A,则表示为原始纯铝;如果是 B-Y 的其他字母(C, I, L, N, O, P, Q, Z 字母除外),则表示为原始纯铝的改型,与原始纯铝相比,其元素含量略有改变。国际间,国家新注册的铝,如果第二位为 0,则表示杂质极限含量无特殊控制;如果是 1~9 则表示对一项或一项以上的单个杂质或合金元素极限含量有特殊控制。规定各元素含量的极限值时按以下顺序列:Si, Fe, Cu, Mn, Mg, Cr, Ni, Zn, Ti, Zr 及其他元素的单个和总量。其最后两位数字表示最低铝含量中小数点后面的两位数字。如 1200, 1050A, 1070A(代替 L1), 1060(代替 L2)等。

②铝合金。合金组别按下列主要合金元素划分:

- a. 以铜为主要合金元素的铝合金—— $2 \times \times \times$; 如 2014, 2024。
- b. 以锰为主要合金元素的铝合金—— $3 \times \times \times$; 如 3003, 3004。
- c. 以硅为主要合金元素的铝合金—— $4 \times \times \times$; 如 4043。
- d. 以镁为主要合金元素的铝合金—— $5 \times \times \times$; 如 5A05, 5052。
- e. 以镁+硅为主要合金元素并以 Mg_2Si 相为强化相的铝合金—— $6 \times \times \times$; 如 6061 和 6063。
- f. 以锌为主要合金元素的铝合金—— $7 \times \times \times$; 如 7050, 7075。
- g. 以其他元素为主要合金元素的铝合金—— $8 \times \times \times$; 如 8001。
- h. 备用合金组—— $9 \times \times \times$ 。

$2 \times \times \times \sim 8 \times \times \times$ 牌号中的最后两位数字没有特殊意义,仅用来识别同一组中的不同合金,其第二位表示改型情况。如果牌号第二位的字母是 A,则表示为原始合金;如果是 B~Y 的其他字母(C, I, L, N, O, P, Q, Z 字母除外),则表示为改型合金。如果国际间国家的新注册的铝合金,第二位为 0,则表示为原始合金;如果是 1~9,则表示为改型合金。

国家间相似铝及铝合金表示某一国家新注册的,与已注册的某牌号成分相似的纯铝或铝合金,采用与其成分相似的四位数字牌号后缀一个英文大写字母(按国际字母表的顺序,由 A 开始依次选用,但 I, O, R 除外)来命名。

GB/T3190—2008《变形铝及铝合金化学成分》修改采用 ISO209:2007《铝及铝合金化学成分》,共收录了 273 个铝和铝合金牌号的化学成分。

(2) 加工铜及铜合金。根据主要元素化学成分的不同,加工铜及铜合金可分为:纯铜(紫铜)、黄铜(铜和锌的合金)、白铜(铜和镍的合金)、青铜(除黄铜、白铜外的铜基合金统称青铜)。

① 纯铜:用铜的元素符号结合顺序号表示,元素符号和顺序号中间划短横“-”。例如,一号铜用 Cu-1 表示,代号 T-1;二号铜用 Cu-2 表示,代号 T-2。其纯度随顺序号增加而降低。

② 铜合金:黄铜、青铜、白铜分别用汉语拼音字母 H, Q, B 表示。a. 黄铜:普通黄铜用

“H”加基体元素的含量表示,三元以上的黄铜用“H”加第二个主添加元素符号及除锌外的成分数字组表示。如 68 黄铜表示为 H68,90-1 锡黄铜表示为 HSn90-1 等。b. 青铜:青铜用“Q”加第一个主添加元素符号及除基体元素铜以外的成分组表示。如 6.5-0.1 锡青铜表示为 QSn6.5-0.1,10-4-4 铝青铜表示为 QAl10-4-4。c. 白铜:白铜用“B”加镍量表示,三元以上的白铜用“B”加第二个主添加元素符号及除基体元素铜外的成分数字组表示。如 30 白铜表示为 B30,3-12 锰白铜表示为 BMn3-12。

GB/T 5231—2001《加工铜及铜合金化学成分和产品形状》中包括 111 个牌号,保留了原标准 GB/T 5231~5234-1985 中的 88 个牌号,同时新增加了 23 个牌号。其中纯铜增加了 TU0 一个牌号;黄铜增加了 HPb89-2,HPb66-0.5,HPb62-3,HPb62-2,HPb60-2,HPb59-3,HAL61-4-3-1,HMn6-2-3-3-0.7,H85A 及 H70A 等 10 个牌号;青铜增加了 QSn1.5-0.2,Q Sn8-0.3,QBe0.6-2.5,QBe0.4-1.8,QBe0.3-1.5,QCr1,QFe2.5 及 QTe0.5 等 8 个牌号;白铜增加了 B30,B Fe5-1.5-0.5,BZn18-18 及 BZn18-26 等 4 个牌号。该标准保持了原国家标准的牌号表示方法,对完全采用美国合金牌号的,则在代号的下方标出美国相应的合金代号,并加以括号。

(3) 钛和钛合金。GB/T3620.1—2007《钛和钛合金牌号和化学成分》参照了 ISO 5832—2 和美国 ASTM 标准的相关内容。改变了纯钛 4 个牌号的化学成分,与 ISO 和 ASTM 标准相应级别对应一致,由原 TA0~TA3 变为 TA1~TA4。新增加了 2000 年新命名的 25 个牌号和化学成分。

第二节 试样采取、制备与分解

一、试样的采取

试样的采取与制备是化学分析工作中的第一环节,分析样品必须具备足够的稳定性、均匀性和高度的代表性。如果制备不当,再仔细、认真地分析操作和最终结果也不能代表试样的真实组成。因此,化学分析人员应了解对取样的要求,熟悉试样制备的方法。

(一) 金属矿、地质固体原料试样的采取

对一些颗粒大小及组成不均匀的(如矿石、煤焦、砂土等)原始样品的采取,一般按物料的 1‰~3‰ 采集。将物料堆成一定高度,按纵横方向分隔 0.5~1m 划一直线,然后在 2~3m 取一点,在深度 0.3~0.5m 处取样,总和为平均试样。

要获得均匀的、供分析用的少量试样,必须经过多次粉碎和缩分才能达到。制备试样一般包括四个步骤:粉碎、过筛、混匀、缩分。可先用大型破碎机、再用实验室小型破碎机将样品制成较小颗粒,最后用球磨机或钢钵等粉碎成更小颗粒。每经一次粉碎就过筛、混匀、缩分一次。缩分采用四分法:将试样混匀后,堆成圆锥形[见图 1-1(a)]并略微压平[见图 1-1(b)],通过中心为四等分,把任意对角的两份弃去[见图 1-1(c)],其余对角的两份收集在一起混匀,这样就缩减了一半(也可借助于自动缩分仪),但为避免造成缩分偏差,试样粒度未通过 10 日筛($d=2\text{mm}$)之前不宜用四分法缩分。根据需要可将试样再度粉碎至更细的颗粒并缩分之。如此反复处理直至留下所需样量为止(见图 1-1)。

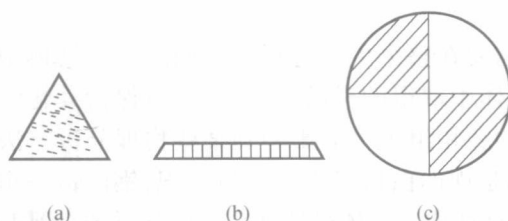


图 1-1 试样的缩分

(1) 根据样品最大颗粒质量,计算取样量的经验公式:

$$m_s = \frac{m_{\max} \times 100}{b} \quad (1-1)$$

式中: m_s ——取样的最小质量,kg;

m_{\max} ——最大颗粒的质量,kg;

b ——比例系数,一般取值 0.2。

(2) 根据样品最大颗粒直径,计算取样量的经验公式:

$$m_q \geq kd^2 \quad (1-2)$$

式中: m_q ——试样最小质量,kg;

k ——缩分常数的经验值,一般取值 $0.05 \sim 1 \text{ kg} \cdot \text{mm}^{-2}$;

d ——试样的最大粒度,mm。

(3) 采样与缩分试样量计算示例。

例 1:采集矿石样品,若试样的最大直径为 10mm, $k = 0.2 \text{ kg} \cdot \text{mm}^{-2}$,则应至少采集多少试样?

解: $m_q \geq kd^2 = 0.2 \times 10^2 = 20 \text{ kg}$

例 2:有一样品 $m_q = 20 \text{ kg}$, $k = 0.2 \text{ kg} \cdot \text{mm}^{-2}$,用 6 号筛网过筛,问应缩分几次?

解: $m_q \geq kd^2 = 0.2 \times 3.36^2 = 2.26 \text{ kg}$

缩分一次剩余试样为 $20 \times 0.5 = 10 \text{ (kg)}$,缩分三次后剩余试样为 $20 \times 0.5^3 = 2.5 \text{ (kg)}$
 $\geq 2.26 \text{ (kg)}$ 。故应缩分三次。

从分析成本考虑,样品量尽量少,从分析误差考虑,不能少于临界值 $m_q \geq kd^2$ 。

试样的最后细度应便于试样的分解,一般矿样、耐火材料应全部通过筛孔边长 $\leq 0.125 \text{ mm}$ 的筛网。铁合金应全部通过筛孔边长 $\leq 0.085 \text{ mm}$ 的筛网。特别难熔的试样要求能通过筛孔边长 $\leq 0.053 \text{ mm}$ 的筛网。如以铁合金为例,交货量为 5t,额定最大粒度是 100mm;从中取出大样为 55kg。破碎到 10mm,经缩分三次、缩分后试样重 7kg。再破碎到 2.8mm,又经缩分三次、缩分后试样重 0.8kg。磨碎至 1.0mm,缩分至试样重 300g。研磨至 0.16mm,分出四个试验样,每个重 50g。用于化学分析的试验样质量不应 $< 50 \text{ g}$,除钒铁和钒铝合金以外的所有铁合金,其试验样的最大粒度不能超过 0.16mm,钒铁和钒铝合金试验样的最大粒度不能超过 0.25mm (各种铁合金取样规范详见 GB/T 4010—1994,它等同参照采用国际标准 ISO 4552:1987《铁合金——用于化学分析的取样和制样》)。

(二) 钢铁或其制件试样的采取

钢铁的取样依照 GB/T 20066—2006/ISO 14284:1996《钢和铁 化学分析测定用试样的取样和制样方法》执行。