

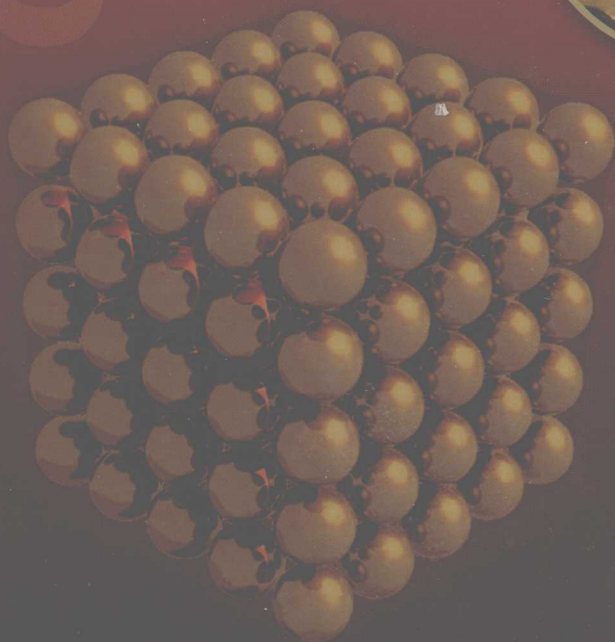
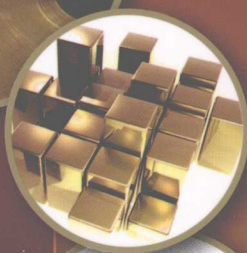
铜与铜合金

The Process Handbook of
Copper and Copper Alloy

加工手册

刘培兴 刘晓璿 刘华鼎 编著

Copper



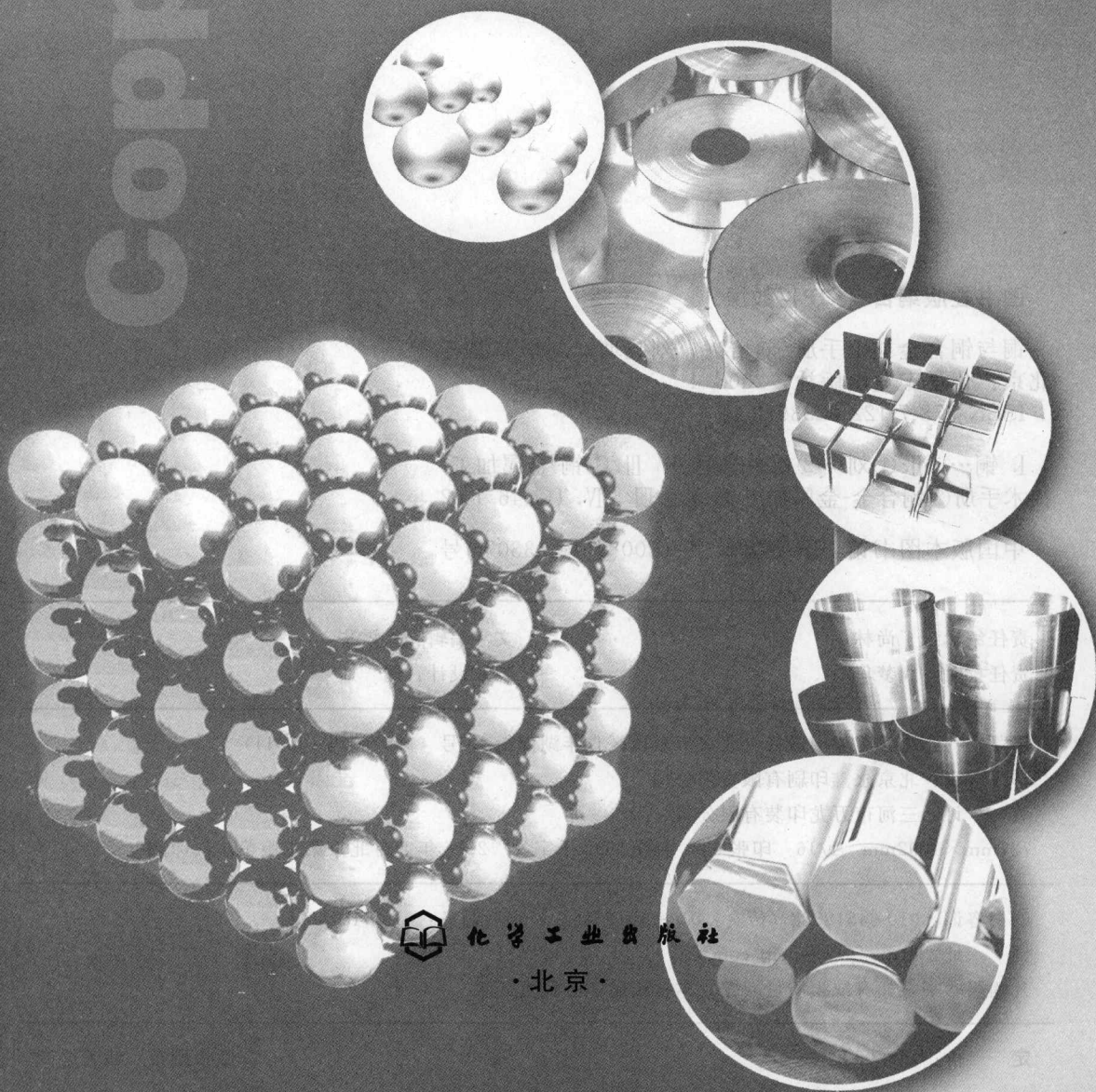
化学工业出版社

铜与铜合金

The Process Handbook of
Copper and Copper Alloy

加工手册

刘培兴 刘晓璜 刘华甬 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书全面描述了各种铜与铜合金的成分、性能特点与用途；详细总结了铜与铜合金的熔炼与铸造技术，铜与铜合金板、带、条、箔、管、棒、型、线材的加工工艺制度、操作技术、制品质量控制及常用设备等；对铜合金制品的质量标准及检验方法也进行了简明实用的介绍。附录中还列出了铜与铜合金常用数据资料，以供查询。

本书既充分反映了国内外有关铜与铜合金的常用加工技术及最新加工工艺，也汇集了作者多年积累的工作经验总结，内容丰富，资料翔实，实例较多，查找方便。非常适合铜与铜合金生产与加工企业的技术人员使用，同时可供大专院校冶金、材料及相关专业的师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

铜与铜合金加工手册/刘培兴, 刘晓璐, 刘华甬编著.
北京: 化学工业出版社, 2008. 4
ISBN 978-7-122-02339-1

I. 铜… II. ①刘…②刘…③刘… III. ①铜-金属加工-技术手册②铜合金-金属加工-技术手册 IV. TG146.1-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 033076 号

责任编辑: 丁尚林

文字编辑: 徐雪华

责任校对: 周梦华

装帧设计: 周 遥

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 63 字数 1592 千字 2008 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 158.00 元

版权所有 违者必究

目 录

绪论	1
0.1 铜、铜合金及其制品、材料加工在国民经济中的重要性	1
0.2 铜、铜合金的特性及用途	2
0.2.1 铜及铜合金的分类	2
0.2.2 铜的特性及用途	3
0.2.3 加工黄铜的特性和用途	3
0.2.4 加工青铜的特性和用途	5
0.2.5 加工白铜的特性和用途	8
0.2.6 铸造铜合金和压铸铜合金的特性和用途	9
0.3 铜、铜合金加工制品和材料	12
0.4 铜、铜合金的加工方法	12
0.4.1 铸造加工法及其特点	12
0.4.2 塑性加工法及其特点	13
0.5 铜、铜合金及其制品、材料的最新标准	15
0.5.1 基础标准	15
0.5.2 化学分析方法标准	15
0.5.3 理化力学性能试验标准	15
0.5.4 铜及铜合金产品标准	16
0.5.5 包装、标志、运输及贮存标准	18
第1章 铜、铜合金的成分、性能和用途	19
1.1 铜和低合金铜的成分、性能和用途	19
1.1.1 杂质和微量元素对铜和低合金铜的影响	19
1.1.2 铜和低合金铜的成分、性能和用途	23
1.1.3 加工铜和特种铜的成分、性能和用途	24
1.2 加工黄铜的成分、性能和用途	28
1.2.1 普通黄铜的成分、性能和用途	28
1.2.2 特殊黄铜的成分、性能和用途	36
1.2.3 加工黄铜的化学性能	38
1.3 加工青铜的成分、性能和用途	41
1.3.1 锡青铜的成分、性能和用途	41
1.3.2 铝青铜的成分、性能和用途	51
1.3.3 铍青铜的成分、性能和用途	53
1.3.4 硅青铜的成分、性能和用途	56
1.3.5 锰青铜的成分、性能和用途	58
1.3.6 铬青铜和镉青铜的成分、性能和用途	60

1.3.7	铍青铜的成分、性能和用途	62
1.3.8	其他加工青铜的成分、性能和用途	65
1.4	加工白铜的成分、性能和用途	71
1.4.1	加工白铜的成分、性能和用途	71
1.4.2	电工用白铜的成分、性能和用途	78
1.5	铸造铜合金和压铸铜合金的成分、性能和用途	80
1.5.1	概述	80
1.5.2	铸造锡青铜的成分、性能和用途	81
1.5.3	铸造铝青铜的成分、性能和用途	81
1.5.4	铸造铅青铜的成分、性能和用途	88
1.5.5	铸造铍青铜的成分、性能和用途	88
1.5.6	铸造硅青铜的成分、性能和用途	93
1.5.7	铸造黄铜的成分、性能和用途	94
1.5.8	压铸铜合金的成分、性能和用途	95
1.6	铜、铜合金材料制品和材料的质量(品质)检验	97
1.6.1	有关质量(品质)检验方法的标准	97
1.6.2	化学成分检验	97
1.6.3	金相检验	97
1.6.4	物理、力学性能检验	116
1.6.5	外观形状尺寸检验	125
1.6.6	腐蚀检验	125
第2章	铜、铜合金的熔炼和铸造工艺	131
2.1	熔炼铜、铜合金所用的金属材料	131
2.2	铜合金熔炼时的金属损耗和配料	137
2.2.1	熔炼时的金属熔炼损耗	137
2.2.2	铜合金熔炼时的配料	139
2.2.3	配料原则与配料计算	141
2.3	铜、铜合金熔炼过程中的除气和脱氧	149
2.3.1	气体的来源	149
2.3.2	气体介质对熔融铜合金的影响	149
2.3.3	除气的方法	149
2.3.4	铜合金熔炼时的氧化和脱氧	151
2.4	铜、铜合金的精炼	154
2.4.1	铜合金精炼的方法	154
2.4.2	精炼时用的熔剂	156
2.5	铜合金的变质处理	157
2.5.1	使用变质剂的作用	158
2.5.2	对变质剂的要求条件	158
2.5.3	铜及其合金变质处理的实例	158
2.6	铜和低合金铜的熔炼工艺	159

2.6.1	铸造纯铜和低合金铜的熔炼工艺流程	159
2.6.2	熔炼操作要点	159
2.6.3	加工纯铜(紫铜)的熔炼工艺	160
2.7	铸造铜合金和压铸铜合金的熔炼工艺	164
2.7.1	概述	164
2.7.2	熔炼的一般原则	165
2.7.3	熔炼工艺参数	165
2.7.4	合金元素的加入	166
2.7.5	铸造铜合金的熔炼工艺流程	166
2.7.6	工艺操作简述	166
2.7.7	熔炼作业	168
2.7.8	压铸铜合金的熔炼特点	173
2.8	加工铜合金的熔炼工艺	174
2.8.1	熔炼工艺参数	174
2.8.2	加工铜合金的熔炼工艺流程	174
2.9	铜渣的回收和收尘	180
2.9.1	铜渣的回收	180
2.9.2	收尘	182
2.10	铜、铜合金熔炼的安全技术	185
2.10.1	熔炼炉安全操作要点	185
2.10.2	熔炼安全操作要点	186
2.11	铜、铜合金的熔炼设备	186
2.11.1	概述	186
2.11.2	铜及铜合金常用的熔炼设备	187
2.11.3	常用的熔炼设备的规格和技术性能	193
2.12	铜、铜合金铸造工艺	195
2.12.1	概述	195
2.12.2	铸造铜合金的铸造工艺——金属型铸造工艺	196
2.12.3	紫铜的铸锭工艺	262
2.12.4	加工铜合金的铸锭生产工艺	262
2.12.5	铸造安全技术	297
2.13	铸锭和铸件的缺陷分析及质量(品质)检验	298
2.13.1	铸锭的缺陷分析及防止方法	298
2.13.2	质量(品质)检验	306
2.14	铸锭和铸件后续处理及设备	314
2.14.1	铸锭的后续处理及设备	314
2.14.2	铸件的后续处理及设备	320
2.15	铜、铜合金熔炼和铸造的新工艺	321
2.15.1	铜合金的真空熔铸	321
2.15.2	铜合金的真空吸铸	326

2.15.3 压铸新工艺	331
第3章 铜、铜合金板材、带材加工工艺	337
3.1 铜、铜合金板材、带材的品种及加工方法	337
3.1.1 板带材品种及技术标准	337
3.1.2 铜合金板材带材加工方法的比较	340
3.1.3 板材带材加工工艺流程	340
3.2 板材带材轧制过程中的金属变形和轧制力	348
3.2.1 轧制过程中的金属变形	348
3.2.2 轧制时铜、铜合金组织和性能的变化	354
3.2.3 轧制力的计算和实测	364
3.2.4 轧辊的许用压力和强度校核	385
3.2.5 传动力矩计算和单位能耗曲线	387
3.3 板材带材加工工艺主要工序与设备	396
3.3.1 热轧工序及设备	396
3.3.2 冷轧工序及设备	414
3.3.3 热处理工序及设备	439
3.3.4 两种典型的铜合金板带材加工生产工艺简介	444
3.4 板材带材后续处理工序及设备	448
3.4.1 酸洗工序及设备	448
3.4.2 脱脂工序	449
3.4.3 表面清理及设备	450
3.4.4 矫直工序及设备	451
3.4.5 剪切工序及设备	452
3.5 板材带材质量分析	454
3.5.1 尺寸精度	454
3.5.2 平直度	460
3.6 板材、带材质量(品质)检查及验收	469
3.7 高精铜及铜合金板材带材加工的新工艺新技术	470
3.7.1 板带材生产工艺流程	471
3.7.2 铸锭加热	474
3.7.3 热轧	476
3.7.4 带坯表面铣削	476
3.7.5 高精带材冷轧	479
3.7.6 高精板带的热处理	481
3.7.7 高精板带材的精整及剪切	485
3.7.8 铜合金板带连铸连轧	486
第4章 铜及铜合金管材、棒材和型材的加工工艺	487
4.1 管材、棒材和型材的品种分类及加工方法	487
4.1.1 品种分类及技术标准	487
4.1.2 加工方法	488

4.2 管材、棒材、型材挤压加工工艺	489
4.2.1 挤压方法	489
4.2.2 挤压过程中金属的变形和挤压力的计算	493
4.2.3 挤压时工艺参数的确定	495
4.2.4 铜及铜合金棒材、型材和管材的挤压	506
4.2.5 挤压工具	513
4.2.6 挤压设备	523
4.2.7 挤压时废品产生的原因	536
4.2.8 锭坯加热设备	538
4.3 管材斜轧热穿孔加工工艺	542
4.3.1 加工方法及金属变形特点和力能计算	542
4.3.2 加工工艺	547
4.3.3 二辊斜轧热穿孔工具和设备	549
4.3.4 穿孔时废品及产生原因	552
4.4 管材的冷轧加工工艺	553
4.4.1 管材的冷轧及金属变形特点和力的计算	554
4.4.2 管材冷轧时工艺参数的选择	564
4.4.3 冷轧管工具及设备	569
4.4.4 冷轧管机的操作及调整	594
4.4.5 冷轧管废品的产生原因	600
4.5 棒材型材轧制加工工艺	602
4.5.1 棒材、型材轧制的理论基础	603
4.5.2 孔型和孔型系统的基础知识	615
4.5.3 孔型设计概述	625
4.5.4 棒材、型材的轧制工艺	669
4.5.5 棒材、型材轧制时的废品	685
4.5.6 棒材、型材的轧制设备	687
4.6 管材、棒材、型材的拉伸加工工艺	702
4.6.1 拉伸过程及其加工特点	702
4.6.2 拉伸方法	703
4.6.3 拉伸时的变形特点及力的计算	707
4.6.4 管材、棒材、型材的拉伸工艺	720
4.6.5 管材、棒材、型材拉伸时的润滑、热处理和酸洗	733
4.6.6 拉伸工具及其设计	746
4.6.7 辅助工序及精整	754
4.6.8 拉伸制品质量的控制和废品	758
4.6.9 管材、棒材、型材拉伸设备	760
4.7 管材、棒材和型材加工的新工艺新技术	768
4.7.1 连续挤压技术	768
4.7.2 连续铸挤	775

4.7.3	半固态挤压	776
4.7.4	上引连铸管坯-拉伸加工技术	778
4.7.5	水平连铸-行星轧制-盘拉内螺纹铜管生产新技术	780
第5章 铜、铜合金线材加工工艺		797
5.1	线坯的加工方法	797
5.2	线材的品种和加工工艺流程	798
5.2.1	线材的品种	798
5.2.2	加工工艺流程	798
5.2.3	线坯	799
5.3	线坯轧制加工工艺	799
5.3.1	线坯轧制的理论基础	799
5.3.2	轧辊的孔型设计	800
5.3.3	线坯轧制加工工艺	800
5.3.4	线坯轧制废品及其质量检查和验收	800
5.3.5	线坯轧制设备及导卫装置	801
5.3.6	线坯加工的新工艺新技术	815
5.4	线材的拉伸加工工艺	835
5.4.1	概述	835
5.4.2	线材拉伸的理论基础	841
5.4.3	线材的拉伸方法	852
5.4.4	拉伸配模	863
5.4.5	线材拉伸的加工工艺	873
5.4.6	线材拉伸加工的废品	889
5.4.7	拉伸工具及其设计加工	890
5.4.8	线材拉伸设备及辅助设备	907
5.5	线材加工新工艺新技术	928
5.5.1	用超微连轧机代替大拉机制线新工艺	928
5.5.2	压力模拉伸铜线新工艺	929
5.5.3	细线的静液压挤出工艺	930
5.5.4	其他拉线新工艺	931
第6章 铜、铜合金加工制品(成品)验收		933
6.1	质量标准	933
6.1.1	产品质量的概念	933
6.1.2	产品的质量标准	933
6.1.3	质量标准的内容	934
6.2	成品的检测	935
6.2.1	有关成品检测的标准	935
6.2.2	成品检测的方法	935
6.3	游标卡尺和螺旋测微计	936
6.3.1	刻度尺和游标卡尺	936

6.3.2 螺旋测微计	937
6.4 无损检测	938
6.4.1 五种无损检测方法的应用范围	938
6.4.2 超声波探伤	940
6.4.3 涡流探伤	945
6.4.4 射线探伤	951
附录1 元素的晶体结构	958
附录2 一些元素的物理性能	960
附录3 铜及铜合金牌号对照	961
附录4 铜及铜合金的物理性能	966
附录5 直径0.010~0.095mm的铜及铜合金线材的横断面积及质量	968
附录6 直径0.10~20.00mm的铜及铜合金线材的横断面积及质量	969
附录7 目与毫米换算表	972
附录8 铜系二元相图	972
参考文献	992

绪 论

0.1 铜、铜合金及其制品、材料加工在国民经济中的重要性

铜和铜合金是古老而永远年轻的有色金属。它伴随着永葆青春的中华民族历尽了五千余年的历史沧桑，在中华民族的文明发展史上书写出不朽的篇章。由于地壳中有自然铜的存在，我国在远古时期即开始使用铜制品的工具。从考古文献可见，甘肃东乡马家窑文化时期的青铜刀是我国迄今发现的最早的青铜器，而最早发现的黄铜器则是史前龙山文化时期的遗物。从史前的马家窑和龙山文化时期到今天的 21 世纪，铜和中华民族经过五千多年的艰苦跋涉，由原始状态发展进步到现代化状态。即由一支小小的青铜刀发展到 1997 年的总质量重达 57t 的非常壮观的艺术杰作——普陀山南海观音大佛像。铜和铜合金加工事业永远是伴随着社会的经济发展和科技发展而发展的，并在这一发展过程中起着重要的作用。

铜及其合金所具有的独特的优秀品质和特性，随着科学技术的发展逐步地为人们所了解和掌握，从而日益广泛地在国民经济各部门中获得应用。譬如，具有高导电性和高导热性的高强度铜合金重要的应用有电机整流子、电气化铁路架空接触线、电子通讯导电元件、集成电路引线框架和电真空器件等；电缆带电缆线等材料主要用于现代通信产业的发展上；变压器带等用于电力工业上；高导热、高耐蚀性的铜合金管材、空调管材、冷凝管材等用于建筑工业、汽车工业、火电站、核电站、大型船舶等工业上；高强度、耐磨、耐蚀的铜合金用于汽车同步器齿环等的耐磨零件，是汽车工业不可少的材料；化工用的耐蚀容器等。日常生活用品中的各种器皿、饰物、艺术品。总之，铜和铜合金的加工产品与国计民生息息相关，从人们普通的日常用品到宇宙飞船、航天飞机、高精尖产品，从彩电、空调到微电子技术，处处都有铜的存在，处处都离不开铜。

从另一个角度看，我国铜加工业的迅猛发展也充分证明了它在国民经济中的地位。近几年来，我国的铜加工材（不包括铸造产品）的生产和消费情况如表 0-1-1 所示。

表 0-1-1 2000 年以来，我国铜材加工（不包括铸造产品）的年产量和年消费量 万吨

项目	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年
年产量	159.7	185.8	251.2	319.5	416.5	466.8 ^①	506
消费量	219.7	247.5	325.8	401.8	497.0	539.1	560

① 有的统计数字为 2005 年总产量为 489 万吨。

我国的铜加工业在国民经济和科学技术稳定高速发展的推动下，近几年得到了飞跃的发展。目前已成为世界上铜加工材的生产、消费大国，成为世界铜加工工业的重要组成部分，

对世界铜加工业将产生重要影响。

在现有的基础上,我国铜加工技术的发展趋势如下。

① 铜加工生产过程向高效、节能、节材、连续化、自动化、短流程、环保型方向发展,其中板带材和铜线坯生产的连铸连轧技术将会进一步推广和应用;管材生产中纯铜管的盘拉技术将在铜合金管材生产中得到推广和应用。棒材和型材挤压生产中连续挤压技术也将进一步得到发展和应用。

② 中小型铜加工企业、铜加工技术向多元化发展。单一品种生产专业化将更加受到重视,如锡磷青铜带生产线、冷凝管生产线、内螺纹管和外翅片生产线、异型材生产线、焊接管生产线等成为专业化生产。

③ 由于铜加工材的多样性,传统的加工方法、技术、装备仍将长期与现代化的加工技术并存,但是其单机水平将会提高,新工艺、新技术、新方法也将得到广泛应用。尤其是新产品的研制和开发过程是离不开小型试验的,因此,现行的加工技术还是有发展空间的。

④ 铜加工的分析、检测、在线检查等技术也将迅速发展,生产过程中产品质量数据记录 and 微机处理更显迫切。铜加工材生产过程的计算机管理技术将要迅速普及。

⑤ 生产设备的高性能、高效率、自动化将不断地被开发、研制,专业化和系列化设备制造也将会愈加被人们重视。

0.2 铜、铜合金的特性及用途

0.2.1 铜及铜合金的分类

当今在工业上使用的铜及铜合金的品种繁多,而且各国对其分类方法不尽相同,概括而言,有如下三种分类方法。

(1) 按其成形方法分类

可分为铸造铜合金和变形(加工)铜合金。

(2) 按其功能分类

分为导电导热用铜合金、结构用铜合金、耐蚀铜合金、耐磨铜合金、易切削铜合金、弹性铜合金、阻尼铜合金、艺术用铜合金、形状记忆铜合金。

(3) 按其合金系分类

有以下三个体系。

① 美国的 ASTM(1999) 标准。按照美国 UNS 编号 (ASTME52) 规定,其中加工铜为 C10000~C15999,加工铜合金为 C16000~C79999。其具体编号为:铜和高铜合金为 C10100~C19900,黄铜、铅黄铜、锡黄铜为 C21000~C48600,磷青铜、含铅磷青铜为 C50100~C54400,铜焊合金(铜磷、铜-银-磷合金)为 C53400~C55284,铝青铜、硅青铜为 C60800~C66100,其他黄铜为 C66300~C69710,铜-镍合金为 C70100~C72950,镍银为 C73500~C79830。

② R. W. 卡恩等人在《非铁合金的结构和性能》一书的分类方法是:先分为非合金铜和合金铜。非合金铜又分为含氧铜、无氧铜(脱氧铜)、无氧铜(非脱氧铜)、低合金铜

(分为不可硬化的铜合金和可硬化的铜合金)和导电用青铜;合金铜分为铜-锌合金、镍银、铜-锡合金、铜-铝合金、铜-镍合金及含硅、铍、锰或铅的铜合金。

③ 我国和俄罗斯按照合金系将铜及铜合金分为纯铜、黄铜、青铜、白铜四类。

本书采用我国国家标准的铜及铜合金分类标准。

0.2.2 铜的特性及用途

铜外观呈紫红色,习惯上称为紫铜。紫铜按其所含杂质和微量元素的不同,可分为四类。

① 纯铜 有 T1、T2、T3 等,特点是氧含量较高。

② 无氧铜 有 TU1、TU2 等。

③ 磷脱氧铜 有 TP1、TP2 等,二者的特点是含氧量较少,在脱氧铜中还含有少量残留的脱氧剂元素。

④ 特种铜 有银铜、砷铜、碲铜等,特点是分别加入了不同的微量元素。

紫铜的特性和用途见表 0-2-1。

表 0-2-1 紫铜的特性和用途

组 别	主 要 特 性	用 途
纯铜 (T1, T2, T3)	有良好的导电、导热、耐蚀和加工性能,可以焊接和钎焊。微量的氧对导电、导热和加工性能影响不大,但易引起“氢病”,不宜在高温(如 $>370^{\circ}\text{C}$)还原气氛中加工(退火、焊接等)和使用	用作导电、导热、耐蚀器材。如 T1 和 T2 用作电线、电缆、导电螺钉、爆破雷管、化工用蒸发器、贮藏器及各种管道。T3 用作一般铜材。如电气开关、铆钉、管嘴、油管等其他管道
无氧铜 (TU1, TU2)	纯度高,导电、导热性极好,无“氢病”或极少“氢病”;加工性能和焊接、耐蚀、耐寒性均好	主要用作电真空仪器仪表器件
磷脱氧铜 (TP1, TP2)	焊接性能和冷弯性能好,一般无“氢病”倾向,可在还原性气氛中加工、使用,但不宜在氧化气氛中加工、使用。TP1 磷残留量比 TP2 少,故其导电、导热性较 TP2 高	主要以管材应用,也可以板材、带材或棒材、线材供应。用作汽油或气体输送管、排水管、冷凝管、水雷用管、冷凝器、蒸发器、热交换器、火车厢零件
银铜 (TA0.1)	铜中加入少量的银,可以显著提高软化温度(再结晶温度)和蠕变强度,而很少降低铜的导电、导热性和塑性。实用的银铜一般采用冷作硬化来提高其强度。它具有好的耐磨性、电接触性和耐蚀性,如制成电车线时,使用寿命比一般硬铜高 2~4 倍	用作耐热、导电器材。如:电机整流子片、发电机转子用导体、点焊电极、通信线、引线、导线、电子管材料等

0.2.3 加工黄铜的特性和用途

铜和锌的铜基合金称为黄铜。适用于塑性加工生产的黄铜即为加工黄铜。在 GB/T 5231—2001《加工铜及铜合金化学成分和产品形状》中将加工黄铜分为 9 组 43 种牌号(见 1.2)。其中普通黄铜 10 种,特殊(复杂)黄铜 33 种。

加工黄铜的特性和用途见表 0-2-2。

表 0-2-2 加工黄铜的特性和用途

合金组别与牌号		主 要 特 性	用 途
普通黄铜	H96 H90	强度比紫铜高(强度在普通黄铜中最低),导电、导热性能好,在大气和淡水中有高的耐蚀性,且有良好的塑性,易于冷、热塑性加工、焊接、锻造和镀锡,无腐蚀破裂	在机械制造中一般用作导管、冷凝管、散热管、散热片、汽车水箱带、导电零件、水管、艺术品、双金属片
	H85 H80	具有较高的强度,塑性好,能承受冷、热塑性加工,焊接和耐蚀性也都良好。H80 强度比 H85 强度高	冷凝和散热用管、虹吸管、蛇形管、冷却设备制件、造纸网、薄壁管、皱纹管及房屋建筑用品
	H70 H68 H68A	有极为良好的塑性(是黄铜中最佳者)和较高的强度,可切削加工性能好,但易焊接,对一般腐蚀非常安定,但易产生腐蚀开裂。H68 是普通黄铜中应用最广泛的一个品种。 H68A 中加有微量的砷(As),可防止黄铜脱锌,并提高黄铜的耐蚀性	复杂的冷冲件和深冲件。如散热器件外壳、导管、波纹管、弹壳、垫片、雷管等
	H65	性能介于 H68 和 H62 之间,也有较高的强度和塑性,能良好地承受冷、热塑性加工,有腐蚀破裂倾向	小五金、日用品、小弹簧、螺钉、铆钉和机器零件
	H63 H62	有良好的力学性能,热态下塑性良好。冷态下塑性也可以,可切削性好,易钎焊和焊接,耐蚀好,但易产生腐蚀破裂,是应用广泛的一个普通黄铜品种	各种浅引伸和弯折制造的受力零件。如销钉、铆钉、垫圈、螺帽、导管、气压表弹簧、筛网、散热器零件等
	H59	强度、硬度高而塑性差,但在热态下仍能很好地承受塑性加工、耐蚀性一般,其他性能与 H62 相近	一般机器零件、焊接件、热冲及热轧零件
铅黄铜	HPb63-3	含铅高,不能热态加工,可切削性极为优良,且有高的减摩性能,其他性能和 HPb59-1 相似	主要用于要求切削性极高的钟表结构零件及汽车、拖拉机零件
	HPb63-0.1 HPb62-0.8	可切削性能较 HPb63-3 低,其他性能和 HPb63-3 相同	用于一般机器结构零件
	HPb59-1	应用较广的铅黄铜,可切削性能好,有良好的力学性能,能承受冷、热塑性加工,易钎焊和焊接,对一般腐蚀有良好的稳定性,但有腐蚀破裂倾向	用于热冲压和切削加工制作的各种结构件。如螺钉、垫圈、垫片、衬套、螺帽、喷嘴等
锡黄铜	HSn70-1	典型的锡黄铜,在大气、蒸汽、油类和海水中有高的耐蚀性,且有良好的力学性能,可切削性尚可,易焊接和钎焊,在冷、热状态下塑性加工好,有腐蚀破裂(季裂)倾向	海轮上的耐蚀零件(如冷凝气管)与海水、蒸汽、油类接触的导管、热工设备零件
	HSn90-1	力学性能和工艺性能极近似于 H90 普通黄铜,但有较高的耐蚀性和减摩性,目前只有这种锡黄铜可作为耐磨合金使用	汽车、拖拉机弹性套管及其他耐蚀减摩零件
	HSn62-1	在海水中有很高的耐蚀性,有良好的力学性能,冷加工时有冷脆性,只适于热加工,可切削性好,易焊接和钎焊,但有腐蚀破裂(季裂)倾向	用作与海水或汽油接触的船舶零件或其他零件
	HSn60-1	性能与 HSn62-1 相似,主要产品为线材	用作船舶焊接结构用的焊条
铝黄铜	HA177-2	典型的铝黄铜,有高的强度和硬度,塑性良好,可在热态和冷态下进行塑性加工,对海水及盐水有良好的耐蚀性,并耐冲击腐蚀,但有脱锌和腐蚀破裂倾向	在船舶和海滨热电站中用作冷凝管及其他耐蚀零件
	HA167-2.5	在热态和冷态下能良好地承受塑性加工,耐磨性好,对海水的耐蚀性尚可,对腐蚀破裂敏感,钎焊和镀锡性能不好	海船抗蚀零件

续表

合金组别与牌号		主要特性	用途
铝黄铜	HA160-1-1	具有高的强度,在大气、淡水和海水中耐蚀性好,在热态下塑性加工性好,冷态下可塑性低,对腐蚀破裂敏感	要求耐蚀的结构零件。如齿轮、涡轮、衬套轴等
	HA159-3-2	具有高的强度,热态下塑性加工性好,冷态下塑性低,在所有黄铜中其耐蚀性最好,腐蚀破裂倾向不大	发动机和船舶业及其他在常温下工作的高强度耐蚀件
	HA166-6-3-2	为耐磨合金,具有高的强度、硬度和耐磨性,耐蚀性也较好,但有腐蚀破裂倾向,塑性较差。为铸造黄铜的移植品种	重负荷下工作中固定螺钉的螺母及大型蜗杆,可作铝青铜 QA110-4-4 的代用品
锰黄铜	HMn58-2	力学性能良好,导热、导电性低,易于在热态下进行塑性加工,冷态下塑性加工性尚可,在海水和过热蒸汽、氯化物中有高的耐蚀性,但有腐蚀破裂倾向,是应用较广的黄铜品种	腐蚀条件下工作的重要零件和弱电流工业用零件
	HMn57-3-1	强度、硬度高,塑性低,只能在热态下进行塑性加工;在大气、海水、过热蒸汽中的耐蚀性比一般黄铜好,但有腐蚀破裂倾向	耐腐蚀结构零件
	HMn55-3-1	性能和 HMn57-3-1 接近,为铸造黄铜的移植品种	耐腐蚀结构零件
铁黄铜	HFe59-1-1	具有较高的强度、韧性,减摩性能良好,在大气、海水中的耐蚀性高,但有腐蚀破裂倾向,热态下塑性良好	制作在摩擦和受海水腐蚀条件下工作的结构零件
	HFe58-1-1	强度、硬度高,可切削性好,但塑性下降,只能热态下塑性加工,耐蚀性尚好,但有腐蚀破裂倾向	适于用热压和切削加工法制作的高强度耐蚀零件
硅黄铜	HSi80-3	有良好的力学性能,耐蚀性高,无腐蚀破裂倾向,耐磨性亦可,在冷态、热态下塑性加工性好,易焊接和钎焊,可切削性好,导热、导电性是黄铜中最低的	船舶零件、蒸汽管和水管配件
镍黄铜	HNi65-5	有高的耐蚀性和减摩性,良好的力学性能,在冷态和热态下塑性加工性能极好,对脱锌和“季裂”比较稳定,导电、导热性低,但因镍的价格昂贵,该品种一般不多用	压力表管、造纸网、船舶用冷凝管,可作锡磷青铜和德银的代用品

0.2.4 加工青铜的特性和用途

以锡、铝、铍、硅、锰、铬、钴、镉、镁、铁、碲等为主要合金元素的铜基合金称为青铜。适用于塑性加工生产的青铜即为加工青铜。在 GB/T 5231—2001《加工铜及铜合金化学成分和产品形状》中,将加工青铜分为 11 组共 41 个牌号(见 1.3)。

加工青铜的特性和用途见表 0-2-3。

表 0-2-3 加工青铜的特性和用途

合金组别与牌号		主要特性	用途
锡青铜	QSn4-3	为含锌的锡青铜,有高的耐磨性和弹性,抗磁性良好,能很好地承受热态和冷态塑性加工,在硬态下,可切削性好,易焊接和钎焊,在大气、淡水和海水中耐蚀性好	制作弹簧及其他弹性元件,化工设备上的耐蚀零件以及耐磨零件(如衬套、轴承等)和抗磁零件,造纸工业用的刮刀
	QSn4-4-2.5	为含有锌、铝合金元素的锡青铜,有高的减摩性和良好的可切削性,易于焊接和钎焊,在大气、淡水中具有良好的耐蚀性,只能在冷态下进行塑性加工,因含铅,热加工时易引起热脆	制作在摩擦条件下工作的轴承、卷边轴套、衬套、圆盘以及衬套的内垫等。QSn4-4-4 使用温度可达 300℃,是一种热强性较好的锡青铜
	QSn4-4-4		

续表

合金组别与牌号		主要特性	用途
锡青铜	QSn6.5-0.1	为含磷的锡青铜,有高的强度、弹性、耐磨性和抗磁性,在热态和冷态下塑性加工性良好,对电火花有较高的抗燃性,可焊接和钎焊,可切削性好,在大气和淡水中耐蚀	制作弹簧和导电性好的弹簧接触片,精密仪器中的耐磨零件和抗磁零件,如,齿轮、电刷盒、振动片、接触器
	QSn6.5-0.4	为含磷锡青铜,特性和用途和 QSn6.5-0.1 相似,因含磷量较高,其抗疲劳强度较高,弹性和耐磨性较好,但在热加工时有热脆性,只能接受冷塑性加工	除用作弹簧和耐磨零件外,主要用于造纸工业制作耐磨的铜网和单位负荷小于 981MPa,圆周速度小于 3m/s 的条件下工作的零件
	QSn7-0.2	为含磷锡青铜,弹性和耐磨性能好,易焊接和钎焊,在大气、淡水和海水中耐蚀性好,可切削性良好,适于热压加工	制作中等负荷、中等滑动速度下承受摩擦的零件,如轴承、轴套、涡轮、抗磨垫圈,还可用作弹簧、簧片等
	QSn4-0.3	为不含磷锡青铜,有高的力学性能、耐磨性和弹性,能很好地在冷态下承受塑性加工,也可在热态下进行塑性加工	主要制作压力计弹簧用的各种尺寸的管材
铝青铜	QAl5	为含其他元素的铝青铜,有较高的强度、弹性和耐磨性,在大气、淡水、海水和某些酸中耐蚀性高,可电焊、气焊,不易钎焊,在热态和冷态下塑性加工性能均好	制作弹簧和其他要求耐蚀的弹性元件,齿轮摩擦轮、涡轮传动机构等,可作为 QSn6.5-0.4、QSn4-3 和 QSn4-4 的代用品
	QAl7	特性与用途和 QAl5 相似,因含铝量稍高,其强度较高	
	QAl9-2	为含锰的铝青铜,具有高的强度,在大气、淡水和海水中抗蚀性很好,可以电焊和气焊,不易钎焊,在热态和冷态下塑性加工性均好	高强度耐蚀零件以及在 250℃ 以下蒸汽介质中工作的管配件和海轮上的零件
	QAl9-4	为含铁的铝青铜,有高的强度和减摩性,良好的耐蚀性,热态下塑性加工性良好,可电焊和气焊,但钎焊性不好,可用作高锡耐磨青铜的代用品	制作高负荷下工作的抗磨、耐蚀零件,如齿轮、轴承轴套、涡轮、阀座等,也用于双金属耐磨零件
	QAl10-3-1.5	为含有铁、锰元素的铝青铜,有高的强度和耐磨性,经淬火、回火后可提高硬度,有较好的高温耐蚀性和抗氧化性,在大气、淡水和海水中抗蚀性很好,可切削性尚可,可焊接,不易钎焊,热态下塑性加工性良好	制作高温条件下工作的耐磨零件和各种标准件,如齿轮、轴承、衬套、飞轮、导向摇臂、固定螺帽等。可代替高锡青铜制作重要机件
	QAl10-4-4	为含有铁、镍元素的铝青铜,属于高强度耐热青铜,高温(400℃)下力学性能稳定,有良好的减摩性,在大气、淡水和海水中抗蚀性很好,热态下塑性加工性良好,可热处理强化,可焊接,不易钎焊,可切削性尚好	高强度的耐磨零件和高温下(400℃)工作的零件。如轴衬、轴套、齿轮、球形座、滑座、螺帽等以及其他各种重要的耐蚀耐磨零件
铍青铜	QAl11-6-6	成分、性能和 QAl10-4-4 相近	高强度耐磨零件和 500℃ 下工作的高温抗蚀耐磨零件
	QBe2	为含有少量镍的铍青铜,是力学、物理、化学综合性能良好的一种合金。经淬火调质后,具有高的强度、硬度、弹性、耐磨性、疲劳极限和耐热性;同时还具有高的导电性、导热性和耐寒性,无磁性,碰击时无火花,易于焊接和钎焊,在大气、淡水和海水中抗蚀性极好	制作各种精密仪表、仪器中的弹簧和弹性元件,各种耐磨零件以及在高速、高压和高温下工作的轴承、衬套,矿山和炼油厂用的冲击不生火花的工具以及各种深冲零件
	QBe1.7 QBe1.9	为含有少量镍、钛的铍青铜,具有和 QBe2 相近的特性,但其优点是:弹性迟滞小,疲劳强度高,温度变化时弹性稳定,性能对时效温度变化的敏感性小,价格较低廉,而强度和硬度比 QBe2 降低甚少	制作各种重要用处的弹簧、精密仪表的弹性元件、敏感元件以及承受高变向载荷的弹性元件,可代替 QBe2 铍青铜

续表

合金组别与牌号		主要特性	用途
铍青铜	QBe1.9-0.1	为加有少量铍的铍青铜。性能同 QBe1.9,但因加入微量铍,能细化晶粒,并提高强化相(γ_2 相)的弥散度和分布均匀性,从而大大提高合金的力学性能,提高合金时效后的弹性极限和力学性能的稳定性	同 QBe1.9
硅青铜	QSi1-3	为含有锰、镍元素的硅青铜,具有高的强度,相当好的耐磨性,能热处理强化,淬火、回火后强度和硬度大大提高,在大气、淡水和海水中有较好的耐蚀性,焊接性和可切削性良好	用于制造在 300℃ 以下,润滑不良、单位压力不大的工作条件下的摩擦零件(如发动机排气和进气门的导向套)以及在腐蚀介质中工作的结构零件
	QSi3-1	为含锰的硅青铜,有高的强度、弹性和耐磨性,塑性好,低温下仍不变脆,能良好地与青铜、钢和其合金焊接,特别是钎焊性好,在大气、淡水和海水中的耐蚀性高,对于氢氧化钠及氯化物的作用也非常稳定,能很好地承受冷、热塑性加工,不能热处理强化,通常在退火和加工硬化状态下使用,此时有高的屈服极限和弹性	用于制作在腐蚀介质中工作的各种零件、弹簧和弹簧零件,以及涡轮、蜗杆、齿轮、轴套、制动销和杆类耐磨零件,也用于制作焊接结构中的零件,可代替重要的锡青铜,甚至铍青铜
	QSi3.5-3-1.5	为含锌、锰、铁等元素的硅青铜,性能同 QSi3-1,但耐热性较好,棒材、线材存放时自行开裂的倾向性较小	主要用作高温工作的轴套材料
锰青铜	QMn5	为含锰量较高的锰青铜,有较高的强度、硬度和良好的塑性,能很好地在热态及冷态下承受塑性加工,有很好的耐蚀性,并有高的热强性,400℃ 下还能保持其力学性能	用于制作蒸汽机零件和锅炉的各种管接头,蒸汽阀门等高温耐蚀零件
	QMn1.5 QMn2	含锰量较 QMn5 低,与 QMn5 比较:强度硬度较低,但塑性较高,其他性能相似,QMn2 的力学性能稍高于 QMn1.5	用作电子仪表零件,也可作为蒸汽锅炉管配件和接头等
镉青铜	QCd1.0	具有高的导电性和导热性,良好的耐磨性和减摩性,抗蚀性好,塑性加工性能良好,时效硬化效果不显著,一般采用冷作硬化来提高强度	用作工作温度 250℃ 下的电机整流子片,电车触线和电话用软线以及电焊机的电极和喷气技术中
铬青铜	QCr0.5	在常温及较高温度下(<400℃)具有较高的强度和硬度,导电性和导热性好,耐磨性和减摩性也很好,经时效硬化处理后,强度、硬度、导电性和导热性均显著提高,易于焊接和钎焊,在大气和淡水中具有良好的抗蚀性,高温抗氧化性好,能很好地在冷态和热态下承受塑性加工;但其缺点是对缺口的敏感性较强,在缺口和尖角处造成应力集中,容易引起机械损伤,故不宜于作整流子片	用于制作工作温度 350℃ 以下的电焊机电极、电机整流子片以及其他各种在高温下工作的要求有高的强度、硬度、导电性和导热性的零件,还可以双金属的形式用于刹车盘和圆盘
	QCr0.5-0.2-0.1	为含少量铍、铝的铬青铜,与 QCr0.5 相比,不仅进一步提高了耐热性和耐蚀性,而且可改善缺口敏感性,其他性能与 QCr0.5 相似	用于制作点焊、滚焊机上的电极等
	QCr0.6-0.4-0.05	为含有少量铍、铈的铬青铜,与 QCr0.5 相比,可进一步提高合金的强度、硬度和耐热性,同时还有良好的导电性	同 QCr0.5
钛青铜	QTi3.5 QTi3.5-0.2	有高的强度、硬度和弹性,导电性仅次于铍青铜,有良好的耐磨性、耐疲劳性、耐热性和耐蚀性;碰击时不生火花;无磁性,在热态和冷态下可承受压力加工,易软钎焊和电镀,是高强度、导电弹性材料	用于制作高强度、高弹性、高耐磨性的各种元件,如电器开关、继电器的弹性元件、真空管插座、弹簧、精密小齿轮以及各种轴承
	QTi6-1	为含铬的钛青铜,具有高的强度、硬度、弹性,良好的耐磨性和可焊性,高温性能优于铍青铜、耐蚀性好,在热态和冷态下可承受塑性加工,但导电性低于铍青铜	可代替铍青铜制作精密仪器和仪表的弹性元件