

铜材生产加工丛书

铜合金加工基础

刘培兴 刘晓璐 刘华霖 编著

TONGHEJIN



化学工业出版社

铜材生产加工丛书

铜合金加工基础

刘培兴 刘晓璐 刘华鼎

编著



化学工业出版社

空白书教 育出版社

· 北京 ·

元 00.85 · 份 3

本书介绍了铜与铜合金的分类、制品和材料的加工方法、最新标准、成分、性能和用途,详尽地阐述了铜合金熔体特性、分析了熔体的凝固过程,介绍了铸造组织与晶粒细化,分析了铜和铜合金的塑性变形机理,总结了金属塑性变形理论、三大曲线和两图以及铜合金的组织相变、塑性加工时的力能计算,简要介绍了有关质量检验的标准及方法和铜合金的应用与发展趋势。附录中还列出了铜与铜合金常用的数据资料,供查询参考。本书充分反映了国内外有关铜及铜合金的基础理论,内容丰富,资料翔实。

本书适合铜与铜合金生产与加工企业的技术人员使用,同时也可供大专院校冶金、材料及相关专业的师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

铜合金加工基础/刘培兴, 刘晓璐, 刘华鼎编著. —北京: 化学工业出版社, 2009. 9
(铜材生产加工丛书)
ISBN 978-7-122-06518-6

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 145681 号

责任编辑: 丁尚林
责任校对: 吴 静

文字编辑: 冯国庆
装帧设计: 关 飞

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
720mm×1000mm 1/16 印张 18 字数 425 千字 2010 年 1 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: 58.00 元

版权所有 违者必究

前 言

铜和铜合金是古老而永远年轻的有色金属。它伴随着中华民族历尽了近五千年的历史沧桑。铜合金的发现和使用技术是我国古代文明史的重要组成部分。据文献记载,在4800年以前我们的先辈就铸造出了铜刀,在龙山文化时期,已经能冶炼铜和铜合金,并掌握了铜合金的铸造、锻造和退火技术,这是最早的塑性加工。蒸汽机出现后铜合金加工生产由手工作坊方式发展成为工厂生产方式。随着社会和科学技术的进步和发展,铜和铜合金加工技术也由半机械化向机械化和自动化发展。20世纪80年代,在铜合金加工理论取得很多新成果的同时,新工艺、新技术和新产品也相继出现。

铜和铜合金在航天、航空、电子、电力、信息、能源、机械、冶金、建筑和交通等领域得到广泛应用。我国铜合金加工产业发展迅速,铜合金材料加工产量居世界首位。铜合金材料的加工技术是控制和改善材料形状、组织、性能及尺寸的主要手段。加工技术的发展和进步,对铜合金新材料的开发研究、应用有着决定性的作用,同时,对改善和提高传统材料的生产和使用性能也具有重要的作用。

为了满足目前铜合金加工技术开发研究和生产的要求,我们不揣冒昧,编写了这套《铜材生产加工丛书》,将铜合金材料从熔炼、铸造到加工成形等工艺做了系统全面的介绍。本丛书搜集了国内外铜合金材料加工领域的专家、学者及工程技术工作者在铜合金材料加工方面所取得的重要研究成果,以及作者在工作中积累的经验,期望使读者系统地了解铜和铜合金塑性加工理论与材料加工生产技术及设备等方面的知识,对铜合金加工工作者提高业务水平有所帮助。

鉴于铜合金加工企业中都是按产品的形状分为板、带、条、箔、管、棒、型、线八类,本丛书分为《铜合金加工基础》、《铜合金熔炼与铸造工艺》、《铜合金板带材加工工艺》、《铜合金管棒材加工工艺》、《铜合金型材加工工艺》五个分册。各分册既有各自独立的体系,又相互联系,便于读者使用。

编著者

前 言

我国的铜合金加工业发展异常迅猛，铜合金加工产量已跃居世界首位，成为名副其实的铜合金加工生产大国。但是我国的铜合金加工技术与美国、日本等国家相比，还有差距。我国要进一步发展成为铜合金生产强国，必须在铜合金加工生产中不断地采用更为先进的加工技术。编著者不揣冒昧，根据从事铜加工材料加工研制和生产积累的经验，结合国内外铜合金加工专家、学者及工作者的科研成果，编成此书，期望能为从事铜合金材料加工研究和生产的技术人员提高理论基础和知识更新提供帮助，以此为我国铜合金加工业的发展贡献绵薄之力。

本书分为6章。第1章简要介绍了铜与铜合金的分类、制品和材料的加工方法及最新标准。第2章较详细地介绍了铜、低铜合金及各类铜合金的成分、性能和用途。第3章详尽地阐述了铜合金熔体的结构、性质，铜的氧化特性、吸气性、挥发性和吸杂性；分析了熔体的凝固过程及凝固过程中合金液的流动、传热、传质；介绍了铸造组织与晶粒细化。第4章分析了铜和铜合金的塑性变形机理；介绍了金属塑性变形理论、铜合金塑性变形的三大曲线和两图及其应用、铜合金的组织相变、塑性加工时的力能计算。第5章分析了铜、低合金铜、加工铜合金、铸造铜合金的组织性能；介绍了铜合金的应用和发展趋势。第6章介绍了有关质量检验方法的标准及各种检验方法。书末列出了三个附录，供读者参考。

尽管编著者尽力完善此书，但鉴于本身学识水平和视野有限，书中难免存在纰漏，谨请铜加工业同行专家、学者和读者予以指正。

编著者

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 铜、铜合金及其制品、材料加工在国民经济中的重要性	1
1.2 铜及铜合金的分类	2
1.2.1 分类方法	2
1.2.2 铜的分类	3
1.2.3 铜合金的分类	3
1.3 铜、铜合金加工制品和材料	3
1.4 铜、铜合金的加工方法	4
1.5 铜、铜合金及其制品、材料的最新标准	5
1.5.1 基础标准	5
1.5.2 化学分析方法标准	5
1.5.3 理化力学性能试验标准	6
1.5.4 铜及铜合金产品标准	6
1.5.5 包装、标志、运输及贮存标准	8
第 2 章 铜、铜合金的成分、性能和用途	9
2.1 铜和低合金铜的成分、性能和用途	9
2.1.1 铜的结构	9
2.1.2 铜的化学成分	11
2.1.3 加工铜的物理性能	12
2.1.4 铜的化学性能	13
2.1.5 低合金铜的成分和性能	14
2.1.6 铜和低合金铜的用途	15
2.2 加工黄铜成分、性能和用途	19
2.2.1 加工黄铜的成分	19
2.2.2 加工黄铜的耐蚀性	19
2.2.3 加工黄铜的特性和用途	21
2.3 加工青铜的成分、性质和用途	23
2.3.1 加工青铜的成分	23
2.3.2 加工青铜的化学性能	28
2.3.3 加工青铜的特性和用途	29
2.4 加工白铜的成分、性能和用途	32
2.4.1 加工白铜的化学成分	32
2.4.2 白铜的化学性能	34

2.4.3	加工白铜的特性和用途	34
2.5	铸造铜合金的成分、性能和用途	36
2.5.1	铸造铜合金	36
2.5.2	艺术铜合金	44
2.5.3	压铸铜合金的成分、性能和用途	49
第3章	铜与铜合金熔炼和铸造加工的基础理论	50
3.1	铜与铜合金的熔炼加工的基础理论	50
3.1.1	铜与铜合金熔体的结构	50
3.1.2	铜与铜合金熔体的性质	51
3.1.3	铜的氧化特性	52
3.1.4	铜的吸气性	54
3.1.5	铜的挥发性	57
3.1.6	铜的吸杂性	57
3.2	铜与铜合金铸造加工的基础理论	58
3.2.1	凝固过程中合金液的流动	59
3.2.2	熔体的凝固过程	61
3.2.3	凝固过程的传热	63
3.2.4	凝固过程中的传质	71
3.2.5	铸造组织与晶粒的细化	78
第4章	铜与铜合金塑性加工的基础理论	85
4.1	金属塑性变形机理	85
4.1.1	塑性与塑性指标	85
4.1.2	塑性状态图及其用途	87
4.1.3	金属塑性变形时的受力状态	87
4.1.4	金属塑性的影响因素	92
4.1.5	提高金属塑性的措施	94
4.2	铜与铜合金的塑性变形机理	95
4.2.1	金属材料的变形	95
4.2.2	晶体的塑性变形机理	95
4.2.3	铜合金的塑性变形	97
4.3	金属塑性变形理论	99
4.3.1	弹塑性共存理论	99
4.3.2	体积不变定律	99
4.3.3	最小阻力定律	99
4.3.4	塑性变形中的变形不均匀原理	100
4.4	铜合金塑性变形的三大曲线和两图及其应用	101
4.5	铜合金的组织与相变	102
4.5.1	铜合金的组织	102
4.5.2	铜合金加工过程中的相变	103
4.5.3	铜合金的固态相变	104
4.5.4	铜的合金化原则	112

4.6	铜与铜合金塑性加工时力的计算	113
4.6.1	工程法及其应用	113
4.6.2	滑移线法及其应用简介	120
4.6.3	其他方法简介	122
第5章	铜与铜合金的组织 and 性能	133
5.1	铜和低合金铜的性能	133
5.1.1	铜的力学性能	133
5.1.2	加工铜的高温氧化性能	136
5.1.3	杂质和微量元素对铜性能的影响	137
5.2	加工黄铜的组织 and 性能	142
5.2.1	普通黄铜的组织	142
5.2.2	普通黄铜的性能	142
5.2.3	特殊黄铜的组织 and 性能	150
5.2.4	加工黄铜的脱锌和应力腐蚀破裂	152
5.2.5	加工黄铜的高温氧化	157
5.3	加工青铜的组织 and 性能	157
5.3.1	锡青铜组织 and 性能	157
5.3.2	铝青铜的组织 and 性能	165
5.3.3	铍青铜的组织 and 性能	171
5.3.4	硅青铜的组织 and 性能	173
5.3.5	锰青铜的组织 and 性能	176
5.3.6	铬青铜和镉青铜的组织 and 性能	177
5.3.7	锆青铜的组织 and 性能	181
5.3.8	钛青铜的组织 and 性能	184
5.3.9	铁青铜、镁青铜、碲青铜的组织 and 性能	188
5.4	加工白铜的组织 and 性能	190
5.4.1	白铜的组织及合金元素对白铜的影响	190
5.4.2	结构白铜的性能	194
5.4.3	电工用白铜的性能和用途	195
5.5	铸造铜合金	199
5.5.1	铸造锡青铜的组织 and 性能	199
5.5.2	铸造铝青铜的组织 and 性能	203
5.5.3	铸造铅青铜的组织 and 性能	204
5.5.4	铸造铍青铜的组织 and 性能	205
5.5.5	铸造硅青铜的组织 and 性能	207
5.5.6	铸造黄铜的组织 and 性能	208
5.5.7	铸造白铜的组织 and 性能	209
5.6	铜合金的应用和发展趋势	211
5.6.1	引线框架铜合金材料	211
5.6.2	铬锆镁铜合金	212
5.6.3	高强铍铜合金	213

5.6.4	接触线铜合金	214
5.6.5	其他铜合金开发应用	214
第6章	铜与铜合金材料和制品的质量检验	216
6.1	有关质量检验方法的标准	216
6.1.1	产品的化学分析方法标准	216
6.1.2	产品的理化、力学性能检验方法标准	216
6.2	化学成分检验	216
6.3	金相检验	216
6.3.1	宏观组织检查	217
6.3.2	显微组织检查	218
6.3.3	紫铜、无氧铜含氧量的测定	221
6.3.4	晶粒度的测定	226
6.3.5	显微硬度测定	230
6.4	物理、力学性能检验	232
6.4.1	拉力试验	232
6.4.2	硬度试验	232
6.4.3	冲击韧性试验	235
6.4.4	其他力学性能试验	235
6.5	外观形状尺寸检验	241
6.6	腐蚀检验	241
6.6.1	常用的腐蚀检验和试验方法	241
6.6.2	其他腐蚀试验	246
附录	247
附录1	铜及铜合金牌号对照	247
附录2	铜及铜合金的物理性能	250
附录3	铜系与铜合金相图	252
参考文献	280

1.1 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，从彩色电视机、空调到微电子技术，处处都有铜的存在，处处都离不开铜，铜与人类共舞。

从另一个角度看，我国铜加工业迅猛的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）的生产和消费情况见表1-1。

表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

单位：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。

我国铜材生产能力在 2005 年已达到 710 万吨以上。铜合金的合金牌号约有 250 多个, 产品品种近千种, 是世界上产品品种最丰富、产量大、消费大的国家, 铜加工业已成为我国现代化工业体系的重要组成部分。

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, 因之, 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和微机处理更显迫切。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。

1.2 铜及铜合金的分类

1.2.1 分类方法

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

① 美国的 ASTM (1999) 标准 按照美国 UNS 编号 (ASTM E 52) 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. 卡恩等人的分类方法 在《非铁合金的结构和性能》一书中的分类方法

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（分为脱氧铜和非脱氧铜）、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（前苏联）的分类方法 按照合金系将铜及铜合金分为：纯铜、黄铜、青铜、白铜四类。

本书就是按照我国国家标准的铜及铜合金分类标准来分类的。

1.2.2 铜的分类

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 脱氧铜 有 TP1、TP2 等，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。

1.2.3 铜合金的分类

铜与其他元素熔制的合金称为铜合金。

铜合金按其添加的金属元素的种类和数量分为二元铜合金、三元铜合金和多元铜合金；按用途分为铸造铜合金、加工铜合金和压铸铜合金；按合金成分组成为黄铜（Cu-Zn 系合金）、白铜（Cu-Ni 系合金）、青铜（Cu-Sn 系合金和除黄铜、白铜以外的铜合金）。

1.3 铜、铜合金加工制品和材料

铜及铜合金是适用于铸造加工和塑性加工的有色金属。其铸造加工制品中有机加工用的铸件、铸坯，有压铸件，有为塑性加工提供的铸锭。其塑性加工制品和材料的品种、规格极为繁多，仅管、棒、型、线四大类产品就有四五百个品种，两万多个规格。对于如此繁多的制品和材料，一般按如下方法分类。

首先按照产品的几何形状，然后按照合金名称、性能、加工方法、用途等冠以不同名称。

(1) 板材 凡是厚度大于 0.25mm，宽度大于 500mm，长度大于 2m（一般为 2~6m）的轧制加工制品，统称为板材。厚度大于 5mm 的板材称为厚板，厚度小于 5mm 的板材称为薄板。

(2) 带材 凡是厚度小于 2mm，宽度小于 500mm，长度无限制的（但不得小于 2m）轧制加工制品，称为带材。带材多以成卷交货，所以又称为卷带。

(3) 条材 凡厚度比带材大（一般为 1~10mm），长度不大于 2m，宽度小于 300mm 的轧制加工制品，称为条材。

(4) 箔材 凡厚度小于 0.1mm 的带材，都可以称为箔材。箔材的长度不能小于 1m。箔材也有以块状交货的。

(5) 管材 凡横断面为圆形或简单几何形状，而中空的加工制品，称为管材。管材又分为圆管、型管、薄壁管、厚壁管、挤制管、拉制管。

(6) 棒材 凡横断面为实心的圆形或简单的几何形状的加工制品，称为棒材。棒材又分为圆棒、异形棒、挤制棒、拉制棒、轧制棒。

(7) 型材 凡横断面为复杂几何形状的空心或实心加工制品，称为型材，又称为经济断面型材。

(8) 线材 凡是直径小于 6mm，长度无限制的加工制品，称为线材。线材又分为圆线和型线。线材多以轴或卷交货。

(9) 铸件 凡是采用铸造加工方法加工的制品，统称为铸件。铸件分为铸坯（毛坯）、铸锭（锭坯）、压铸件。

1.4 铜、铜合金的加工方法

铜及其合金制品和材料的加工方法很多，概略地分为机械加工、铸造加工、塑性加工、半固态成形加工、粉末冶金加工等，其中前三种用得更多。机械加工方法包括车削、铣削、铆接、焊接、刨削等；铸造加工方法包括砂型铸造、金属型铸造、熔模铸造、压力铸造、离心铸造、连续铸造、挤压铸造等；塑性加工方法包括锻造加工、冲压加工、轧制加工、挤压加工、拉伸加工等。常见的铸造加工和塑性加工的方法和特点见表 1-2。

表 1-2 铜和铜合金常用的加工方法和特点

方法类型	加工方法	特点
铸造加工 方法	金属型铸造 金属型铸造是在重力作用下，将熔融的金属或合金浇入用金属材料制成的铸型内，使之静态凝固而获得铸件的方法	<ul style="list-style-type: none"> ①金属型导热性高、散热快，铸件结晶细小紧密，铸件的力学性能好 ②能制得尺寸精度较高和表面粗糙度较低的铸件 ③设备较简单，型材料价廉，寿命长，生产周期短 ④工序简单，操作容易，易实现机械化，效率较高
	压力铸造 压力铸造是在高压作用下，将熔融的金属或合金以极高的速度充填入金属铸型（压铸模）型腔内，使之在压力作用下凝固而获得铸件的加工方法	<ul style="list-style-type: none"> ①最重要的特点是高压高速。在高压下快速凝固制得的压铸件，结晶细小致密，强度和硬度均高 ②压铸件壁厚、形状复杂、轮廓清晰、精度高、尺寸稳定、均匀一致、加工余量小 ③可以采用压铸法省略装配工序，并简化制造工艺 ④易于实现机械化、自动化，生产效率高，适于大批量生产 ⑤压铸模造价高，设备复杂，投资大
	连续铸造 连续铸造是在水冷薄壁金属型（结晶器）的一端连续地浇入熔融的金属或合金，使之在结晶器型腔内连续地向另一端移动，同时凝固成形，在结晶器的另一端连续地拉出铸件的加工方法 当拉出铸件达到一定长度后，停止铸造，取走铸件，再重新开始连续铸造，称为半连续铸造法	<ul style="list-style-type: none"> ①铸件的冷却凝固条件一直不变，所以铸件沿长度方向上的性能是均匀一致的 ②在结晶器内凝固的铸件断面上有较大的温度梯度，并且定向凝固，补缩条件好，铸件有较高的致密度 ③铸件断面中部是在结晶器外自然冷却或用水强制冷却的情况下完成凝固的，能有效地提高劳动生产率 ④铸造过程无浇注冒口系统，用较小的结晶器生产长度大的铸件，金属损耗少 ⑤易实现生产过程的自动化

续表

方法类型	加工方法	特点
塑性加工	锻造加工	<p>锻造加工法就是用锻锤锤击或用压力机压缩的作用,使坯料产生塑性变形而获得制品的方法。锻造加工分为自由锻造和模锻</p> <p>①锻造制品是在压力作用下成形的,组织细小致密,力学性能好,而且性能均一 ②模锻几何废料少,节省金属 ③速度快,周期短,生产效率高,适于大批量生产</p>
	冲压加工	<p>冲压加工法就是用压力机的冲头把坯料(板带材)顶入凹模内,使之产生塑性变形,从而获得制品的加工方法</p> <p>①可以加工形状复杂的零件 ②制品精度较高,几何废料少,节约金属 ③更换模具容易,灵活性强 ④易于实现机械化和自动化,生产效率高</p>
	轧制加工	<p>轧制法就是坯料通过转动的轧辊受到压缩,产生塑性变形,使其横断面变小,形状改变,长度增加的压力加工(塑性加工)方法。可生产板带条管材和棒材、型材、型材、周期断面的型材、线材等</p> <p>①轧制时可以改变金属材料的组织和性能 ②轧制速度快,生产效率高,适于大批量生产 ③易于机械化和自动化 ④设备多,占地面积大,投资大</p>
	挤压加工	<p>挤压加工是把坯料(或铸锭)放在挤压筒中,在挤压杆的压力作用下,使之从另一端具有一定形状和尺寸的模孔中流出,从而得到与模孔形状和尺寸相同的制品。挤压加工分为正向挤压和反向挤压。用挤压加工方法可生产各种断面的管材、棒材和型材</p> <p>①具有三向压应力状态,有利于金属的塑性变形 ②易于更换模具,更换产品规格快,灵活性强,适于多规格、小批量的产品生产 ③挤压制品的尺寸精确,组织致密、力学性能好 ④挤压几何废料少,节约金属,成品率高 ⑤可以生产断面形状复杂的型管、型棒 ⑥金属与工具间的外摩擦大,挤压工具磨损快,使用寿命短,成本高 ⑦挤压速度慢,生产效率低</p>
拉伸加工	<p>拉伸加工就是坯料在拉伸力的作用下,通过断面逐渐减小的模孔,拉制成圆形或异形断面制品的加工方法。可以生产管、棒、型、线材</p> <p>①产品表面光洁,尺寸精确,力学性能好 ②生产灵活性强,适于多品种多规格的产品生产 ③拉伸设备和工具简单,操作简单,维护方便,生产效率较高</p>	

1.5 铜、铜合金及其制品、材料的最新标准

为适应国民经济发展和科学技术的发展与需要,国家标准局颁发了多种有关铜及其合金产品的技术标准。标准主要包括以下四方面:①基础标准;②化学分析方法和标准;③理化性能、力学性能试验标准;④产品质量标准。现将铜及其合金的最新标准介绍如下。

1.5.1 基础标准

- ① GB/T 3771—83 铜合金硬度与强度换算值
- ② GB/T 5231—2001 加工铜及铜合金化学成分及产品形状
- ③ YS/T 443—2001 加工企业检验、测量和试验设备配置导则

1.5.2 化学分析方法标准

- ① GB/T 1467—78 冶金产品化学分析方法标准的总则及一般规定
- ② GB/T 2595—81 冶金分析化学实验室安全技术标准
- ③ GB/T 5121.1~5121.23—1996 铜及铜合金化学分析方法(共计23种分析方法)

- ④ GB/T 7729—87 冶金产品分析化学分光光度法通则
- ⑤ YS/T 464—2003 阴极铜直读光谱分析法
- ⑥ YS/T 470.1~470.3—2004 铜铍合金化学分析法, 共有3种分析方法。

1.5.3 理化力学性能试验标准

- ① GB/T 3248—82 (1997) 铜、镍及其合金电阻系数测定方法
- ② GB/T 3310—1999 铜合金棒材超声波探伤方法
- ③ GB/T 5248—1998 铜及铜合金无缝管探伤方法
- ④ GB/T 8000—2001 热交换器用黄铜管残余应力检验方法 (氨熏试验法)
- ⑤ GB/T 10119—88 (1997) 黄铜耐脱锌腐蚀性能的测定
- ⑥ GB/T 10567.1—1997 铜及铜合金加工材残余应力检验方法硝酸亚汞试验法
- ⑦ GB/T 10567.2—1997 铜及铜合金加工材残余应力检验方法氨熏试验法
- ⑧ GB/T 2975—1998 钢及钢产品力学性能试验取样位置及试样制备
- ⑨ GB/T 3651—83 金属高温热导率测量方法
- ⑩ GB/T 4067—1999 金属材料电阻温度特征参数的测定
- ⑪ GB/T 228—2002 金属材料室温拉伸试验方法
- ⑫ GB/T 229—94 金属夏比缺口冲击试验方法
- ⑬ GB/T 230.1~230.3—2004 金属洛氏硬度试验方法 (第1部分~第3部分)
- ⑭ GB/T 231.1~231.3—2002 金属布氏硬度试验 (第1部分~第3部分)
- ⑮ GB/T 238—2002 金属材料线材反复弯曲试验方法
- ⑯ GB/T 1818—94 金属表面洛氏硬度试验方法
- ⑰ GB/T 2039—1997 金属拉伸蠕变及持久试验方法
- ⑱ GB/T 2038—91 金属材料延性断裂韧性度 JIC 试验方法
- ⑲ GB/T 4337—84 金属旋转弯曲疲劳试验方法
- ⑳ GB/T 10128—88 金属室温扭转试验方法
- ㉑ YS/T 347—2004 铜及铜合金平均晶粒度测定方法
- ㉒ YS/T 448—2002 铜及铜合金铸造和加工制品宏观组织检验方法
- ㉓ YS/T 449—2002 铜及铜合金铸造和加工制品显微组织检验方法
- ㉔ YS/T 471—2004 铜及铜合金韦氏硬度试验方法
- ㉕ YS/T 466—2003 铜板材箔材耐热性能试验方法 (硬度法)

1.5.4 铜及铜合金产品标准

1.5.4.1 铜及铜合金铸造产品标准

- ① GB/T 468—1997 电工用铜线锭
- ② GB/T 3952—1998 电工用铜线坯
- ③ GB/T 8737—88 (1997) 铸造黄铜锭
- ④ GB/T 8739—88 铸造青铜锭
- ⑤ GB/T 1176—87 铸造铜合金技术条件
- ⑥ GB/T 13819—92 铜合金铸件
- ⑦ GB/T 15116—94 压铸铜合金的化学成分和力学性能

- ⑧ GB/T 15117—94 铜合金压铸件
- ⑨ GB/T 13822—92 压铸有色合金试样
- ⑩ YS/T 260—2004 铜铍中间合金
- ⑪ YS/T 283—94 铜中间合金锭 (原 GB/T 8736—88)
- ⑫ YS/T 465—2003 铜及铜合金铸造产品缺陷
- ⑬ JB/T 5000.5—1998 重型机械通用技术条件 有色金属铸件
- ⑭ JB/T 5108—91 铸造黄铜金相

1.5.4.2 铜及铜合金加工产品标准

(1) 板材标准

- ① GB/T 5231—2001 加工铜及铜合金化学成分和产品形状
- ② GB/T 2040—2002 铜及铜合金板材
- ③ GB/T 17793—1999 一般用途的加工铜及铜合金板材外形尺寸及允许偏差
- ④ GB/T 2044—80 (1996) 镉青铜板
- ⑤ GB/T 2045—80 (1996) 铬青铜板
- ⑥ GB/T 2046—80 (1996) 锰青铜板
- ⑦ GB/T 2047—80 (1996) 硅青铜板
- ⑧ GB/T 2049—80 (1996) 锡、锌、铅青铜板
- ⑨ GB/T 2052—80 (1996) 锰白铜板
- ⑩ GB/T 2529—89 铜导电板
- ⑪ GB/T 2531—81 热交换器固定板用黄铜板
- ⑫ GB/T 2530—89 照相制版用铜板
- ⑬ GB/T 2532—1997 水箱水室用黄铜板
- ⑭ GB/T 14594—2005 无氧铜板和带

(2) 带材、箔材标准

- ① GB/T 2059—2000 铜及铜合金带材
- ② GB/T 2061—2004 散热管散热片专用纯铜及黄铜带箔材
- ③ GB/T 2069—80 铝白铜 (BA16-1.5, BA13-3) 带
- ④ GB/T 5187—85 纯铜箔
- ⑤ GB/T 5188—85 (1997) 黄铜箔
- ⑥ GB/T 5189—85 (1997) 青铜箔
- ⑦ GB/T 5190—85 (1997) 镍及白铜箔
- ⑧ GB/T 11087—2001 散热器冷却管专用黄铜带
- ⑨ GB/T 11089—89 专用铅黄铜带
- ⑩ GB/T 11090—89 雷管用铜及铜合金带
- ⑪ GB/T 11091—2005 电缆用铜带
- ⑫ GB/T 15714—1995 焊接管用 H65 黄铜带
- ⑬ GB/T 18813—2002 变压器铜带
- ⑭ YS/T 29—92 电容器专用黄铜带
- ⑮ YS/T 30—92 纱管专用黄铜带
- ⑯ YS/T 323—2002 铍青铜板材和带材

⑰ YS/T 463—2003 铜及铜合金板材带箔材产品缺陷

(3) 管材标准

① GB/T 1527—1997 铜及铜合金拉制管

② GB/T 1528—1997 铜及铜合金挤制管

③ GB/T 1531—94 铜及铜合金毛细管

④ GB/T 8010—87 (1997) 气门嘴用 HPb63-0.1 铅黄铜管

⑤ GB/T 8890—1998 热交换器用铜合金无缝管

⑥ GB/T 8891—2000 铜及铜合金散热扁管

⑦ GB/T 8892—2005 压力表用铜合金管

⑧ GB/T 8893—88 (1997) 矩形和方形铜及铜合金波导管

⑨ GB/T 8894—88 (1997) 圆形铜波导管

⑩ GB/T 11092—89 黄铜焊接管

⑪ GB/T 16866—1997 一般用途的加工铜及铜合金无缝圆形管材外形尺寸及允许偏差

⑫ GB/T 17791—1999 空调与制冷用无缝铜管

⑬ GB/T 18033—2000 无缝铜水管和铜气管

⑭ GB/T 19849—2005 电缆用无缝铜管

⑮ GB/T 19850—2005 导电用无缝圆形铜管

⑯ YS/T 462—2003 铜及铜合金管棒型线产品缺陷

⑰ YS/T 440—2001 内螺纹铜管

⑱ YS/T 450—2002 冰箱用高清洁度铜管

(4) 棒材标准

① GB/T 4423—92 铜及铜合金拉制棒

② GB/T 13808—92 铜及铜合金挤制棒

③ GB/T 13809—92 铜及铜合金矩形棒

④ GB/T 13812—92 黄铜磨光棒

⑤ GB/T 12769—2003 钛铜复合棒

⑥ YS/T 76—94 铅黄铜拉花棒

⑦ YS/T 77—94 铅黄铜针座棒

⑧ YS/T 333—94 无氧铜棒

⑨ YS/T 334—1995 铍青铜棒

(5) 丝、线材标准

① GB/T 3114—94 铜及铜合金扁线

② GB/T 3125—94 白铜线

③ GB/T 3134—82 铍青铜线

④ GB/T 14953—94 纯铜线

⑤ GB/T 14954—94 黄铜线

⑥ GB/T 14955—94 青铜线

⑦ GB/T 14956—94 专用铜及铜合金线

⑧ GB/T 2903—1998 铜-铜镍 (康铜) 热电偶丝

⑨ YS/T 234—94 滤清器用黄铜线

1.5.5 包装、标志、运输及贮存标准

GB/T 8888—88 重有色金属加工产品包装、标志、运输及贮存