

李中和 编著

铜丝铜网

轻工业出版社

铜丝铜网

李中和 编著

轻工业出版社

内 容 提 要

本书是编著者根据自己从事有色金属压力加工及其二次加工铜网生产和科学研究的二十年经验，以及参考国内外铜丝铜网生产技术资料 and 有色金属加工方面的资料编著而成的。

全书由绪论、一至四章和附录组成，前四章着重阐述了铜、铜合金及其线材的加工，铜网的织造原理、工艺过程、故障处理以及对它们的分析和检验，同时力求编进了最新的应用技术。最后部分是附录，主要介绍了国外有关铜丝铜网方面的标准资料，以供国内同类企业参考之用。

为了适应不同水平读者的需要，书中内容做到了高低兼顾、深浅相宜，既可供从事铜丝铜网制造的工程技术人员参考，也可供青年人学习。本书同时对造纸专业、电线电缆专业以及有色金属压力加工专业的技术人员、大专、中专学生和其他从业人员也有一定的参考价值。

铜 丝 铜 网

李中和 编著

轻工业出版社出版

(北京阜成路8号)

通县觅子店印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

787×1092毫米1/32 印张，8^{3/4}/32 插页，3字数，190千字

1986年5月 第一版第一次印刷

印数：1—3,000 定价2.05元

统一书号：15042·1763

前 言

铜丝铜网作为结构材料和工具有着极为广泛的用途，而且铜丝铜网的制造是我们祖国最古老的生产行业之一。然而迄今为止，铜丝铜网技术不仅没有构成专业学科，甚至尚无一本我国自己编写的技术书籍。轻工业出版社于1959年翻译出版的《金属网的织造》，首先向我们介绍了国外的织网技术，对提高这一行业生产人员的技术水平起了一定作用。

二十多年过去了，我国的科学技术发生了日新月异的变化，铜丝铜网生产技术也早已超过国外五十年代的水平。为了进一步促进铜丝铜网技术水平的提高，总结我们二十多年来的生产经验、整理技术和学术方面的成果，奉献给正在从事或者将要从事这一行业工作的技术人员、干部和工人，这就是编著本书的目的。

承各方面的鼓励和支持，本书于1978年完成初稿。几年来由于科学技术的不断进步和实践的进一步验证，作者认为有必要并有充裕的时间，对书中内容进行反复斟酌和决定取舍。并把那些新发展起来的工艺技术补充进去，如线坯的上铸法生产、线材的拉丝连续退火以及织网的片式整经等。同时，并将最近收集到的外国标准列附录于书后以供参考。

本书在内容上力求作到高低兼顾，深浅相宜，使从事铜丝铜网生产的工程技术人员和工人看到后都能有所裨益。

本书在写作过程中，得到许多同志的关心和帮助，尤其是辽宁省第一轻工业局总工程师张承武和西安造纸网厂高万卿厂长对本书原稿进行了认真的审校，轻工业出版社委托了程道扬同志代为审阅，以及在最后完稿的缮写、绘图和拍照。

工作中，一些同志付出了辛勤的劳动，借此机会一并致以深切的谢意。

本书是作者在著述方面的初步尝试，由于水平有限，谬误不当之处敬请同行和广大读者不吝指正。

编著者

目 录

绪论	(1)
第一章 铜及铜合金	(5)
第一节 工业用铜	(5)
一、铜的性能	(5)
二、杂质对铜性能的影响	(9)
三、铜的应用	(12)
第二节 铜合金概论	(12)
一、黄铜	(13)
二、青铜	(20)
三、铜镍合金	(27)
第二章 铜丝的加工	(29)
第一节 概述	(29)
一、金属压力加工的基础及特点	(29)
二、铜丝加工工艺流程	(30)
第二节 熔炼与铸造	(30)
一、铜合金的熔炼	(30)
二、铜合金铸锭	(40)
第三节 线坯的压力加工	(52)
一、板材压延	(53)
二、型材轧制	(58)
三、挤压	(65)
第四节 拉丝	(67)
一、基本概念及计算	(68)
二、拉丝过程	(71)

三、拉丝配模	(75)
四、拉丝模具	(80)
五、拉丝的润滑	(86)
六、生产能力的计算	(89)
第五节 线材的表面处理及热处理	(93)
一、酸洗	(93)
二、退火	(96)
第六节 线材质量分析及故障处理	(103)
一、变色或脏线	(103)
二、畸形线	(104)
三、拉丝断线	(104)
四、连续退火的变色线	(106)
五、塔轮的磨损	(106)
六、拉丝模的磨损	(107)
第三章 铜网的织造	(109)
第一节 概述	(109)
一、铜网的分类	(109)
二、铜网的标称及概念	(111)
三、铜网制造的工艺流程	(115)
第二节 织造前的准备	(115)
一、整经	(115)
二、穿棕递杼	(130)
三、纬线的准备	(139)
第三节 织网	(143)
一、开口运动	(144)
二、投梭和卡纬运动	(149)
三、经线的送出与铜网的卷取运动	(155)

四、织网的工艺调整	(161)
五、生产能力的计算	(163)
第四节 铜网的焊接与平整	(165)
一、焊接	(166)
二、平整	(168)
三、铜网的包装与贮存	(171)
第五节 铜网疵点分析及其预防和处理	(171)
一、硬伤	(172)
二、双线	(172)
三、打结 (“回鼻”)	(173)
四、断经	(173)
五、倒线	(174)
六、松线	(174)
七、杂物	(175)
八、沟与棱	(175)
九、纬密不均	(176)
十、松紧不一	(176)
十一、焊口断丝	(177)
十二、清洁度差	(177)
第四章 检测	(179)
第一节 概述	(179)
一、检测的方法	(179)
二、实验与检测结果的整理及精确度	(181)
第二节 金属线材的检验	(184)
一、铜丝的度量	(184)
二、拉力试验	(196)
三、金属学实验	(203)

第三节 铜网的检验.....	(218)
一、网目及网孔的检测.....	(218)
二、拉力试验.....	(227)
第四节 工艺试验.....	(229)
一、线材的扭转试验.....	(229)
二、反复弯曲试验.....	(230)
三、磨损试验.....	(231)
附录.....	(234)
一、各种线号尺寸对照表.....	(234)
二、铜及铜合金线材的断面积及重量计算用 表.....	(236)
三、日本工业标准 I. 造纸用铜网.....	(241)
日本工业标准 II. 工业用有色金属网.....	(247)
四、联邦德国标准 检验筛用金属丝网.....	(249)
五、苏联标准 金属网技术条件.....	(253)
I. 造纸工业用有色金属合金单织网.....	(253)
II. 造纸工业用有色金属合金三线网 技术条件.....	(260)
六、国际标准 试验滤网——金属编织网和 多孔冲裁板标称尺寸.....	(266)
七、造纸用铜网选择参考表.....	(270)

绪 论

在征服自然和利用自然的伟大斗争中，我国劳动人民为开创人类的物质文明建树了卓著的功绩，在金属加工工业乃至金属丝与网的加工制造方面，同样也作出了巨大的贡献。

我国加工制造金属丝网的悠久历史至少可以追溯到两千年以前。1968年在河北省发掘的西汉古墓中依然完好地保存下来有两套“金缕玉衣”，这就是金丝及其二次加工编织而成的精美制品。早期的金属丝与网多用作贵族豪富的装饰，随着社会制度的变革和生产力的发展，金属丝与网的应用逐渐得到了扩大，始见于生活与生产各方面。其间，在它们的加工工艺上出现的无模拉丝、穿板拉丝、金刚石钻孔以及木机织网等都体现着我国人民的创造智慧。但是，由于长期遭受陈腐的旧社会制度的禁锢以及闭关自守政策的束缚，在相当长的一段历史时期内，我国的金属丝网生产和其它金属加工工业一样处于停滞状态。鸦片战争以后，欧洲的机器生产虽然传入到我国，但帝国主义的目的完全在于经济侵略，加之官僚资本主义的垄断和封建主义的压迫与剥削，要想得到真正的工业发展是根本不可能的。所以，金属丝网的生产仍然扭转不了非常落后的局面，尤其是资源广泛的、当时外国技术比较成熟的铜丝与铜网的生产，我国在解放前除纯铜丝用作导电材料尚有少量生产能力外，而作为结构材料的铜合金丝及其二次加工制品铜网的工业化生产则几乎是空白。

解放后，随着大工业的发展以及生产的需要，我国的铜丝铜网工业在党和人民政府的正确领导和决策下，无论在科

学技术方面，还是在生产能力方面，都迅速地发展起来了。1949年在我国工业中心城市沈阳创建了第一个铜丝与铜网联合生产的国营企业，并且试验成功了造纸用锡青铜长网，从而在这方面打破了帝国主义的技术垄断和经济封锁。尔后，在全国陆续建设了适应各种需要的铜丝铜网企业，逐步形成了比较完整的工业体系。现在，生产规模不仅基本适应和满足了国内的需要，而且每年都有相当数量的铜丝铜网作为商品进入国际市场；产品质量逐年提高，与国外先进水平的差距不断缩短，有的产品则已经进入列先进的行列；就其技术范畴而言，也初具了铜丝铜网专业的雏形，国家和企业设置了相应的专业或技术学校，在生产企业和学校中培养和造就了一批具有专业知识和管理经验的工程技术干部和生产工人，成为我国社会主义建设的一支有生力量。

铜丝与铜网在国民经济中发挥着日益巨大的作用。铜丝从作为电线电缆工业的导电材料，已发展成为多种工业的结构材料，铜网就是它们的二次加工制品；铜网也跳出了仅用作筛分过滤的狭小圈子，亦充作工具、部件和结构材料，在冶金、化工、石油、煤炭、机械、电子、食品、造纸等各种工业部门以及在农业和国防上都有广泛的应用，而且用途越来越广。在这些部门中，用量最多、要求最高的是造纸铜网，它作为各种纸张、纸板和纸浆的专用成形工具。除此而外，铜网在造纸工业上还广泛用作圆网造纸机的外网、里网，以及制浆过程的各种过滤网等。

铜丝与铜网尽管从外观上看产品结构比较简单，但技术条件要求却比较高。材料、加工工艺和工艺装备是它们生产制造中的几个重要环节。近年来，有色金属压力加工以及铜网制造技术发展很快，研究新材料、改革工艺方法、设计和

制造专用设备是带有方向性的问题，对铜丝铜网工业的发展起着重大作用。

铜丝生产在产品的高精度、拉丝高速度以及生产连续化方面都达到了较高的水平；但铜网生产尤其是造纸铜网的生产还比较年轻，尚有许多研究课题需要我们去解决。织网用铜丝要求向抗腐蚀、耐磨损和高疲劳强度方向发展，为了达到这些目的，国外用硅锰青铜及耐酸不锈钢来代替传统的锡青铜；我国科技工作者根据国内资源情况，在进行高合金化和合金改性方面进行了研究。对铜网要求向寿命长、适应性强、造纸铜网的大规格和运行的高速度方向发展，为了达到这些目的，创造了各种新型编织工艺，如多棕多纹织法、蛇形编织以及造纸长网的熔化焊接等；在专用机械方面，既汲取国外的先进经验，又结合我国的具体情况，设计和制造了适用于编织方孔铜网的 K251 型铜网织机和适用于编织造纸铜网的 ZS3940 型 4 米幅宽织机，并且进一步研究它们的系列化。

人类的历史总是不断发展的，科学技术也在不断前进，丝与网的词冠并不能永远停留在一个“铜”字上。近年来发展起来的塑料丝网（包括聚乙烯材料、聚酯材料、尼龙材料等）以及其它金属的腐蚀网、沉积网、轧制网是层出不穷的，在国民经济各部门代替了一些铜网。然而由于铜具有的优良特性，在目前的技术水平上，要想完全取代铜网则是不可能的。所以，从事铜丝铜网生产的工程技术人员和广大工人既要研究使用这些新材料、新工艺；又要深入钻研和革新铜丝材料及铜网工艺，才能适应新形势的需要。

铜丝铜网工业属于加工工业部门。比较大的铜丝铜网企业均衡地分布在各大协作区（只西南大区尚无专业性的造纸

网厂)，成为工业配套的一个组成部分。今后我们应继续立足于对老企业的挖潜、革新、改造，努力提高产品质量，扩大生产能力，提高经济效益，高速度地发展铜丝铜网工业，为早日实现我国农业、工业、国防和科学技术的现代化，贡献更大的力量。

第一章 铜及铜合金

第一节 工业用铜

一、铜的性能

在工业上常用的金属中，铜占有特殊重要的地位，这不仅因为它在世界上藏量丰富，更主要的是由于它的应用最广。铜在化学元素周期表中列于第29位。纯铜具有良好的导电性及导热性，并具有足够高的抗腐蚀性能。铜在冷状态和热状态下都具有良好的塑性，这就决定了它的加工工艺性能优越。

铜的一些物理常数如下：

密度 γ (克/厘米 ³)	8.959
熔点 t (°C)	1083
熔解热 (卡/克)	49
导热率0°C时 (卡/厘米·秒·度)	0.98
电阻20°C时 (微欧·厘米)	1.682
线膨胀系数在0~100°C范围内每1°C的 α 值	1.65×10^{-6}
结晶时体积收缩 (%)	4.1
压缩系数 $K \times 10^6$ (厘米/公斤)	0.76
弹性系数 E 18°C时 (公斤/毫米 ²)	12500
抗拉强度极限 δ_b (公斤/毫米 ²)	22

表 1-1

铜品号	代号	化 学 成 分 (%)											用途举例		
		铜不小于	杂 质 不 大 于												
			铍	锑	砷	铁	镍	铅	锡	硫	氧	锌		磷	总和
一号铜	Cu-1	99.95	0.002	0.002	0.002	0.005	0.002	0.005	0.002	0.005	0.02	0.005	0.001	0.05	导电器材
二号铜	Cu-2	99.90	0.002	0.002	0.002	0.005	0.002	0.005	0.002	0.005	0.06	0.005	0.001	0.10	高级铜合金
三号铜	Cu-3	99.70	0.002	0.005	0.001	0.05	0.20	0.01	0.05	0.01	0.10			0.30	铜基合金
四号铜	Cu-4	99.50	0.003	0.05	0.05	0.05	0.20	0.01	0.05	0.01	0.10			0.50	普通铜合金

伸长率 δ (%) 50

断面收缩率 Ψ (%) 70

布氏硬度 H_B (公斤/毫米²) 37.4~42

工业纯铜的分类如表1-1所列。

纯铜通过冷变形加工可以改变其机械性能，抗拉强度极限能提高到40~80公斤/毫米²，布氏硬度能提高到100~120公斤/毫米²。但是，塑性和导电性却显著地降低了。图1-1为铜变形时性能所产生的变化。

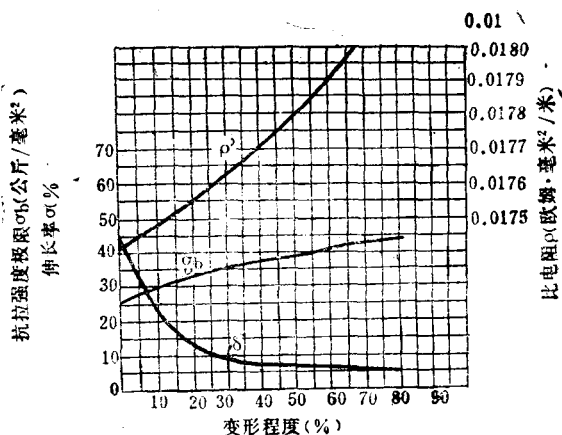


图 1-1 纯铜的机械性能及电阻系数与变形程度的关系

冷变形铜的性能可以通过退火（再结晶）来恢复。图1-2为经过冷变形加工铜的性能与退火温度的关系。

纯铜的表面可以形成一层由碱式硫酸盐 $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$ 组成的保护性薄膜，因此能够抵抗大气的腐蚀。淡水及凝聚的蒸汽几乎不与铜起作用，铜在海水中的腐蚀速

度也很微弱。容易使铜腐蚀的介质有氨水、氯化铵、硫酸等。

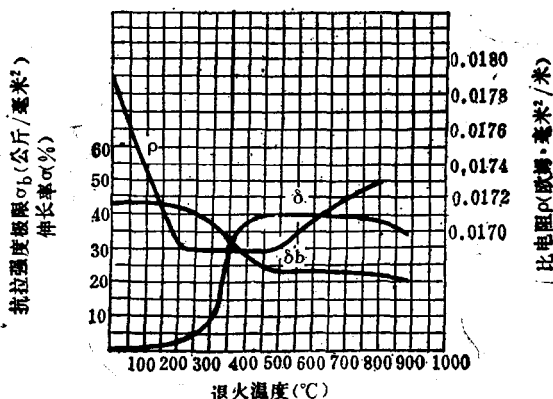


图 1-2 纯铜的机械性能及电阻系数与退火温度的关系

铜与氧在室温的条件下就能起作用。在100℃时,铜的表面就形成黑色的氧化铜膜。在高温时,铜的氧化速度急剧地加快,并在表面形成红色的氧化亚铜膜。

图 1-3 A与B分别为纯铜在铸造与退火状态下的显微组织。退火后具有典型的孪晶组织。铜经过再结晶后的晶粒大小对机械性能有明显的影 响,退火温度过高会使晶粒剧烈地长大,而使强度显著下降,这一现象通常称为过热。当退火温度接近开始熔化的温度时,除了有上述现象发生外,晶粒边界还可能氧化或部分熔化,即产生过烧。过热的铜可以重新变形,并在稍低的温度下进行退火即可获得正常的组织。