

铜合金管

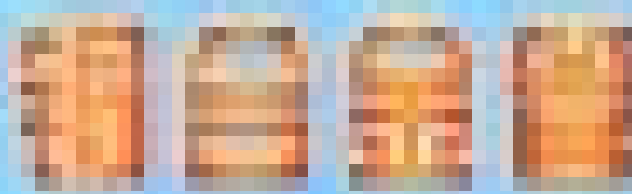
及不锈钢管

鲍波 编著



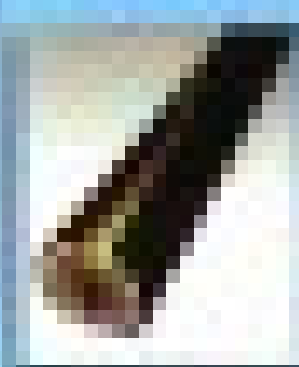
冶金工业出版社

<http://www.cnmp.com.cn>



及瓜瓞瓞

■ ■ ■



———

铜合金管及不锈钢管

鲍 波 编著

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2007

内 容 简 介

本书作者从事铜合金管、不锈钢管及多芯管研究和销售工作 20 多年,在工作中帮助企业解决了铜合金管、不锈钢管及多芯管在使用过程中遇到的许多工艺和技术问题,积累了大量的实践经验。作者在此基础上结合理论及国内外的研究成果编著了本书。全书分铜合金管及不锈钢管两部分,内容紧扣实际,实用性强。

本书可供铜合金管、不锈钢管及多芯管生产企业、销售部门及造船、海洋、电力和化工等使用单位的技术人员、管理人员和工人阅读,也可供职业技工学校、大专院校有关专业的师生和科研院所的科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

铜合金管及不锈钢管/鲍波编著 —北京:冶金工业出版社,2007. 11

ISBN 978-7-5024-4414-3

I. 铜… II. 鲍… III. ①铜合金—金属管 ②不锈钢—钢管 IV. TG146. 1 TG142. 71

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 173051 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京沙滩嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 谭学余 张登科 美术编辑 张媛媛 版式设计 张 青

责任校对 符燕蓉 李文彦 责任印制 丁小晶

北京兴华印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

ISBN 978-7-5024-4414-3

2007 年 11 月第 1 版,2007 年 11 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16;6 印张;136 千字;87 页;1-3500 册

20.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

铜的应用历史悠久,它的发现与使用技术是中华民族 5000 多年古代文明的重要组成部分。世界上在 15 世纪的时候就开始了对铜的加工,但都是手工作业方式。第二次世界大战期间,铜加工材料的生产取得了长足的发展。如今随着科学技术的进步和社会的发展,铜的高、精、尖新产品也随之出现,随着世界各地的造船业、化工、炼油、石化、换热器等行业的蓬勃兴起,铜管和不锈钢管也得到广泛应用。

不锈钢是近 20~30 年才出现的新产品,它的大量使用推动了不锈钢工业的进程。不锈钢具有优越的耐蚀性、耐磨性、强韧性和良好的可加工性,广泛用于宇航、海洋、军工、能源、船舶等方面。

本书作者从事铜合金管、不锈钢管及多芯管研究和销售工作 20 多年,在工作中帮助企业解决了铜合金管、不锈钢管及多芯管在使用中所遇到的许多工艺和技术问题,积累了丰富的实践经验。作者在此基础上结合理论及国内外研究成果编著了本书,目的是使读者能够全面、系统地了解铜合金管和不锈钢管的生产流程、力学性能、化学成分、物理特性、焊接工艺、主要用途、标准对照等。本书可供造船、海洋工程、电力和化工等行业工程技术人员阅读,也可供职业技术学校、大专院校有关专业的师生参考。

本书在编写过程中,上海沪舟实业有限公司提供了现场工艺和现场案例等资料,日本神户制钢等公司提供了金属材料研究报告等,在此表示衷心的感谢。

由于时间匆忙,书中不足之处,敬请读者指正。

鲍 波

2007 年 10 月 12 日

目 录

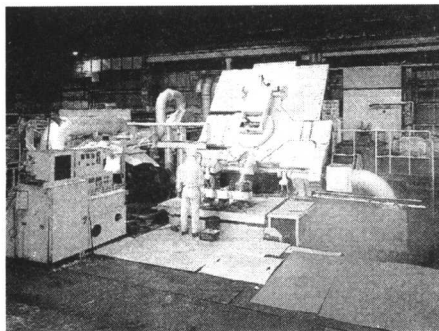
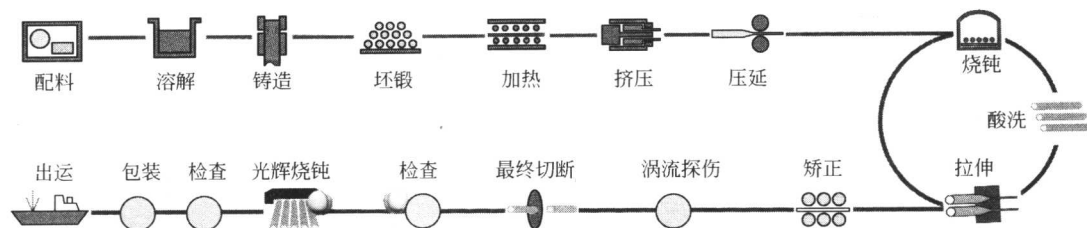
1 铜合金管	1
1.1 生产流程	1
1.2 化学成分	2
1.3 力学性能	4
1.4 高温力学性能	5
1.5 高温下许用应力	5
1.6 蠕变断裂强度	7
1.7 疲劳强度	7
1.8 常温下力学性能	8
1.9 常温下物理性能	9
1.10 产品范围	9
1.11 腐蚀	10
1.12 铜合金管的应用	11
1.13 铜合金管的电绝缘技术	12
1.14 铜合金的焊接技术	15
1.15 铜合金管的焊接工艺	39
1.16 铜合金管的标准尺寸	40
1.17 铜及铜合金标准对照表	42
2 不锈钢管	44
2.1 生产流程	44
2.2 不锈钢钢号对照表	44
2.3 铁素体不锈钢的化学成分	46
2.4 双相不锈钢的化学成分	48
2.5 奥氏体不锈钢的化学成分	50
2.6 镍基合金的化学成分	56
2.7 铁素体不锈钢的力学和物理性能	58
2.8 双相不锈钢的力学和物理性能	60
2.9 奥氏体不锈钢的力学和物理性能	61
2.10 镍基合金的力学和物理性能	65
2.11 化学元素的作用	66

2.12	不锈钢管的特征和用途	68
2.13	耐酸用不锈钢	73
2.14	不锈钢盘管及多芯管	74
2.15	不锈钢的腐蚀	78
2.16	不锈钢管的标准尺寸	82
2.17	不锈钢无缝钢管国内外部分标准对照	84
2.18	不锈钢焊接管国内外部分标准对照	86

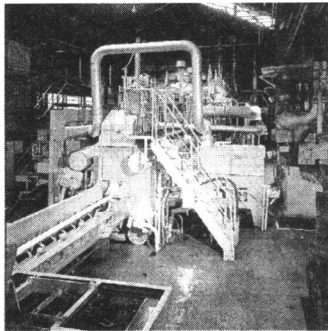
1 铜合金管

1.1 生产流程

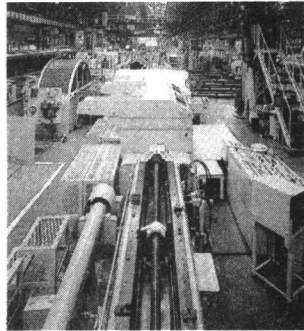
铜合金管的生产一般要经过配料、溶解、铸造、坯锻、加热、挤压、压延、烧钝、酸洗、拉伸、矫正、涡流探伤、检查、切片、切断、检查、光辉烧钝、检查、包装、出运等过程。其生产流程及部分设备如图 1-1 所示。



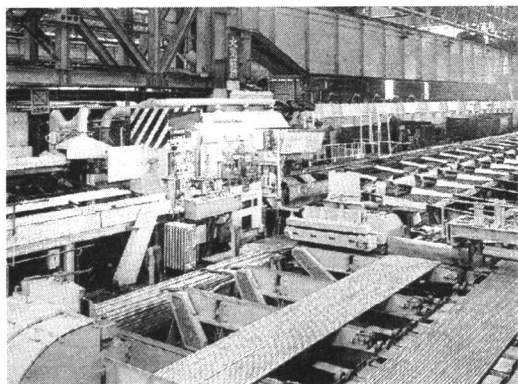
溶解炉



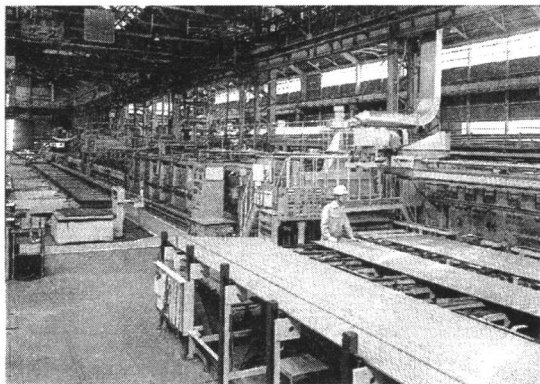
油压机



管压延机



涡流探伤机



光辉烧钝炉

图 1-1 铜合金管生产流程及部分设备图

1.2 化学成分

铜合金的化学成分如表 1-1 所示。

表 1-1 铜合金的化学

合 金	Cu	Al	As	Ni	Sn	Mn	Mg
铝黄铜							
JIS H3300 C6872T	76.0~79.0	1.8~2.5	0.02~0.06	0.20~1.0	—	—	—
ASTM B111 C68700	76.0~79.0	1.8~2.5	0.02~0.06	—	—	—	—
ASME SB111 C68700							
DIN1785 CuZn20Al2	76.0~79.0	1.8~2.3	0.020~0.035	≤0.1	—	≤0.1	≤0.005
BS2871 CZ110	76.0~78.0	1.8~2.3	0.02~0.06	—	—	—	—
Shinko 金属产品标准	*	*	*	*	≤0.01	≤0.01	≤0.005
海军黄铜							
JIS H3300 C4430T	70.0~73.0	—	0.02~0.06	—	0.9~1.2	—	—
ASTM B111 C44300	70.0~73.0	—	0.02~0.06	—	0.9~1.2	—	—
ASME SB111 C44300							
DIN1785 CuZn28Sn1	70.0~72.5	—	0.020~0.035	≤0.1	0.9~1.3	≤0.1	—
BS2871 CZ111	70.0~73.0	—	0.02~0.06	—	1.0~1.5	—	—
Shinko 金属产品标准	*	—	*	≤0.05	*	—	—
铜镍合金							
JIS H3300 C7060T	—	—	—	9.0~11.0	—	0.20~1.0	—
ASTM B111 C70600	Re	—	—	9.0~11.0	—	≤0.1	—
ASME SB111 C70600							
DIN 1785 CuNi10Fe1Mn	Re	—	—	9.0~11.0	—	0.5~1.0	—
BS2871 CN102	Re	—	—	10.0~11.0	—	0.50~1.00	—
Shinko 金属产品标准	*	≤0.02	≤0.005	*	≤0.02	*	—
JIS H3300 C7100T	—	—	—	19.0~23.0	—	0.20~1.0	—
ASTM B111 C71000	Re	—	—	19.0~23.0	—	≤0.1	—
ASME SB111 C71000							
Shinko 金属产品标准	*	≤0.10	≤0.005	*	≤0.02	*	—
JIS H3300 C7150T	—	—	—	29.0~33.0	—	0.20~1.0	—
ASTM B111 C71500	Re	—	—	29.0~33.0	—	≤0.1	—
ASME SB111 C71500							
DIN1785 CuNi30Mn1Fe	Re	—	—	30.0~32.0	—	0.5~1.5	—
BS2871 CN107	Re	—	—	30.0~32.0	—	0.50~1.50	—
Shinko 金属产品标准	*	≤0.10	≤0.005	*	≤0.02	*	—
JIS H3300 C7164T	—	—	—	29.0~32.0	—	1.5~2.5	—
ASTM B111 C71640	Re	—	—	29.0~32.0	—	1.5~2.5	—
DIN1785 CuNi30Fe2Mn2	Re	—	—	29.0~32.0	—	1.5~2.5	—
BS2871 CN108	Re	—	—	29.0~32.0	—	1.5~2.5	—
Shinko 金属产品标准	*	≤0.02	≤0.005	*	≤0.02	*	—

注：* 取决于不同的规格。

成分(质量分数)(%)

P	Fe	Pb	Zn	C	S	其他成分	典型用途
—	≤0.05	≤0.05	Re	—	—		
—	≤0.06	≤0.07	Re	—	—		
≤0.01	≤0.07	≤0.07	Re	—	—	As + P ≤ 0.035 其他所有杂质 ≤ 0.1	发电站、炼油厂、石化工厂其他海水处理的 冷凝器和热交换器用管
—	≤0.06	≤0.07	Re	—	—	所有杂质 ≤ 0.30	
≤0.005	≤0.02	≤0.02	Re	—	—	*	
—	≤0.05	≤0.05	Re	—	—		
—	≤0.06	≤0.07	Re	—	—		
≤0.01	≤0.07	≤0.07	Re	—	—	As + P ≤ 0.035 其他所有杂质 ≤ 0.1	淡水处理用的冷凝器和热交换器用管
—	≤0.06	≤0.07	Re	—	—	所有杂质 ≤ 0.30	
≤0.005	≤0.02	≤0.02	Re	—	—	*	
—	1.0~1.8	≤0.05	≤0.05	—	—	Cu + Ni + Fe + Mn ≥ 99.5	
—	1.0~1.8	≤0.05	≤10	—	—		
—	1.0~2.0	≤0.03	≤0.5	≤0.05	≤0.05	其他所有杂质 ≤ 0.3	污水处理厂用热交换器用管和船用海水管
—	1.0~2.0	≤0.01	—	≤0.05	≤0.05	所有杂质 ≤ 0.30	
≤0.010	*	≤0.01	≤0.2	≤0.05	≤0.01	*	
—	0.50~1.0	≤0.05	≤0.05	—	—	Cu + Ni + Fe + Mn ≥ 99.5	
—	0.50~1.0	≤0.05	≤1.0	—	—		高压给水加热器中的热交换器用管
≤0.010	*	≤0.01	≤0.2	≤0.05	≤0.01	*	
—	0.40~1.0	≤0.05	≤0.05	—	—	Cu + Ni + Fe + Mn ≥ 99.5	
—	0.40~1.0	≤0.05	≤1.0	—	—		
—	0.40~1.0	≤0.03	≤0.5	≤0.06	≤0.05	其他所有杂质 ≤ 0.3	热力厂冷凝区冷凝器用管、化工厂热交换器用管
—	0.40~1.00	≤0.01	—	≤0.06	≤0.08	所有杂质 ≤ 0.30	
≤0.010	*	≤0.01	≤0.2	≤0.05	≤0.01	*	
—	1.7~2.3	≤0.05	≤0.50	—	—	Cu + Ni + Fe + Mn ≥ 99.5	
—	1.7~2.3	≤0.05	≤1.0	—	—		
—	1.5~2.5	≤0.02	≤0.5	≤0.05	≤0.06	其他所有杂质 ≤ 0.3	废弃物处理厂高温区的热交换器用管
—	1.7~2.3	—	—	—	—	所有杂质 ≤ 0.30	
≤0.010	*	≤0.01	≤0.2	≤0.05	≤0.01	*	

1.3 力学性能

铜合金的力学性能如表 1-2 所示。

表 1-2 铜合金的力学性能

标准编号或合金编号		抗拉强度 /MPa	屈服强度 /MPa	伸长率 /%	硬度 HV ₅	扁平测试	膨胀测试	水银硝酸钾 或硝酸铵 蒸发测试	平面尺寸/mm
铝黄铜									
JIS H3300 C6872T-O		≥375	—	≥40	—	○	○	○	0.010~0.045 *
ASTM B111-C68700Ann.		≥345 **	≥125 **	—	—	○	○	○	0.010~0.045
ASTM SB111-C68700Ann.		≥345	≥125	—	—	○	○	○	0.010~0.045
DIN 1785	F34	≥340	120~180	≥55	—	○	○	○	0.010~0.050
CuZn20Al2		≥390	150~230	≥45	—	○	○	○	0.010~0.050
BS 2871 CZ110	TA	—	—	—	85~110	○	○	○	≤0.05
	O	—	—	—	≤75	○	○	○	—
海军黄铜									
JIS H3300 C4430T-O		≥375	—	≥30	—	○	○	○	0.010~0.045 *
ASTM B111-C44300Ann.		≥310 **	≥105 **	—	—	○	○	○	0.010~0.045
ASME SB111-C44300Ann.		≥310	≥105	—	—	○	○	○	0.010~0.045
DIN 1785	F32	≥320	100~170	≥55	—	○	○	○	0.010~0.050
CuZn28Sn1		≥360	140~220	≥45	—	○	○	○	0.010~0.050
BS 2871 CZ111	TA	—	—	—	80~105	○	○	○	≤0.05
	O	—	—	—	≤75	○	○	○	—
铜镍合金									
JIS H3300 C7060T-O		≥275	—	≥30	—	○	○	—	0.010~0.045 *
ASTM B111-C70600Ann.		≥275 **	≥105 **	—	—	○	○	—	0.010~0.045
ASME SB111-C70600Ann.		≥275	≥105	—	—	○	○	—	0.010~0.045
DIN 1785	F29	≥290	90~180	≥30	—	○	○	—	0.01~0.05
CuNi10Fe1Mn									
BS 2871 CN102	O	—	—	—	80~110	○	○	○	≤0.05
JIS H3300 C7150T-O		≥365	—	≥30	—	○	○	—	0.010~0.045 *
ASTM B111-C71500Ann.		≥360 **	≥125	—	—	○	○	—	0.010~0.045
ASTM SB111-C71500Ann.		≥360	≥125	—	—	○	○	—	0.010~0.045
DIN 1785	F37	≥370	120~220	≥35	—	○	○	—	0.01~0.05
CuNi30Mn1Fe									
BS 2871 CN107	O	—	—	—	90~120	○	○	○	≤0.05
JIS H3300 C7164T-O		≥430	—	≥30	—	○	○	—	0.010~0.045 *
ASTM B111-C71640Ann.		≥435 **	≥170 **	—	—	○	○	—	0.010~0.045
DIN 1785	F42	≥420	150~260	≥30	—	○	○	—	0.01~0.05
CuNi30Fe2Mn2									
BS 2871 CN108	O	—	—	—	90~120	○	○	○	≤0.05

注：* 仅在被要求时做，此处抗拉强度未做测试。

** 仅被要求时做。

○ 测试已做。

1.4 高温力学性能

铜合金高温力学性能如表 1-3 所示。

表 1-3 铜合金高温力学性能

测试温度/℃	0.2%屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	伸长率/%	断面收缩率/%
铝黄铜				
R. T.	246	455	39	65
100	234	437	37	63
200	223	410	39	60
300	209	333	26	30
400	129	279	22	23
500	71	157	30	30
90/10 铜镍合金(ann.)				
R. T.	106	312	45	78
200	89	268	35	78
300	85	258	32	61
400	86	237	30	60
550	79	150	41	40
80/20 铜镍合金(ann.)				
R. T.	121	329	44	81
200	105	284	38	80
300	90	270	35	76
400	92	250	31	56
550	88	160	17	15
70/30 铜镍合金(ann.)				
R. T.	144	366	41	75
200	126	318	37	73
300	119	287	35	65
400	104	243	19	15
550	93	175	16	15

1.5 高温下许用应力

铝黄铜管和 90/10 铜镍管、80/20 铜镍管、70/30 铜镍管所能承受的不同温度下的最大许用应力如图 1-2 所示。

最大许用内应力的计算式如下：

$$p = \frac{2St}{D - 0.8t}$$

式中 p ——最大许用内应力；
 t ——管壁厚；
 D ——外径；
 S ——最大许用压力。

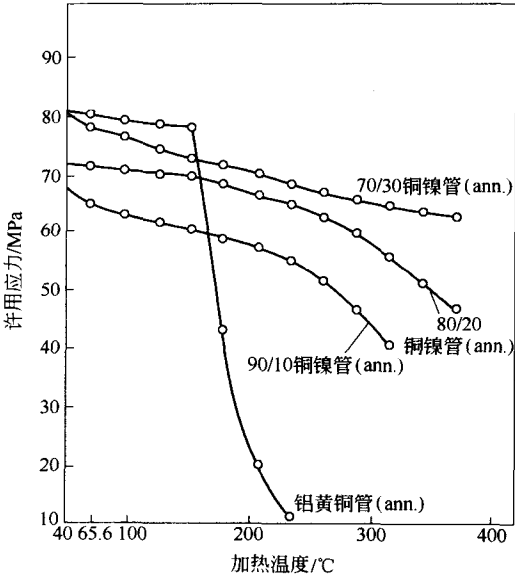


图 1-2 加热材料时许用应力与加热温度的关系

利用表 1-4 的数据，一根厚度为 1.245m，外径为 19mm 管子的最大许用应力可以计算出来。不同加热材料的作用温度的极限为：铝黄铜 180℃，90/10 铜镍合金为 300℃，80/20 及 70/30 铜镍合金为 370℃。

表 1-4 材料的最大许用内应力 p (MPa)

温度/℃	铝 黄 铜	90/10 铜镍合金	80/20 铜镍合金	70/30 铜镍合金
121	11.1	8.8	9.9	10.5
149	11.1	8.5	9.8	10.3
177	6.2	8.2	9.6	10.1
204	3.1	8.1	9.4	9.8
232	1.6	7.8	9.2	9.6
260	—	7.6	8.9	9.4
288	—	6.6	8.5	9.4
316	—	5.7	8.0	9.1
343	—	—	7.4	9.1
371	—	—	6.7	8.9

1.6 蠕变断裂强度

铜合金的蠕变断裂强度如表 1-5 所示。

表 1-5 铜合金的蠕变断裂强度

测试温度/℃	断裂强度/MPa			
	100h	1000h	10000h	100000h
铝青铜				
100	430	420	—	—
200	280	250	190	160
300	110	80	60	—
90/10 铜镍合金				
200	—	260	—	—
300	260	250	220	200
400	190	170	160	140
80/20 铜镍合金				
200	—	—	—	—
300	260	230	210	200
400	170	140	120	110
70/30 铜镍合金				
200	—	—	—	—
300	260	230	200	180
400	140	120	90	50

1.7 疲劳强度

铜合金的疲劳强度如表 1-6 所示。

表 1-6 铜合金的疲劳强度

合 金	抗拉强度/MPa	伸长率/%	疲劳强度(10 ⁷ 周的反作用力)/MPa
铝青铜	450	46	230
90/10 铜镍合金	310	45	150
80/20 铜镍合金	340	45	150
70/30 铜镍合金	390	45	170

1.8 常温下力学性能

铜合金常温下的力学性能如图 1-3~图 1-7 所示。

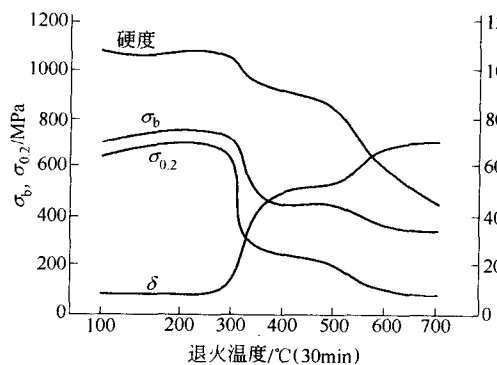


图 1-3 铝黄铜退火温度与力学性能的关系

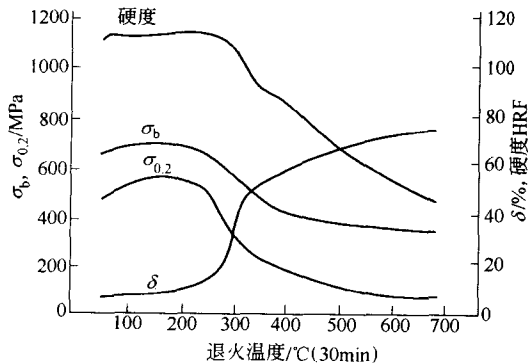


图 1-4 海军黄铜退火温度与力学性能的关系

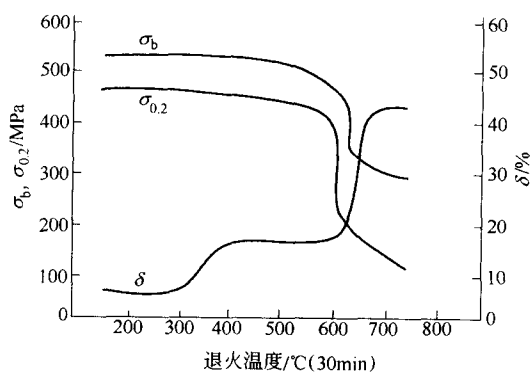


图 1-5 90/10 铜镍合金退火温度与力学性能的关系

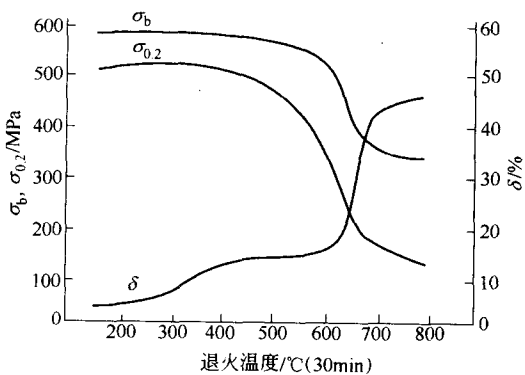


图 1-6 80/20 铜镍合金退火温度与力学性能的关系

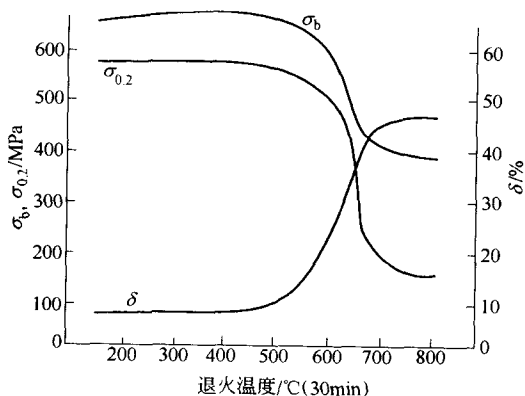


图 1-7 铜镍合金退火温度与力学性能的关系

1.9 常温下物理性能

铜合金常温下的物理性能如表 1-7 所示。

表 1-7 铜合金常温下的物理性能

合 金	密度(20℃) /g·cm ⁻³	热导率(20℃) /W·(m·K) ⁻¹	线膨胀系数 (20~300℃)/K ⁻¹	比热容(20℃) /J·(g·K) ⁻¹	弹性模量 (R. T.)/MPa
铝黄铜	8.4	1.0×10 ²	18.5×10 ⁻⁶	0.38	11×10 ⁴
海军黄铜	8.8	1.1×10 ²	20.2×10 ⁻⁶	0.38	11×10 ⁴
90/10 铜镍合金	8.9	0.5×10 ²	17.1×10 ⁻⁶	0.38	12×10 ⁴
80/20 铜镍合金	8.9	0.3×10 ²	16.8×10 ⁻⁶	0.38	14×10 ⁴
70/30 铜镍合金	8.9	0.3×10 ²	16.2×10 ⁻⁶	0.38	15×10 ⁴

1.10 产品范围

铜合金管产品范围如图 1-8 所示。

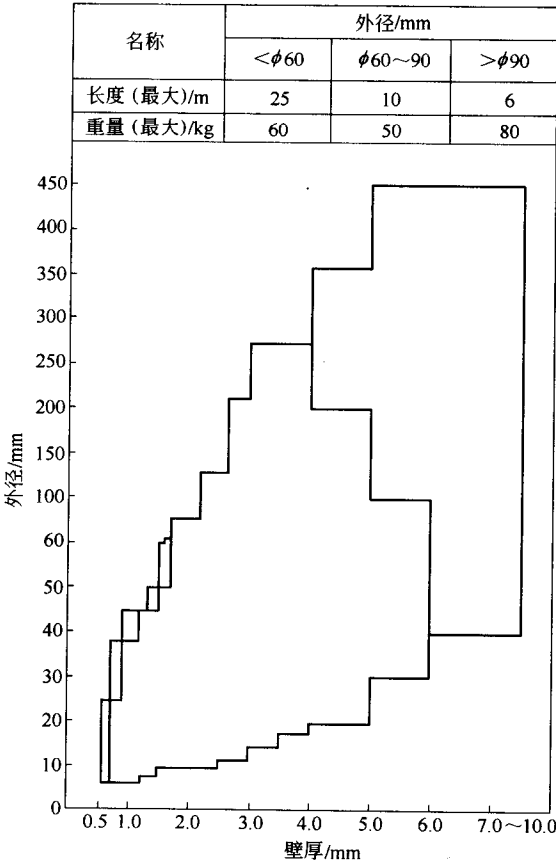


图 1-8 铜合金管产品范围

1.11 腐 蚀

1.11.1 沉淀物腐蚀

沉淀物腐蚀是铜合金管内的异物,如贝壳、泥土、海藻等所引起的腐蚀,这主要是沉淀物下部发生浓差电池作用的腐蚀及有异物引起的乱流造成铜合金耐蚀性保护膜受到损伤造成腐蚀。通过试验,我们可以发现铜镍合金的耐沉淀腐蚀远优于铝黄铜。

表 1-8 为用清净海水试验的铜合金管的腐蚀深度。

表 1-8 用清净海水试验的铜合金管腐蚀深度(mm)

试样种类	铝 黄 铜		90/10 铜镍合金		70/30 铜镍合金	
沉积物形状	①	②	①	②	①	②
1 号管	0.12	0.10	0.06	0.13	0.03	0
	0.21	0	0	0	0.06	0
	0.08	0	0.01	0	—	—
	0.16	0	—	—	—	—
	0.13	0	—	—	—	—
2 号管	>1.0	0	0	0.05	0	0
	0.74	>1.0	0	0	0.09	0
	0.73	0	—	—	0	0
	0.54	0	—	—	—	—
	0.74	0	—	—	—	—

注: >1.0 为贯穿孔;—为无试样。

1.11.2 海水腐蚀

一般地说,铜合金管在清洁海水中可形成坚固耐蚀性保护膜,由于有较强的耐海水腐蚀性,故在海水环境中被广泛地使用。但在近港口、河口被污染海水中,常常含有硫化物成分,使各种铜合金容易腐蚀,尤其是铜镍合金在污染海水中更易腐蚀,铝黄铜相对影响较小。

1.11.3 应力腐蚀

对各种铜合金的应力腐蚀做了各种分析和试验,结果如表 1-9 所示。

表 1-9 铜合金管的应力腐蚀

耐 蚀 性 差	耐蚀性一般	耐 蚀 性 好	耐蚀性最好
含锌 20%以上黄铜	含锌 20%以下黄铜铝青铜、磷青铜	硅青铜、磷脱氧铜	铜镍合金、铍铜