

重有色金属材料加工手册

第四分册

《重有色金属材料加工手册》编写组 编

责任编辑 向培森

(限国内发行)

*

冶金工业出版社出版

(北京灯市口74号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

*

787×1092 1/16 印张 13 5/8 字数 322 千字

1980年3月第一版 1980年3月第一次印刷

印数00,001~15,000册

统一书号: 15062·3511 定价 1.70 元

目 录

第四篇 管棒材生产

第一章 管棒材生产及产品技术标准 1	四、擦伤和划伤.....73
第一节 管棒材生产..... 1	五、气泡.....73
一、管材生产方法..... 1	六、起皮或夹灰.....73
二、棒材生产方法..... 1	七、挤压偏心管时破肚.....73
三、管棒材生产方法比较..... 1	八、挤压型材的扭拧.....74
第二节 管棒材产品品种及技术标准..... 2	九、挤压管材的偏心.....74
第二章 挤压10	第三章 斜轧热穿孔75
第一节 挤压方法.....10	第一节 生产方法及变形特点.....75
第二节 挤压时的变形特点及力的计算.....13	一、斜轧热穿孔生产.....75
一、挤压时的变形特点.....13	二、穿孔时的变形特点.....75
二、挤压力的计算.....14	第二节 斜轧热穿孔时的力能计算.....76
三、穿孔力计算.....29	一、穿孔时力及力的分析.....76
第三节 挤压时工艺参数的选择.....29	二、穿孔时纯变形功及功率消耗.....77
一、锭坯尺寸的选择.....29	第三节 生产工艺.....82
二、挤压温度的选择.....33	一、锭坯的尺寸选择.....82
三、挤压速度的选择.....37	二、锭坯加热制度.....83
四、挤压润滑剂.....39	三、穿孔.....83
五、挤压制品的组织性能及其	第四节 热穿孔工具.....84
质量控制.....40	一、鼓形轧辊设计.....84
六、挤压时工艺废料.....40	二、穿孔顶头设计.....85
第四节 挤压工具.....41	第五节 穿孔设备.....87
一、挤压工具装配结构.....41	一、斜轧热穿孔设备结构图.....87
二、挤压筒.....41	二、斜轧热穿孔设备性能.....87
三、挤压轴.....49	第六节 穿孔时废品.....87
四、穿孔针.....51	一、壁厚不均.....87
五、挤压垫.....52	二、管坯内划伤.....88
六、挤压模.....53	三、管坯内折和内裂纹.....88
七、挤压工具材料选择及要求.....57	四、管坯的外折和外擦伤.....88
第五节 挤压设备.....59	第四章 冷轧管89
一、锭坯加热设备.....59	第一节 冷轧管的方法.....89
二、挤压设备.....62	第二节 冷轧时的变形特点及力的计算..... 90
三、水泵站设计计算.....68	一、二辊冷轧管时的变形特点.....90
第六节 挤压时废品产生原因.....71	二、二辊冷轧管时轧制力计算.....91
一、挤压缩尾.....71	三、多辊冷轧管时轧制力计算.....96
二、裂纹和开裂.....72	四、轧制压力的测定.....96
三、挤制品的层状组织和断口不合.....73	五、轧管机生产率的计算.....96

第三节 冷轧时工艺参数的选择	100	二、拉伸芯头	173
一、冷轧管坯料的选择	100	第六节 拉伸设备	179
二、冷轧管送料量的选择	100	一、链式拉伸机	179
三、冷轧管时的延伸系数选择	102	二、卷筒拉伸机	185
第四节 冷轧管工具	102	三、液压拉伸机	187
一、二辊冷轧管机孔型设计	102	第七节 拉伸过程的废品	188
二、多辊冷轧管机孔型设计	114	第六章 热处理及酸洗	189
三、二辊冷轧管工具图	118	第一节 热处理工艺	189
四、LD型冷轧管机工具图	120	一、软化退火	189
第五节 冷轧管设备	121	二、成品退火	189
一、二辊冷轧管机	121	三、消除内应力退火	189
二、高速冷轧管机	122	四、淬火与时效	189
三、多辊冷轧管机	125	五、退火时工艺要求	197
第六节 冷轧管时废品	125	第二节 酸洗	199
第五章 拉伸	127	一、各种金属和合金酸洗时的	
第一节 拉伸方法	127	化学反应	199
第二节 拉伸时的变形特点及力的计算	128	二、酸洗工艺	199
一、拉伸时的变形特点	128	第三节 热处理及酸洗设备	200
二、拉伸力的计算	132	一、退火炉	200
第三节 拉伸时工艺参数的选择	148	二、酸水洗设备	201
一、管材、棒材及型材拉伸时坯料的		三、热处理及酸水洗过程中	
选择	148	废品产生原因	201
二、拉伸时延伸系数的确定	149	第七章 辅助工序	203
三、管材拉伸时道次减壁、		第一节 辅助工艺	203
减径量的确定	158	一、夹头的制作	203
四、管材空拉时壁厚的变化	159	二、矫直	203
五、异型管生产时工艺	161	三、锯切与剪切	204
六、管、棒材生产工艺流程	165	第二节 辅助工具及设备	204
第四节 拉伸润滑剂	169	一、制造夹头的工具及设备	204
第五节 拉伸工具设计	171	二、矫直设备	208
一、拉伸模	171	三、锯切设备	211

第四篇 管棒材生产

第一章 管棒材生产及产品技术标准

第一节 管棒材生产

一、管材生产方法

管坯的制造常采用：挤压、斜轧热穿孔、卧式连铸、电解成型以及将铜带经冷弯成型后焊接成管坯等方法，再经冷轧或冷拉等工序后即可生产出管材。管材的生产方法分类如图4-1-1所示。

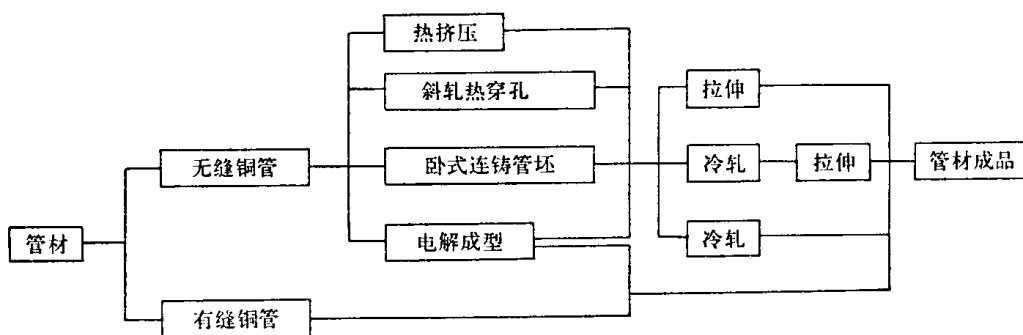


图 4-1-1 管材生产方法分类图

二、棒材生产方法

棒坯的制造常采用挤压、孔型轧制、卧式连铸等方法，然后再通过多次冷拉等工序后即可生产出棒材。棒材的生产方法分类如图4-1-2所示。

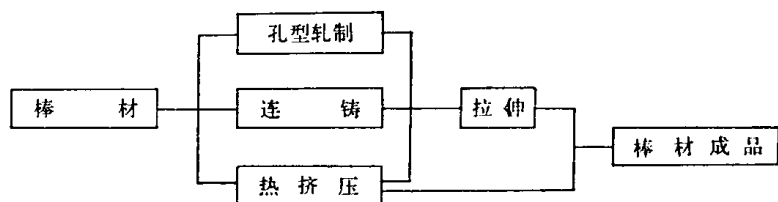


图 4-1-2 棒材生产方法分类图

三、管棒材生产方法比较

管棒材的生产方法如图4-1-1、4-1-2所示；但是，生产方法的选择可根据各厂的具体条件而定。各种生产方法的比较如表4-1-1所示。

管棒材生产方法比较

表 4-1-1

生产方法	铸造 ↓ 挤压 ↓ 冷轧 ↓ 拉伸	铸造 ↓ 斜轧热穿孔 ↓ 冷轧 ↓ 拉伸	连铸 ↓ 冷轧 ↓ 拉伸	铸造 ↓ 孔型轧制 ↓ 拉伸	铜带 ↓ 焊接成型 ↓ 拉伸
产品	管、棒	管、材	管、棒	棒	管
优点	1.产品质量好 2.管坯重量大 3.生产灵活性强 4.产品种类多 5.生产工序少	1.几何废料少 2.设备投资比挤压法少 3.生产率高	1.设备投资少成本低 2.管、棒、型坯料重量大 3.成品率高 4.生产工序少	1.产量高 2.几何废料少 3.设备投资比挤压法少	1.成品率高 2.适于大批量生产 3.能生产长管 4.生产工序少
缺点	1.几何废料多 2.设备投资贵 3.产品成本高	1.生产品种少 2.管材质量差	1.生产品种少 2.产品质量差 3.生产效率低	1.生产品种少 2.产品质量较差 3.占地面积大	1.有焊缝耐压性能差 2.适用于一般用途的管材
适用范围	适用各种有色金属管棒型材	适用于紫、黄铜管材	适用于紫、黄铜、青铜	适用于紫、黄铜、青铜	适用于黄铜

第二节 管棒材产品品种及技术标准

重有色金属的挤制和拉制管棒材以及冷轧管材的产品范围与技术条件按冶金部标准和企业标准，如表4-1-2、4-1-3所示。

管棒材的机械性能如表4-1-4、4-1-5所示，管棒材每米重量按公式(4-1-1)、(4-1-2)计算。

管 材 的 产 品 标 准

表 4-1-2

冶金部标准	标准名称	挤制产品, 毫米		拉制产品, 毫米	
		外 径	壁 厚	外 径	壁 厚
YB447-70	铜 管	30~300	5~30	3~360	0.5~10.0
YB448-71	黄铜管	21~280	1.5~42.5	3~200	0.5~10.0
YB449-71	挤制铝青铜管	20~250	2.5~50	—	—
YB450-64	铅和铅合金管	5~207	2~10	—	—
YB569-65	毛细管	—	—	0.5~3	0.1~0.5
YB710-70	航空散热管	—	—	1.2~5	0.11~0.35
YB711-70	散热扁管	—	—	(6~22) × (19~22)	0.2~0.7
YB712-70	压力表管	—	—	3.5~20	0.15~1.5
YB713-70	船舶用白铜管	—	—	6~40	0.5~5.0
YB714-70	专用白铜管	—	—	10, 20, 20.5	1.0, 2.0, 1.25
YB715-70	矩形和扁矩形波导管	—	—	(204~292) × (102~146)	1~3.0
YB716-70	热交换器用铝黄铜管	—	—	10~38	0.5~3.5
YB717-70	锌白铜管	—	—	5~70	0.2~3.0
YB758-70	镍及镍合金薄壁管	—	—	0.3~18	0.05~0.9
YB793-71	黄铜薄壁管	—	—	3.5~30	0.15~0.75
YB794-71	拉杆天线套管	—	—	2.8~11	0.25

棒材的产品标准

表 4-1-3

冶金部标准	标准名称	挤制产品, 毫米	拉制产品, 毫米
YB455—71	硅青铜棒	30~100	5~40
YB456—71	铜棒	14~120	5~80
YB457—71	黄铜棒	10~160	5~80
YB458—71	铝青铜棒	6~160	5~40
YB553—71	锡青铜棒	40~150	5~40
YB718—70	无氧铜棒	14~120	5~60
YB719—70	复杂黄铜棒	10~120	
YB720—70	铍青铜棒	20~120	5~40
YB721—70	镉青铜棒	20~160	5~60
YB722—70	锌白铜棒	25~120	5~40
YB723—70	镉棒	41~70	14~40
YB759—70	镍及镍合金棒	50~120	6~45
YB795—71	针座棒	—	(5×7.4) × (9×12)

管材的机械性能

表 4-1-4

牌 号	产品名称	产 品 状 态	产品规格	抗拉强度 σ_b 公斤/毫米 ² 不小于	伸 长 率 δ_{10} % 不小于	硬 度 HB 公斤/毫米 ²	技 术 标 准
T2、T3 T4、TCP TU1、TU2 H96	铜 管	拉制硬 (Y) 拉制软 (M) 轧制硬 (Y) 挤制 (R)	3 360 30 300	30 21 25 19	— 35 — 35		YB447—70
H96	航 空 散热管	拉制硬 (Y)	0.11-0.15 0.2 0.35	45 39 36	— — —		YB710—70
T2、T3 T4、H96	散 热 扁 管	拉制硬 (Y)	2.2×19 ~6×22	30	—		YB711—70
H96	黄 铜 薄壁管	拉制硬 (Y) 拉制软 (M)	3.5-30	30 21	— 35		YB793—71
H68	黄铜管	拉制半硬 (Y ₂) 拉制软 (M)	3-200	35 30	30 38		YB448—71
H68	黄 铜 薄壁管	拉制硬 (Y) 拉制半硬 (Y ₂) 拉制软 (M)	3.5-30	40 34 30	— 30 38		YB793—71
H62	黄铜管	拉制半硬 (Y ₂) 拉制软 (M) 挤制 (R)	3 200 21-280	34 30 30	30 38 38		YB448—71
H62	黄 铜 薄壁管	拉制硬 (Y) 拉制半硬 (Y ₂) 拉制软 (M)	3.5-30	40 34 30	— 30 38		YB793—71
H62	拉杆天 线套管	拉制硬 (Y)	2.8-11	40	10		YB794—71

续表 4-1-4

牌 号	产品名称	产 品 状 态	产品规格	抗拉强度 σ_b 公斤/毫米 ² 不小于	伸 长 率 δ_{10} % 不小于	硬 度 HB 公斤/毫米 ²	技 术 标 准
HPb59-1	铅黄铜管	挤制 (R)	21-280	40	20		YB448—71
HSn70-1	黄铜管	拉制半硬(Y ₂) 拉制软 (M)	3-60	35 30	30 38		YB448—71
HSn62-1		拉制半硬(Y ₂) 拉制软 (M)		34 30	30 35		
HFe59-1-1	黄铜管	挤制 (R)	21-280	44	28		YB448—71
HA177-2A	热交换 器用铝	拉制半硬(Y ₂) 拉制软 (M)	10-38	40 35	40 50		YB716—70
HA170-1.5	黄铜管	拉制半硬(Y ₂) 拉制软 (M)	10-38	35 30	30 38		
QA19-2 QA19-4 QA110-3-1.5 QA110-4-4	挤制铝 青铜管	挤制 (R)	20-250	48 50 60 65	15 15 12 5	— 110~190 140~190 170~220	YB449—71
QSn4-0.3	压力表管	拉制硬 (Y) 拉制软 (M)	全部规格	50 33	1 40		YB712—70
B30	船舶用 白铜管	拉制半硬(Y ₂) 拉制软 (M)	6-40	50 38	6 23		YB713—70
	专用 B30 白铜管	拉制软 (M)	10, 20, 20.5	38	23		YB714—70
BFe5-1	船舶用 白铜管	拉制硬(Y) 拉制软(M)	6-40	实测 26	实测 30		YB713—70
BFe30-1-1	船舶用 白铜管	拉制半硬(Y ₂) 拉制软(M)	6-40	50 38	6 23		YB713—70
BZn15-20	锌白铜管	拉制硬(Y) 拉制半硬(Y ₂) 拉制软(M)	5-59	50 40 30	3 15 30		YB717—70
			60-70	实 测	实 测		
N2 N4 N6 DN	镍及镍合 金薄壁管	拉制硬(Y) 拉制软(M)	0.3-18	55 40	1 35		YB758—70
NSi0.19 NMg0.1 DNMg0.06	镍合金薄 壁 管	拉制硬(Y) 拉制半硬(Y ₂) 拉制软(M)	0.3-18	60 55 45	1 6 20		YB758—70
NCu 28-2.5-1.5	镍铜合金 薄 壁 管	拉制硬(Y) 拉制半硬(Y ₂) 拉制软(M)	0.3-18	60 55 45	1 6 20		YB758—70

棒 材 的 机 械 性 能

表 4-1-5

牌 号	产品名称	产品状态	公称直径 毫米	抗拉强度 σ_b 公斤/毫米 ² 不小于	伸 长 率 δ % 不小于	硬 度 HB 公斤/毫米 ²	技 术 标 准
T1、T2 T3、T4 TUP、H96	紫铜、磷 脱氧铜及 黄铜棒	拉制(Y)	5~40 41~60 61~80	27 25 21	6 8 13		YB456—71
		拉制(M)	5~80	20	38		
		挤制(R)	14~120	20	30		YB456—71
H68	黄铜棒	拉制(Y)	5~12 13~40 41~80	38 32 30	15 25 30		YB457—71
		拉制(M)	13~35	30	45		
H62	黄铜棒	拉制	5~40 41~80	38 34	15 20		YB457—71
		挤制(R)	10~160	30	30		
HPb59-1	铅黄铜棒	拉制	5~40 41~80	40 38	12 16		YB457—71
		挤制(R)	10~160	37	18		
HPb59-1	铅黄铜针 座 棒	拉制	5×7.4~ 9×12	42	12~28		YB795—71
HPb63-3	铅黄铜棒	拉制(Y)	5~9.5 10~14 15~20 21~30	52 50 46 42	2 5 8 10		YB457—71
		拉制(Y ₂)	10~20 21~60	36 33	12 16		
HSn62-1	锡黄铜棒	拉制	5~40 41~80	40 37	15 20		YB457—71
		挤制(R)	10~160	37	20		
HFe58-1-1	铁黄铜棒	拉制	5~40 41~80	45 40	10 12		YB457—71
		挤制(R)	10~160	30	20		
HFe59-1-1	铁黄铜棒	拉制	5~12 13~40 41~80	50 45 42	15 17 20		YB457—71
		挤制(R)	10~160	44	28		
HMn58-2	锰黄铜棒	拉制	5~12 13~40 41~80	45 42 40	20 20 25		YB457—71
		挤制(R)	10~160	40	25		

续表 4-1-5

牌 号	产品名称	产品状态	公称直径 毫米	抗拉强度 σ_b 公斤/毫米 ² 不小于	伸 长 率 δ % 不小于	硬 度 HB 公斤/毫米 ²	技 术 标 准
HMn57-3-1	锰黄铜棒	挤制 (R)	10~75	50	15		YB719-70
HMn55-3-1	锰黄铜棒	挤制 (R)	10~75	50	15		YB719-70
HA160-1-1	铝黄铜棒	挤制 (R)	10~160	45	18		YB457-71
HA166-6-3-2	铝黄铜棒	挤制 (R)	10~75	75	7		YB719-70
HA167-2.5	铝黄铜棒	挤制 (R)	10~75	40	15		YB719-70
HSi80-3	硅黄铜棒	挤制 (R)	10~75	30	25		YB719-70
QA19-2	铝青铜棒	拉制	5~22 23~40	55 55	12 15		YB458-71
		挤制 (R)	25~45 46~120	50 48	15 20		
QA19-4	铝青铜棒	挤制 (R)	6~15 16~120 130~160	60 55 50	10 15 12	HB: 110~190	YB458-71
QA110-3-1.5	铝青铜棒	挤制 (R)	6~15 16~160	65 60	8 12	HB: 140~190	YB458-71
QA110-4-4	铝青铜棒	挤制 (R)	6~29 30~160	70 65	4 5	HB: 170~220	YB458-71
QA111-6-6	铝青铜棒	挤制 (R)	6~28 29~60	70 65	4 5		YB458-71
QSn4-3	锡青铜棒	拉制	5~12 13~25 26~35 36~40	44 38 34 32	10 15 16 16		YB553-71
		挤制 (R)	40~120	28	25		
QSn6.5-0.1	锡青铜棒	拉制	5~40	42	15		YB553-71
QSn6.5-0.4		挤制 (R)	40~120	35	15		
QSn7-0.2	锡青铜棒	拉制	5~40	45	15	HB: 130~200	YB553-71
		挤制 (R)	40~150	36	55	HB $\geq$ 70	YB553-71
QSi3-1	硅青铜棒	拉制	5~12 13~40	50 48	10 15		YB455-71
		挤制 (R)	30~100	35	20		
QSi1-3	硅青铜棒	挤制 (R)	20~80	55	10		YB455-71

续表 4-1-5

牌 号	产品名称	产品状态	公称直径 毫米	抗拉强度 σ_b 公斤/毫米 ² 不小于	伸 长 率 δ % 不小于	硬 度 HB 公斤/毫米 ²	技 术 标 准
QBe2 QBe2.15	铍青铜棒	拉制 (M)	5~40	40	$\delta_s = 30$	HB>100	YB720—70
		(Y)		75	—	HB>150	
		挤制 (R)	20~120	40	20	—	
QCd1.0	镉青铜棒	拉制 (Y)	5~60	38	2	HB≥100	YB721—70
		(M)		22	35	HB≤75	
		挤制 (R)	20~160	20	35	HB≤75	
BZn15-20	锌白铜棒	拉制 (Y)	5~20	45	5		YB722—70
			21~30	40	7		
			31~40	35	12		
		拉制 (M)	5~40	30	30		
		挤制 (R)	25~80	30	30		

管材的每米重量可按下式计算:

$$G_g = (d - s) C K_g \quad (4-1-1)$$

式中 G_g ——管材每米重量, 公斤/米;

d ——管材外径, 毫米;

s ——管材壁厚, 毫米;

K_g ——管材重量系数 (查表4-1-6);

C ——换算系数 (查表4-1-8)。

棒材的每米重量可按下式计算:

$$G_b = C K_b \quad (4-1-2)$$

式中 G_b ——棒材每米重量, 公斤/米;

K_b ——棒材重量系数 (查表4-1-7)。

管材重量系数 K_g 值表

表 4-1-6

壁 厚 s	系 数 K_g	壁 厚 s	系 数 K_g	壁 厚 s	系 数 K_g
0.4	0.0112	1.6	0.0445	2.9	0.0810
0.5	0.0140	1.7	0.0475	3	0.0838
0.6	0.0168	1.8	0.0503	3.1	0.0866
0.7	0.0196	1.9	0.0531	3.2	0.0894
0.75	0.0209	2	0.0560	3.3	0.0922
0.8	0.0224	2.1	0.0587	3.4	0.0950
0.9	0.0251	2.2	0.0615	3.5	0.098
1	0.0260	2.3	0.0643	3.6	0.101
1.1	0.0307	2.4	0.0671	3.7	0.103
1.2	0.0335	2.5	0.0699	3.8	0.106
1.3	0.0363	2.6	0.0726	3.9	0.109
1.4	0.0391	2.7	0.0754	4	0.112
1.5	0.0419	2.8	0.0782	4.1	0.114

续表 4-1-6

壁 厚 s	系 数 K_g	壁 厚 s	系 数 K_g	壁 厚 s	系 数 K_g
4.2	0.117	5.5	0.154	10	0.280
4.3	0.120	5.6	0.156	10.5	0.293
4.4	0.123	5.7	0.159	11	0.307
4.5	0.126	5.8	0.162	11.5	0.321
4.6	0.128	5.9	0.165	12	0.335
4.7	0.131	6	0.168	12.5	0.349
4.8	0.134	6.5	0.181	13	0.363
4.9	0.137	7	0.196	13.5	0.377
5	0.140	7.5	0.209	14	0.391
5.1	0.142	8	0.224	14.5	0.405
5.2	0.145	8.5	0.238	15	0.419
5.3	0.148	9	0.251	—	0.559
5.4	0.151	9.5	0.265	—	0.699

棒材重量系数 K_b 值表

表 4-1-7

直 径 毫米	K_b			直 径 毫米	K_b		
	圆 形	方 形	六 角 形		圆 形	方 形	六 角 形
10	0.699	0.890	0.771	39	10.63	13.54	11.72
11	0.845	1.077	0.933	40	11.18	14.27	12.33
12	1.007	1.282	1.110	41	11.75	14.96	12.96
13	1.181	1.504	1.303	42	12.33	15.70	13.60
14	1.370	1.744	1.511	43	12.92	16.46	14.25
15	1.573	2.003	1.734	44	13.53	17.23	14.92
16	1.789	2.278	1.973	45	14.15	18.02	15.61
17	2.020	2.572	2.227	46	14.79	18.83	16.31
18	2.265	2.884	2.497	47	15.44	19.66	17.02
19	2.523	3.213	2.782	48	16.11	20.51	17.76
20	2.80	3.56	3.08	49	16.78	21.37	18.51
21	3.08	3.92	3.40	50	17.48	22.25	19.27
22	3.38	4.31	3.73	51	18.18	23.15	20.05
23	3.70	4.71	4.08	52	18.90	24.07	20.84
24	4.03	5.13	4.44	53	19.64	25.00	21.65
25	4.37	5.56	4.82	54	20.38	25.95	22.47
26	4.73	6.02	5.21	55	21.14	26.92	23.31
27	5.10	6.49	5.62	56	21.92	27.91	24.17
28	5.48	6.98	6.04	57	22.71	28.92	25.04
29	5.88	7.48	6.48	58	23.51	29.94	25.93
30	6.29	8.01	6.94	59	24.33	30.98	26.83
31	6.72	8.55	7.41	60	25.16	32.04	27.75
32	7.16	9.11	7.89	61	26.01	33.12	28.68
33	7.61	9.69	8.39	62	26.87	34.21	29.63
34	8.08	10.29	8.91	63	27.74	35.32	30.59
35	8.56	10.90	9.44	64	28.63	36.45	31.57
36	9.06	11.53	9.99	65	29.53	37.60	32.56
37	9.57	12.18	10.55	66	30.45	38.77	33.57
38	10.09	12.85	11.13	67	31.38	39.95	34.60

续表 4-1-7

直 径 毫米	K_b			直 径 毫米	K_b		
	圆 形	方 形	六 角 形		圆 形	方 形	六 角 形
68	32.32	41.15	35.64	85	50.50	64.30	55.69
69	33.28	42.37	36.69	86	51.70	65.82	57.00
70	34.25	43.61	37.77	87	52.91	67.36	58.34
71	35.24	44.86	38.85	88	54.13	68.92	59.69
72	36.24	46.14	39.96	89	55.37	70.50	61.05
73	37.25	47.43	41.07	90	56.62	72.09	62.43
74	38.28	48.74	42.21	91	57.88	73.70	63.83
75	39.32	50.06	43.35	92	59.16	75.33	65.24
76	40.37	51.41	44.52	93	60.46	76.98	66.66
77	41.44	52.77	45.70	94	61.76	78.64	68.10
78	42.53	54.15	46.89	95	63.09	80.32	69.56
79	43.62	55.54	48.10	96	64.42	82.02	71.03
80	44.74	56.96	49.33	97	65.77	83.74	72.52
81	45.86	58.39	50.57	98	67.13	85.48	74.02
82	47.00	59.84	51.82	99	68.51	87.23	75.54
83	48.15	61.31	53.10	100	69.90	89.00	77.07
84	49.32	62.80	54.38				

换 算 系 数 c 值 表

表 4-1-8

金 属 及 其 合 金	c	金 属 及 其 合 金	c
T2, T3, T4, TUP H96, TU1, TU2 BFe5-1, B30 BFe30-1-1 N2, N4, N6 DN, NSi0.19 NMg0.1, DNMg0.06 NCu28-2.5-1.5 QSn4-0.3, QSn70-0.2 QSn6.5-0.1, QCr1.0 QSn4-0.4, Cd2 Cd3	1	B2n15-20	0.98
		HSn62-1, HSn70-1	0.97
		H62, H68, HPb59-1 HA160-1-1, HPb59-1-1 HA177-2A, HMn58-2 HFe58-1-1, HA170-1.5 HPb63-3	0.96
		QSi3-1, QSi1-3, QBe2, QBe2.5	0.94
		QA110-3-1.5 QA110-4-4 QA19-4 QA19-2	0.84
铅及铅合金	1.28		

第二章 挤 压

第一节 挤 压 方 法

采用挤压方法生产的管、棒及线坯已成为压力加工中的一种主要方法，挤压方法分类如图4-2-1，主要的挤压方法比较如表4-2-1所示。

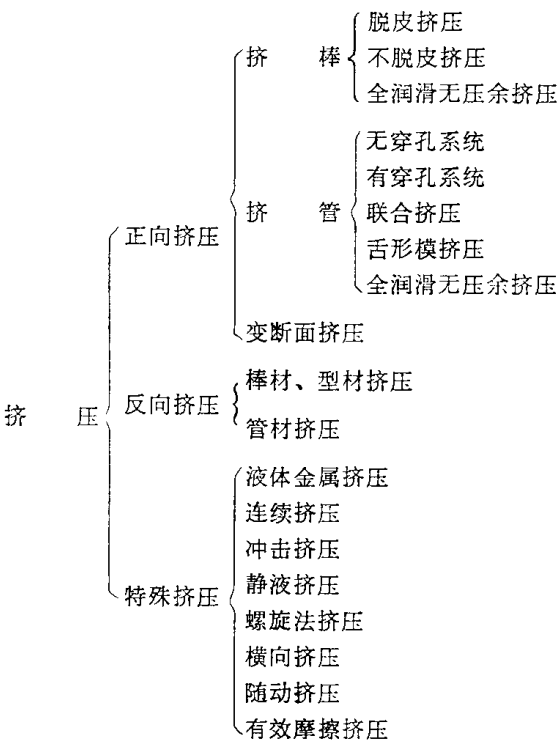


图 4-2-1 挤压方法分类

主要的挤压方法图解说明

表 4-2-1

挤压方法	挤 压 方 法 图 示	说 明
正向脱皮挤压棒		1. 脱皮挤压的特点是为了防止锭坯表面缺陷挤到制品中去 2. 采用比挤压筒直径小1~3毫米的挤压垫 3. 易形成挤压缩尾的合金如铝青铜和一些黄铜，则必须采用脱皮挤压 4. 每次挤压结束后，必须将残留在挤压筒中的脱皮清除

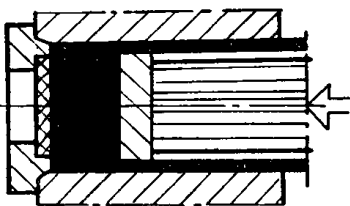
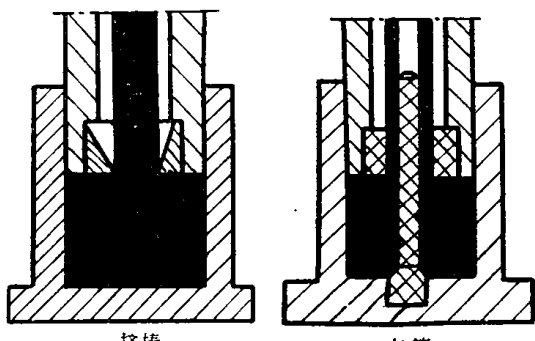
续表 4-2-1

挤压方法	挤压方法图示	说明
正向不脱皮挤压棒		1. 难挤压合金和粘性很大的紫铜可采用不脱皮挤压 2. 挤压时要润滑挤压筒和及时清理挤压筒 3. 对锭坯表面质量要求较高
正向挤压管		1. 挤压管材大部分都采用此法 2. 穿孔时有穿孔残料 3. 挤压制品质量较好
联合挤压管	预穿孔 压挤	1. 锭坯在穿孔时前端用堵板使金属倒流，穿孔后去掉堵板换上模子，则此法具有正挤与反挤的特点 2. 穿孔时残料头损失为最少 3. 适合挤大直径管材
全润滑无压余挤棒		1. 采用锥形挤压垫和挤压模，挤压末期只留下很薄的压余 2. 在无穿孔系统的挤压机上挤压管材时，需采用空心锭 3. 因采用全润滑挤压时金属流动均匀，可以减少和消除挤压缩尾
全润滑无压余挤管		

续表 4-2-1

挤压方法	挤压方法图示	说 明
随 动 挤 压		1. 在挤压过程中锭坯随着挤压筒前进 2. 挤压模装在固定的长模支承前端 3. 对低塑性金属可提高挤压速度 4. 此法适合挤压棒材，其变形特点与反挤法相同
有 效 摩 擦 挤 压		1. 在挤压时挤压轴与挤压筒都运动 2. 挤压筒的移动速度必须大于挤压轴移动速度 3. 挤压力为正向与反向挤压力的平均值 4. 压余的厚度为挤压筒直径的 5 %
静 液 挤 压		1. 挤压时挤压筒内通入高压液体将锭坯挤出模孔 2. 挤压时金属流动均匀可采用大挤压比
反 向 挤 压		1. 金属流动方向与挤压方向相反 2. 挤压棒时用空心挤压轴和带模孔的挤压垫 3. 挤压管时，利用挤压轴前端的挤压垫控制管材内径 4. 挤压力比正向挤压力少 30 ~ 40 %

续表 4-2-1

挤压方法	挤压方法图示	说明
反向挤压	 挤压管	5. 金属流动均匀，制品性能较好
液体金属挤压	 挤压棒 挤压管	1. 适用于低熔点的铅及其铝合金，可生产管材和棒材 2. 将熔化的液体金属直接注入挤压筒内进行挤压，并能实现连续挤压

第二节 挤压时的变形特点及力的计算

一、挤压时的变形特点

由于金属性质、挤压方法和生产条件的不同，金属的流动情况有很大的差异。在生产中，一般用观察制品和未挤完的锭坯断面的低倍组织来研究金属的流动情况。

1. 挤压棒材时的变形特点 金属的流动除了受摩擦阻力影响以外，锭坯与挤压工具的预热温度、工具的形状和尺寸，变形程度和挤压速度等因素影响也很大，金属本身的塑性和变形抗力决定了金属的流动特性如图4-2-2所示。

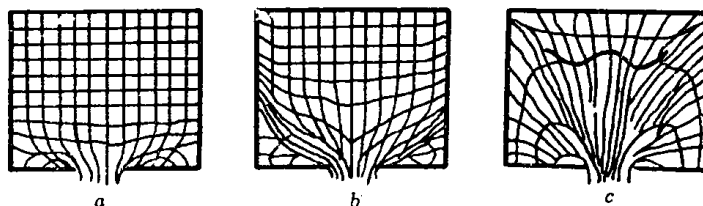


图 4-2-2 挤压时的三种流动情况

a — 均匀流动； b — 不均匀流动； c — 最不均匀流动

紫铜、H96、镍等属于均匀流动； α 黄铜、白铜、青铜、镍合金等属于不均匀流动； $\alpha + \beta$ 黄铜等属于最不均匀流动。但是挤压条件改变时也会导致挤压流动类型的改变。

2. 挤压管材时的变形特点 因为金属在挤压时的流动不仅受挤压筒的摩擦阻力，同时，也受穿孔针的摩擦阻力的影响，所以使金属的流动情况比棒材均匀。

3. 挤压型棒时的变形特点 因为型棒断面流动速度不易控制, 所以金属流动是不均匀的。

4. 反挤时的变形特点 由于锭坯和挤压筒之间没有摩擦阻力的作用, 变形区仅集中在模子的附近, 金属内外层的流动速度基本一致, 如图4-2-3所示。

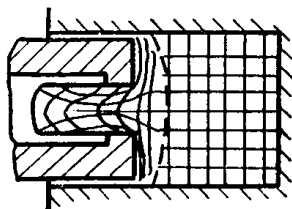


图 4-2-3 反挤时金属流动情况

二、挤压力的计算

1. 挤压时的变形指数 挤压时用下列各式确定挤压时的变形指数及相互关系。

对棒材:

$$\text{延伸系数} \quad \lambda = \frac{F_t}{F} = \frac{D_t^2}{d^2} \quad (4-2-1)$$

$$\text{加工率} \quad \varepsilon = \frac{F_t - F}{F_t} \times 100\% = \frac{\lambda - 1}{\lambda} \times 100\% \quad (4-2-2)$$

对管材:

$$\text{延伸系数} \quad \lambda = \frac{F_t}{F} = \frac{D_t^2 - d_n^2}{d^2 - d_n^2} = \frac{D_t^2 - d^2}{4s(d-s)} + 1 \quad (4-2-3)$$

$$\text{加工率} \quad \varepsilon = \frac{F_t - F}{F_t} \times 100\% = \frac{\lambda - 1}{\lambda} \times 100\% \quad (4-2-4)$$

式中 λ ——挤压延伸系数;

ε ——挤压时加工率;

F_t ——挤压筒面积, 毫米²;

F ——挤制品面积, 毫米²;

D_t ——挤压筒直径, 毫米;

d ——挤制品外径, 毫米;

d_n ——挤制管材内径, 毫米;

s ——挤制管材壁厚, 毫米。

为了便于计算管材延伸系数, 公式 (4-2-3) 可利用计算图4-2-4求管材延伸系数。

〔计算举例 1〕 设挤压管材直径 $d=45$ 毫米, 壁厚 $s=5$ 毫米, 挤压筒直径 $D_t=200$ 毫米, 求挤压延伸系数 λ 。

解: 将已知值代入图4-2-4a, $d=45$ 毫米在横坐标上找到其值后做垂线交于 $s=5$ 毫米, $D_t=200$ 毫米, 然后向两侧做平行线交于两轴线上, 然后两点再连线交于 λ 尺, 其值 $\lambda=48.5$ 即为所求。