

在毛主席的革命路线指引下，我国的金属软管生产有了很快的发展。目前，金属软管已广泛地应用于我国工农业生产、国防工业、交通运输、无线电通讯、医疗卫生以及日常生活等各个方面。本书扼要地介绍了一般金属软管的分类、性能与用途；简要地介绍了各种用途的一般金属软管生产方法和操作技术。仅供从事金属软管生产的工人和革命技术人员参考。

金属软管生产

上海金属软管厂 编

（只限国内发行）

*

冶金工业出版社出版

新华书店北京发行所发行

外文印刷厂印刷

*

开本小16 印张7 字数161千字

1973年11月第一版 1973年11月第一次印刷

印数00,001~15,500册

统一书号：15062·3034 定价（科三）0.60元

前 言

我们上海金属软管厂是一个不到二百人的小厂。在毛主席的革命路线指引下，我厂广大革命职工坚持“**独立自主、自力更生**”的方针，艰苦奋斗，土法上马，由原来的手工生产逐步发展起来。自己动手曾先后制造了几十台卷管机，产品品种不断增加，由原来生产普通的盘圆镀锌卷带到生产各种口径、规格、耐压强度和特殊性能的金属软管一百几十种，其中有一部分产品在质量上达到了先进水平。今后，我们一定要“**认真看书学习，弄通马克思主义**”，继续发扬艰苦奋斗的革命精神，为多快好省地发展我国钢铁工业作出贡献。

金属软管是用黄铜、铝、镀锌钢带、不锈钢带等金属材料制成的。它同橡胶、塑料软管或用其他合成材料（纸、布、赛璐珞、尼龙等）制成的软管相比较，具有柔软、重量轻、弯曲灵活、连接方便、使用寿命长等优点，并且在温度适应范围，承受内压应力、抗震性等方面也具有特殊的性能。

目前，金属软管已广泛地应用于我国工农业生产、国防建设、交通运输、无线电通讯、医疗卫生以及日常生活等各个方面。遵照毛主席关于“**要认真总结经验**”的伟大教导，我们组织“三结合”小组编写了《金属软管生产》一书，本书扼要地介绍了一般金属软管的分类、性能与用途，简要地叙述了各种用途的一般金属软管生产方法和操作技术，仅供从事金属软管生产的工人和技术人员参考。由于我们水平所限，书中缺点、错误可能不少，请读者批评指正。

編 者

一九七二年八月

目 录

第一章 金属软管的分类、性能和用途	1
第一节 金属软管的分类.....	1
第二节 金属软管的性能.....	1
第三节 金属软管的用途.....	1
第二章 金属软管材料的准备与制取	3
第一节 下料.....	3
第二节 退火.....	5
第三节 镀锌.....	6
第三章 一般金属软管生产	13
第一节 镀锌金属软管.....	13
第二节 1型耐压软管.....	43
第三节 2型耐压软管.....	50
第四节 3型耐压软管.....	58
第五节 吸尘软管.....	63
第六节 吸粮软管.....	66
第七节 防湿软管.....	73
第八节 钢丝软管.....	75
第九节 软轴套管.....	82
第十节 剪羊毛机软轴套管.....	84
第十一节 高速软轴套管.....	85
第十二节 超高速软轴套管.....	87
第十三节 不锈钢软轴套管.....	90
第十四节 微型不锈钢软管.....	91
第十五节 铝质和铝合金软管.....	93
第十六节 冷冻油嵌线软管.....	97
第十七节 铜质软管.....	97
第十八节 铜质软轴套管.....	98
第十九节 外波纹铜质软管	100

第一章 金属软管的分类、性能和用途

第一节 金属软管的分类

金属软管的种类很多,分类的方法也不同,有的按用途分类,有的按材质分类,也有的按扣型分类,等等。

1. 按生产方式分为两类:整体式软管和缠绕式软管。

整体式软管是无缝金属软管或只有纵间一条或二条焊缝的金属软管,焊缝通常采用气焊和氩弧焊焊接。

缠绕式软管是有缝金属软管,由带料或钢丝缠绕而成的软管。

2. 按使用材料分为四类:铜质软管、铝质软管、电镀钢质软管和不锈钢软管。

铜质软管:分黄铜软管和紫铜软管等;

铝质软管:分铝质软管和铝合金软管;

电镀钢质软管:从镀料来分,可分镀锌、镀镍、镀铬等钢质软管。而在镀锌钢质软管中由于材质不同又可分B₂F或B₃F镀锌钢质软管和08号、10号优质碳素钢镀锌软管;

不锈钢软管:采用1Cr18Ni9Ti不锈钢带制造的软管。

3. 按扣型分为两类:方锁型软管和全锁型软管。

由于扣型的变异越来越多,因此按扣型可分几十种。

4. 按用途分为:吸粮管、耐压管、吸尘管、防湿管、排气管、电缆管、软轴套管和不锈钢高压软管等等。

5. 在不锈钢软管中,由于锁缝焊接方式不同,又可分为钎焊软管和滚焊软管。在钎焊软管中,由于焊料和带料的不同可分锡焊料软管、铜焊料软管和银焊料软管。

第二节 金属软管的性能

金属软管较之目前在我国许多工业部门使用的橡胶软管以及塑料或合成材料(纸、布、赛璐珞和尼龙等)制成的软管,它有许多优点。例如,它可由各种金属材料(如黄铜、铝、镀锌钢带与不锈钢带等)制成。它的几个主要性能指标,如温度适应范围、承受内压能力、弯曲及抗震性、输送物种类等方面,都具有特殊的性能。例如,橡胶软管使用温度一般不能超过100°C,即使在常温下也有老化现象,这就限制了它的使用寿命,在低温时有提前变脆的可能;而金属软管当使用适当的金属材料时可耐温度高达400°C左右,耐低温可达-200°C,还具有重量轻、弯曲灵活、柔软、连接方便等优点。

在许多液压管路系统和中、高、低温部位对使用软管提出了更高的要求,而在这些方面橡胶软管已逐渐不能满足要求,必须用金属软管来代替。

第三节 金属软管的用途

金属软管的用途极广,它在工农业许多部门中都得到了广泛应用。

在仪表工业方面——用于精密指示器和记录器上(例如压力式温度计)的毛细管的保

护管等。

在机电工业方面——电缆保护管、橡胶承压管的保护管，铸造中用的通风除尘，机床上用以输送动力滑油、切削液，排除切屑、软管保护管以及照明灯支持杆等。

在动力工业方面——用于煤气、锅炉及蒸汽涡轮的水蒸汽输送，发动机排气管、注油管等。

在纺织工业方面——用在通风除尘上。

在冶金工业方面——用于输送重油燃料、气体燃料等。

在化学工业方面——用于输送碳酸等化学药品、苯和氟利昂等。

在石油工业方面——用于输送汽油、煤油、沥青、柏油等。

在食品工业方面——用于输送谷物、面粉等。

在电力工业方面——用于超高压空芯电缆的内支撑等。

此外，在无线电通讯方面的新闻传真，在医药卫生方面的胃镜管，在国防工业方面的飞机加油、航空电缆液压系统的软管，在农业机械以及生活用品等方面也都使用了金属软管。

第二章 金属软管材料的准备与制取

我厂生产的金属软管，既有整体式软管又有缠绕式软管；在材质方面有镀锌钢带的、铜带的、铝或铝合金带的和不锈钢带料所卷成的软管。金属软管材料的制取就是对镀锌钢带、铜带、铝或铝合金带和不锈钢带作准备工作，使之符合卷制软管的需要。一般工序过程列表如下。

各种材质带料的制取工序

带 料 名 称	材 料 制 取 的 主 要 工 序
不锈钢带	下料、酸洗、烘干
铜 带	下料、真空光亮退火
铝或铝合金带	下料
镀锌钢带	下料、退火、镀锌

第一节 下 料

这里主要介绍一下不锈钢带料的下料。由于卷管材料大都是成卷状供应的，因其宽度、长度不等，所以必须纵剪成卷管所需的带条。我厂是在多盘式圆滚剪切机上进行裁切成卷管所需宽度的带条。

滚刀分别安装在上下刀轴上，交叉排列，并相对转动，带材在滚刀所形成的间隙中被纵向裁开。

滚切工艺参数的选择：

1. 剪切间隙

刀片间剪切间隙值对于裁口质量和精度起决定性的作用，间隙太大或太小，均使切口质量变坏，形成毛刺、裂口或层片；间隙合理时切口与板口垂直，光洁而无毛刺，所需的剪切力也最小。确定合理间隙最主要的因素是材料的厚度及其机械性能，一般经验数据

$$Z_{\text{合理}} = (0.1 \sim 0.2)t$$

式中 $Z_{\text{合理}}$ ——合理间隙，毫米；

t ——材料厚度，毫米。

软质材料的合理间隙较硬质材料为小。要考虑到在工作过程中间隙将会增大，故在取初始间隙值时应较小。在实验中一般取其初始间隙（单面）为 $0.05t$ ；实际上取 $Z_{\text{合理}} = (0.02 \sim 0.04)t$ 。例如 $\phi 8$ 毫米的不锈钢软管带条，宽度为 4.92 毫米，厚度为 0.12 毫米，我们取 $Z_{\text{合理}}(\text{单面}) = 0.04 \times 0.12 = 0.0048 \approx 0.005$ 毫米。

带料的宽度等于垫圈的宽度，为 4.92 毫米，滚刀刃宽为 $4.92 - 2 \times 0.005 = 4.91$ 毫米。

试切结果比较满意，截面光滑、尺寸准确、外表平整、无毛刺。

我们还按 $Z_{\text{合理}}(\text{单面}) = 0.05t$ 做了试验，在材料厚度为 0.12 毫米时采用单面间隙为 0.006 毫米所裁切的料也是比较满意的。

此外，我们还按 $Z = 0.1t$ 做了试验，在材料厚度为 0.30 毫米时，结果是仅能满足需要，

当间隙调得不均匀时,易在一边产生毛刺,这说明随着材料厚度绝对值的增大, Z 值应减小。

2. 滚刀直径

滚刀直径取决于材料厚度、上下滚刀交叠深度值及滚刀与被剪材料间的摩擦系数。为了保证剪裁时带料自动被拉入滚刀内,应使带料与滚刀的咬入角 α 的正切函数小于滚刀与带料间的摩擦系数 μ ,即:

$$\mu \geq \tan \alpha$$

咬入角 α 一般取 $10^\circ \sim 15^\circ$ 。

滚刀直径 D 与材料厚度 δ 、交叠深度 b 及咬入角 α 的关系为:

$$D = \frac{b + \delta}{1 - \cos \alpha}$$

若取材料厚度 $\delta = 0.6$,交叠深度 $b = 3$,咬入角 $\alpha = 15^\circ$ 时,则

$$D = \frac{3 + 0.6}{1 - \cos 15^\circ} = \frac{3.6}{1 - 0.9659} = 105.6 \text{ 毫米}$$

考虑到滚刀的修磨量,选滚刀直径 D 为120毫米。

3. 滚刀的宽度

根据一般经验,滚刀宽度 $S = (0.06 \sim 0.1)D$ 。如取 $D = 120$ 毫米,则 $S = 7 \sim 12$ 毫米。此值接近于所需的带料的宽度,即等于带宽,对 $\phi 12$ 毫米不锈钢软管,带料宽为7.2毫米,即取此值,并两边作刀刃。对 $\phi 32$ 毫米不锈钢软管,带料宽度为15.9毫米,故作成组合的,是单面刀刃,中间加一垫片,使其组合滚刀的尺寸,等于裁条的宽度。

4. 剪切线速度

选择剪切线速度的一般原则是:脆性材料可快些,塑性材料要慢些。考虑到1Cr18Ni9Ti材料塑性较好,对变形速度比较敏感,故取较小值。根据实际经验一般取剪切线速度为25米/分,但实际上获得的剪切线速度只有18~22米/分,几年来按这样的速度进行剪切,下料操作比较正常。

5. 剪切力的计算

用滚刀剪切时,其力的分析类似于斜刃剪力的作用情况,剪切力按下式计算:

$$P = 0.6 \varepsilon_{\text{相对}} \sigma_b \frac{t^2}{2 \tan \alpha}$$

式中 P ——剪切力;

α ——咬入角;

t ——材料厚度;

$\varepsilon_{\text{相对}}$ ——剪切相对深度。此值决定于金属的塑性,一般取 $\varepsilon_{\text{相对}} = 0.6$;

σ_b ——材料强度极限。

过去我厂有一台裁剪机,一刀只能下四条带料,质量不好,废边较多,生产效率也不高。在“鼓足干劲,力争上游,多快好省地建设社会主义”总路线的指引下,广大工人发扬了敢想、敢干的革命精神,自力更生,艰苦奋斗,边设计、边制造,终于试制成功一台多盘圆滚剪机床。几年来生产实践证明,它完全符合生产要求,是一台较好的剪床,它与原来的旧剪床比较,具有许多优点:结构简单,维修方便;操作简便,一个人就可操作;生产率高,机械化程度较高;质量好,成品率高。

现将它的滚刀，垫圈规格尺寸列表如下。

表 2-1-1 多盘圆滚剪机床刀片、垫圈尺寸

裁剪带料规格 (毫米)	滚 刀			垫 圈			每次下料带数 (根)
	直 径 (毫米)	厚 度 (毫米)	上下刀轴 滚刀数量	直 径 (毫米)	厚 度 (毫米)	上下刀轴 垫圈数量	
4.5×0.3	φ100	4.46±0.01	69	φ65	4.54±0.01	71	67
6×0.3	φ100	5.96±0.01	53	φ65	6.04±0.01	55	51
7.5× ^{0.3} _{0.35}	φ100	7.45±0.01	41	φ65	7.55±0.01	43	39
10×0.35	φ100	9.95±0.02	31	φ65	10.05±0.02	33	29
13×0.4	φ100	12.94±0.02	25	φ65	13.06±0.02	27	23
17× ^{0.4} _{0.5}	φ100	16.93±0.02	19	φ65	17.07±0.02	21	17
20×0.5	φ100	19.93±0.02	17	φ65	20.07±0.02	19	15

注： 1. 每只垫圈外均套一卷耐油橡皮。

2. 此表适用于裁剪铝带。

第二节 退 火

钢带经过冷轧加工以后，钢带内部晶粒遭受破坏，机械性能恶化，必须经过退火处理。但在退火过程中，由于钢带是一种薄片形状的带料，如果温度高，则钢带凝结成“饼”，给镀锌带来很多困难；如果温度低，晶粒不能恢复，表面氧化层不均匀，镀锌后锌层易脱落，且机械成型时经常有碎裂等现象。

因此，必须采用新的退火工艺，从而保证不同规格钢带退火质量的稳定。

一、钢带的退火设备—焐炉

焐炉是一种圆筒式的炉子，它一般用于线材和带材再结晶的退火。焐炉结构简单，内放钢制有盖炉胆，外用耐火砖制成。

二、退 火 工 序

1. 装炉工序

(1) 在装炉时应将规格小的钢带装在上面，防止发生变形。装炉时最好应按一种规格装一炉。

(2) 按料圈大小依次装入铁架，应成宝塔形，并过磅计数。

(3) 每架钢带吊入炉胆应保持中心垂直（目测为准）。

(4) 密封炉胆口，应采用干燥铁丝筛，筛净黄砂，在密封时应将炉胆盖左右扭转数次，使盖口平直陷入黄砂内，再用黄砂将周围密封。如发现封口失密，则必须在停火前再次将封口密封。

2. 司炉操作工序

(1) 升温在一小时半至二小时半内使温度达到各种规格钢带所需要的最高温度。

(2) 各种规格钢带达到所需要的温度后，在该温度保持一定的时间（4~5小时）。

(3) 在停火以后，必须让钢带在炉内随炉冷却，冷却时间约 12~16 小时。

(4) 各种规格钢带退火的参数如表2-2-1所示。

表 2-2-1 各种规格钢带退火参数

规格 (毫米)	升温时间 (小时)	最高温度 (°C)	保温时间 (小时)	降温时间 (小时)
4×0.25	1.5~2	620	4~5	12~16
6×0.3	1.5~2	620		
7.1×0.3	1.5~2	620		
8.6×0.35	1.5~2	620		
9.5×0.4	1.5~2	630		
12.7×0.4	1.5~2	630		
15×0.45	1.5~2.5	640		
17×0.5	1.5~2.5	650		
21.2×0.6	1.5~2.5	660		
25×0.5	1.5~2.5	660		

钢带退火升温曲线见图2-2-1和图2-2-2。

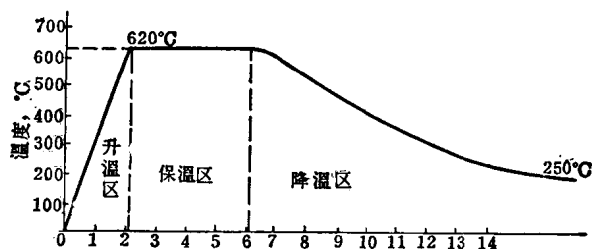


图 2-2-1 7.1×0.3毫米钢带退火升温曲线

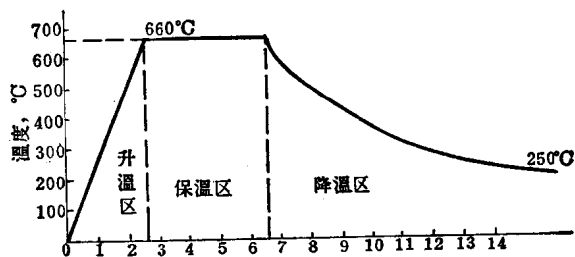


图 2-2-2 25×0.5毫米钢带退火升温曲线

3. 出炉操作工序

- (1) 当炉温降低到 250°C 左右时，方可将钢带吊出炉外空冷。
- (2) 出炉钢带应按规格分类堆放。

第三节 镀 锌

在毛主席的无产阶级革命路线指引下，我厂广大工人破除迷信，解放思想，自己设计

制造了钢带酸洗镀锌一条龙设备，大大提高了生产效率，减轻了劳动强度。

钢带镀锌后，提高了抵抗大气侵蚀的能力，具有良好的防腐性能。

我厂采用酸性镀锌。镀层厚度为7微米以上。酸性镀锌的优点是：连续性强，生产效率高、镀层均匀、色泽良好、延展性能较好及表面平滑等。

酸性镀锌液是无毒的溶液，对工人身体健康无害，不需要通风装置，在室温的条件下进行生产也不需要加温设备，可节约大量的燃料。

一、材 料

- (1) 盐酸：工业用，比重1.14~1.17，31%，19BC”；
- (2) 硫酸：工业用，比重1.8~1.84，98%，66BC”；
- (3) 硫酸锌：95~98%；
- (4) 金属锌：99.95~99.99%；
- (5) 硫酸铝：95~98%；
- (6) 碳精板。

二、设 备

- (1) 直流电源，6~12伏直流发电机或硅整流器（容量大小根据生产的需要选择）。
 - (2) 可变电阻箱，附有准确读数的直流电流表及直流电压表。
 - (3) 大容量电机和起动设备（低压补偿启动器）。
 - (4) 铁盘架，钢带上盘解卷用的设备。
 - (5) 电解槽，采用花岗石制成，外设通风装置。
- 如图 2-3-2 所示。
- (6) 冷水槽，采用聚氯乙烯并附有冷水流动用进出口管道。
 - (7) 镀锌槽，外面为水泥，内衬为聚氯乙烯（塑料板），如图 2-3-1 所示。
 - (8) 冷水槽，外面为水泥，内衬为白瓷砖或铁

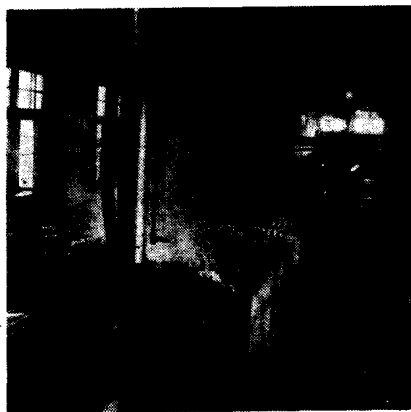


图 2-3-1 镀锌槽

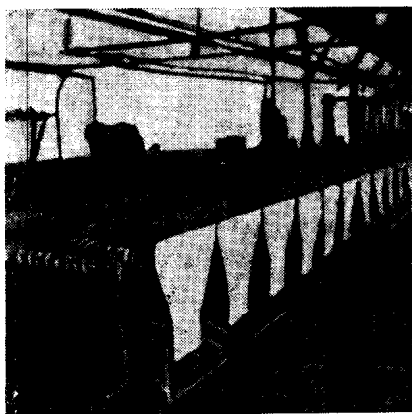


图 2-3-2 电解槽及通风装置

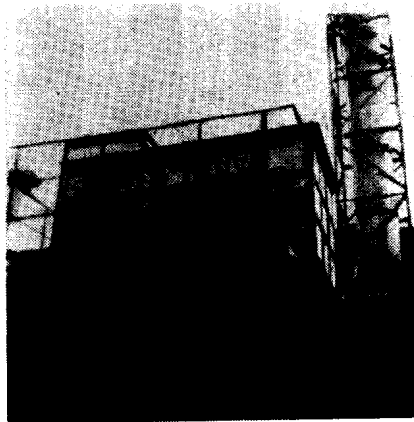


图 2-3-3 贮藏盐酸塔

板，装有冷水流动用进出口水管。

(9) 热水槽，外面为水泥，内衬为白瓷砖或铁板，装有蒸气加热或热水炉加热及热水流动用进水管等装置。

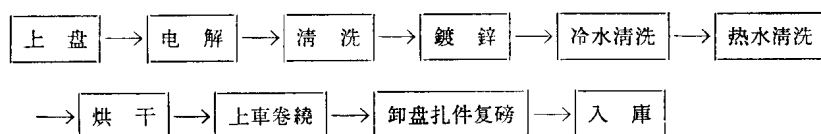
(10) 缠绕钢带机械传动装置（即镀锌车）。

(11) 贮藏镀锌溶液塔，内衬聚氯乙烯或花岗石。

(12) 贮藏盐酸塔，内衬聚氯乙烯或花岗石，如图 2-3-3 所示。

三、镀锌工艺流程和操作工序

钢带镀锌工艺流程：



1. 上 盘

(1) 严格检查经煅炉退火后的钢带质量（表面氧化色泽、质地软硬、风水锈斑等）是否达到要求。

(2) 搬运钢带时严禁猛甩，以免钢带折叠缺口和变形而影响质量。

(3) 钢带的接头一律采用双连方结，大规格12.7毫米以上钢带可采用单连方结，接头时一定要平整（也可以用点焊接法）。

(4) 上盘前先观察钢带外圈有否严重锈斑、油污等情况，如有应一律剪除。

2. 电 解

(1) 使钢带通入电解槽进行阳极电解处理，阴极板（碳精板）及铜排应保持清洁。

(2) 电解槽接触应保持良好的。

(3) 电解槽溶液不允许有油污杂物。

(4) 每周工作以前必须进行一次清洁工作。

(5) 经常察看电解槽出来的钢带，表面氧化层是否完全除去，露出钢铁基体金属本色。如果发现没有完全除去氧化层，有黑斑、黑点等现象应及时剪下。

(6) 电解液成分：

盐酸：工业用，31%，19BC”。

(7) 电解液的温度：25~40℃。

(8) 电流密度：18~25安/分米²。

电压：6~12伏。

(9) 电解时间：约30~50秒，视钢带规格而定。

3. 清 洗

(1) 用流动冷水冲洗，并用小水管对准每一根钢带冲洗。冷水槽保持清洁，不能含酸性过多，尽量避免酸成分带入镀锌槽。

(2) 用无油棉丝擦净钢带表面油污杂物。

4. 镀 锌

(1) 检查镀锌槽溶液浓度是否符合规定范围，如不符合规定要求应及时调整。镀锌

液浓度用婆梅氏比重表测量，应在30~40BC''。

(2) 每隔2~3小时测定酸度是否符合要求。测定酸度方法：用pH值0.5~5的精密试纸测定镀锌溶液，溶液酸度应在1.5~3范围内，如不符合要求应及时调整。酸度偏低时加稀硫酸，酸度偏高时加氢氧化钠。

(3) 经常检查阳极锌板之间距离，是否与钢带接触，以避免短路和烧电现象。

(4) 经常检查阳极锌板，如发现有残缺，要及时补足。

(5) 经常检查阴极葫芦和阳极铜排导电接触点是否良好。

(6) 镀锌溶液在一个月或一季度调换一次。

5. 冷水清洗

用流动冷水冲洗并用小水管对准每根钢带冲洗，冷水槽应保持清洁，不能含酸成分过多。

6. 热水清洗

(1) 经常检查热水温度是否符合要求，一般应加热到80°C以上。

(2) 每班应调换热水一次。

7. 烘 干

(1) 用热水炉的余热将钢带烘干或用烘箱烘干。

(2) 经烘干以后，再用棉丝擦干，保持钢带干燥。

8. 机械缠绕成卷

(1) 钢带穿头至热水槽，应立即上车缠绕。

(2) 上盘必须做到快上、快卸，以免烧焦，并分清规格。

(3) 按钢带规格控制车速及电流。

(4) 经常观察滚盘及等速盘运转情况是否正常。

(5) 钢带中途不允许有弯曲、折叠、缺口、扭绞、松乱等现象。

(6) 钢带下盘后必须立即整理，如发现两端有黑废和中间烧黑以及有棉丝等杂物沾在钢带上，应适当处理。

(7) 每卷镀锌钢带必须牢固捆扎三道。

(8) 镀层厚度检验不能低于7微米。

(9) 检验合格后入库，应按规格堆放整齐并防止受潮以免影响质量。

四、电镀液配制和使用方法

1. 镀锌液配方

(1) 硫酸锌	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	700克/升
硫酸	H_2SO_4	1克/升
水		1升

(此配方为本厂常用配方)

(2) 硫酸锌	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	700克/升
硫酸铝	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$	30克/升
硫酸	H_2SO_4	1克/升
水		1升

2. 溶液配制过程

- (1) 先将计算量的硫酸锌溶解于水，用蒸气加热或用棒搅拌，使之全部溶解。
- (2) 全部溶解后加水到所需要的溶液的体积，并不断搅拌使溶液均匀。
- (3) 然后加入硫酸调整 pH 到 1.5。
- (4) 新配制的溶液，须保持一星期以后才能使用，使溶液浓度、酸度稳定，尽可能达到饱和状态。

3. 添加溶液配制 (低浓度)

硫酸锌 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

300克/升

硫酸 H_2SO_4

调整 pH 值 1.5

五、工 作 条 件

- (1) 镀锌液浓度: 30~40 BC''。
- (2) 镀锌液酸度: pH 1.5~3。
- (3) 镀锌液温度: 25~50°C。
- (4) 电流密度: $D_K = 13 \sim 22$ 安培/分米²。
- (5) 被镀钢带必须浸入镀锌液面 20~30 毫米。
- (6) 计算公式:

$$\text{镀层厚度} \quad a = \frac{D_K \cdot c \cdot \eta \cdot t}{d \cdot 1000 \cdot 60} \quad (\text{毫米})$$

$$\text{电镀时间} \quad t = \frac{a \cdot d \cdot 1000 \cdot 60}{D_K \cdot c \cdot \eta} \quad (\text{分})$$

$$\text{电流密度} \quad D_K = \frac{a \cdot d \cdot 1000 \cdot 60}{t \cdot c \cdot \eta} \quad (\text{安培/分米}^2)$$

$$\text{电流效率} \quad \eta = \frac{a \cdot d \cdot 1000 \cdot 60}{D_K \cdot c \cdot t} \quad (\%)$$

式中 d ——沉积金属比重，克/厘米³ (锌的比重为 7.14 克/厘米³)；

c ——沉积金属的电化当量，克/安培一小时 (锌的电化当量为 1.22 克/安培一小时)。

各种规格钢带电镀计算如表 2-3-1 所示。

表 2-3-1 各种规格钢带电镀计算

规格 (毫米)	转速 (转/分)	面积 (分米 ² /根)	电流密度 (安培/分米 ²)	所需电流 (安培/根)	镀层厚度 (微米)	允许误差 (A)
4×0.25	11	10.4	22	223	>7	+15
6×0.30	11	15.1	22	332		+15
7.15×0.30	11	17.9	22	392		+20
8.65×0.35	10	21.6	20	432		+20
9.5×0.40	9	23.7	18	427		+20
12.7×0.40	8	31.5	15.5	488		+25
15×0.45	7.5	37.5	15.5	582		+25
17×0.50	7.5	41.9	14.6	612		+30
21.2×0.6	7	52.3	13.5	706		+35
25×0.50	7	61.2	13.5	830		+40

(7) 测量仪器

测量浓度：婆梅氏比重表。

测量酸度：广泛 pH 值 0.5~5 精密试纸。

测量温度：0~100°C 温度表。

测量锌层厚度：1/1000 或 1/10000 分析天平。

六、镀锌厚度检验

1. 锌层厚度测定方法

采用重量测厚法时可按下式计算：

$$\delta = \frac{(M_2 - M_1) \times 1000}{d \cdot S_K}$$

式中 δ ——镀层平均厚度，微米；

M_2 ——试样镀锌后重量，克；

M_1 ——试样剥锌后重量，克；

d ——锌的比重，7.14 克/厘米³；

S_K ——试样的表面积，厘米²。

采用重量测厚法可按下述工序进行：

(1) 取镀锌钢带试样长 200 毫米。

(2) 计算试样表面积 (S_K)。

(3) 用酒精棉球将试样表面油污、杂物擦净并吹干。

(4) 用 1/1000 或 1/10000 分析天平精确称量试样重量，并记下重量 (M_2)。

(5) 将试样浸入已配制好的剥锌溶液内将锌层剥去，当反应停止后，用清水洗净试样并用药棉将试样擦干。

(6) 再用分析天平精确称量试样重量，并记下重量 (M_1)。

(7) 将各数据代入上式进行计算， $\delta \geq 7$ 微米才合格。

2. 锌层厚度检查测量仪器

(1) 1/1000 或 1/10000 分析天平。

(2) 0~0.25 毫米分厘卡 (最小刻度 0.01 毫米)。

(3) 计算尺。

3. 剥去锌层溶液的配方

(1) 将 20 克三氧化二锑 (Sb_2O_3) 或 32 克三氯化锑 ($SbCl_3$) 溶于 1000 毫升比重为 1.12~1.19 之盐酸中。

(2) 取上述溶液 50 毫升加入 1000 毫升比重为 1.12~1.19 之盐酸中，即为剥锌溶液。

七、镀锌故障、原因和纠正方法

表 2-3-2 镀锌时常见的故障及其产生的原因和纠正的方法

故 障 情 况	故 障 原 因	糾 正 方 法
1. 镀层附着力不佳, 脱锌, 表面起泡	1. 镀液成分不平衡 2. 退火时表面氧化不匀 3. 镀锌前表面沾有油渍杂物	1. 用化学分析方法分析镀液各种成分, 按规定配方调整 2. 重新退火 3. 检查电解、清水、镀锌槽是否有油脂存在, 钢带表面是否有油脂
2. 镀层粗糙、色暗, 且有小粒	1. 电流密度过大 2. 酸量过多	1. 按规定电流密度进行电镀 2. 调整酸度
3. 附着能力甚弱	酸量不足	加入适量的稀硫酸
4. 导电率不足, 以致在正常电压下, 电流甚低	温度过低	1. 提高温度 2. 加入适量的稀硫酸
5. 阴极有光泽结晶情况	酸量过多	调整酸度
6. 阳极有黑膜	酸量过多	调整酸度
7. 阳极极化, 此种情况下开始电镀, 数分钟后电压增高, 电流下降甚大	酸量不足	加入适量的稀硫酸
8. 阳极上蒙有绿色镀层, 以致妨碍电流通过	镀液内混有盐酸	盐酸在镀液中妨碍极大, 难以除去, 操作时应注意
9. 镀锌钢带贮存中局部发现变色, 有斑点或海绵状镀层	1. 镀液没有洗净 2. 局部斑点, 由于底金属有折叠, 凹型不清洁	1. 检查清洁、操作工序, 特别要检查热水温度, 钢带是否完全干燥 2. 底金属有折叠凹型, 要用棉丝擦净, 使底金属没有油污、杂物等

第三章 一般金属软管生产

金属软管的种类、规格十分繁多，其性能、特点、用途及制造方法又各不相同，目前尚无统一的分类方法。现仅根据我厂几年来的生产情况及用户的订货要求做初步的分类。目前我厂生产比较多的和应用较广泛的一般金属软管有以下20种类型：

- | | |
|----------------|---------------|
| (1) 镀锌金属软管； | (11) 高速软轴套管； |
| (2) 1型耐压软管； | (12) 超高速软轴套管； |
| (3) 2型耐压软管； | (13) 不锈钢套管； |
| (4) 3型耐压软管； | (14) 微型不锈钢软管； |
| (5) 吸尘软管； | (15) 铝质软管； |
| (6) 吸粮软管； | (16) 铅合金软管； |
| (7) 防湿软管； | (17) 冷冻油嵌线软管； |
| (8) 钢丝软管； | (18) 铜质软管； |
| (9) 普通软轴套管； | (19) 铜质软轴套管； |
| (10) 剪羊毛机软轴套管； | (20) 外波纹铜质软管。 |

现分别说明各类软管的规格、性能、特点、用途及其制造方法。

第一节 镀锌金属软管

一、概述

镀锌金属软管是我厂生产中数量最多的一种软管。它的应用极为广泛。它能自由地弯成各种角度和曲率半径，而且在各个方向上均有同样的柔软性和耐久性，故俗称蛇皮管。它主要用于电器线路的安全防护、热工仪表毛细管的防护及空芯高压电缆的内支撑等。

软管的结构为方形互扣无垫料结构，如图3-1-1所示。

镀锌金属软管一般由低碳镀锌钢带卷绕制成。目前，广泛采用的材料为B₂F普通碳素钢（为提高低温下的耐腐蚀性能，可采用08、10优质碳素钢）。钢带表面进行电镀锌，以提高其防腐性能。镀锌钢带的锌层厚度不小于7微米。钢带卷成软管后，其镀锌层表面应完整、光滑，不允许有脱锌、黑斑及连续翘皮存在。但由于目前材质及电镀工艺方面的某些原因，允许有长度不大于5毫米，最大宽度不大于2毫米的翘皮和长度不超过1/4周节的裂纹，以及长度不超过1/3周节的连续起泡存在。

为了保证软管在使用中的柔软性，故要求软管节距之间应灵活，并有较好的伸缩性，不允许有阻塞及僵硬现象。其伸缩性表现为撑力弹性及拉力弹性两个方面。所谓撑力弹性是指将软管压缩到各节拼拢之后松开，软管能立即自行弹开。所谓拉力弹性（又称缩力弹性）是指软管在正常状态下能微微拉长，松开后，能缩回原状。一般情况下，软管只允许有撑力弹性而不允许有拉力弹性。所谓较好的伸缩性就是指有较好的撑力弹性。在表3-1-1

所示各种规格软管中，公称内径为 $\phi 12 \sim \phi 38$ 的软管均有较好的撑力弹性。但 $\phi 4 \sim \phi 10$ 的软管及 $\phi 51 \sim \phi 100$ 的软管，由于表面螺旋角过大或过小的缘故，撑力弹性较差并有轻微的拉力弹性。

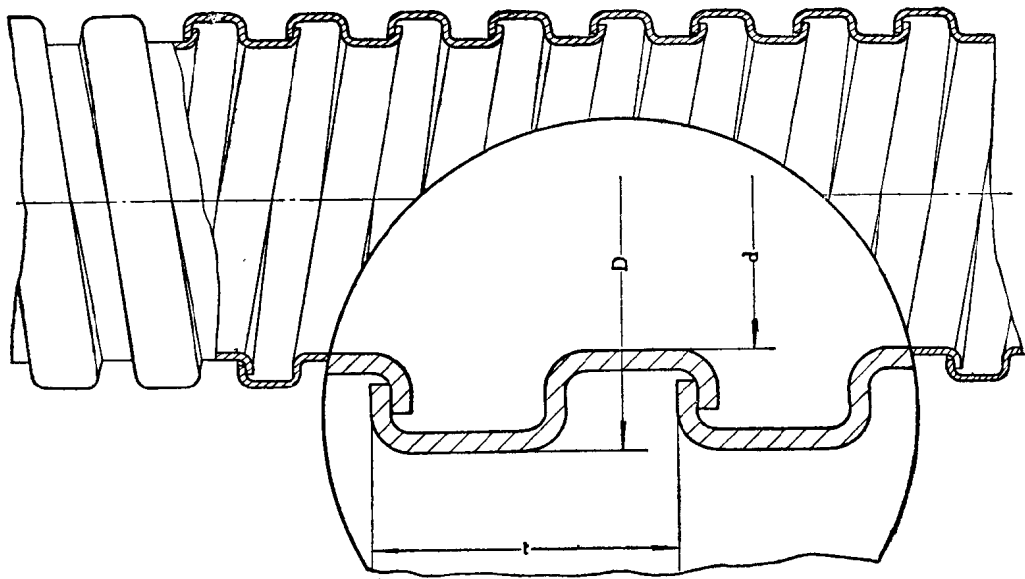


图 3-1-1 镀锌金属软管结构

表 3-1-1 镀锌金属软管尺寸系列

内 径 (毫米)	外 径 (毫米)	内、外径允许偏差	自然弯曲直径 不大于(毫米)	节距及允许偏差 (毫米)	最大轴向拉力 (公斤)	理 论 重 量 (克/米)
6	8.2	± 0.25	40	2.7 ± 0.20	36	68.5
8	11.0	± 0.30	45	4.0 ± 0.20	48	104
10	13.5	± 0.30	55	4.7 ± 0.25	60	150
12	15.5	± 0.35	60	4.7 ± 0.25	72	176
13	16.5	± 0.35	65	4.7 ± 0.25	78	188
15	19.0	± 0.35	80	5.7 ± 0.25	90	242
16	20.0	± 0.35	85	5.7 ± 0.25	96	255
19	23.3	± 0.40	95	6.4 ± 0.30	114	320
20	24.3	± 0.40	100	6.4 ± 0.30	120	335
22	27.3	± 0.45	105	8.5 ± 0.30	132	405
25	30.3	± 0.45	115	8.5 ± 0.30	150	443
32	38.0	± 0.50	140	10.5 ± 0.40	192	625
38	45.0	± 0.60	160	11.4 ± 0.40	228	775
51	58.0	± 1.00	190	11.4 ± 0.40	306	1015
64	72.5	± 1.50	280	14.2 ± 0.40	384	1600
75	83.5	± 2.00	320	14.2 ± 0.40	450	1850
100	108.5	± 3.00	380	14.2 ± 0.40	600	2430

软管在使用中，有时会受到拉伸力、冲击力及自重力等影响，严重时软管结构将被破坏，俗称脱扣。此时软管内部装设的线路将暴露空间，软管的防护作用也就因而丧失。因