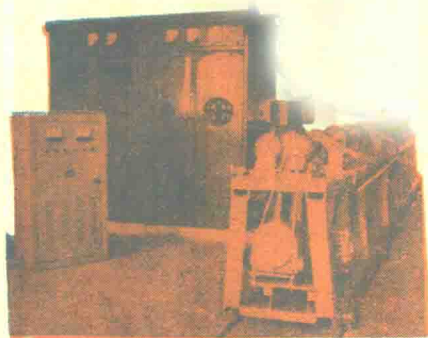


高频设备 和地质钻具表面淬火

地质钻具高频淬火经验编写小组编



地质出版社

高 頻 设 备 和地质钻具表面淬火

地质钻具高频淬火经验编写小组编

地 质 出 版 社

高频设备和地质钻具表面淬火
地质钻具高频淬火经验编写小组编

*

地质局书刊编辑室编辑

地质出版社出版

北京印刷八厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

*

1973年9月北京第一版·1973年9月北京第一次印刷

印数1—14,600册·定价0.88元

统一书号：15038·新22

前 言

无产阶级文化大革命以来，地质战线广大职工认真贯彻毛主席提出的“独立自主、自力更生”的伟大方针，开展群众性的技术革新和科学实验活动，成功地试验并正逐步推广地质管材、钻具和探矿机械零件的高频表面淬火。实践证明，应用高频淬火能够成倍地延长管材、钻具和机械零件的使用寿命，从而可以节约大量钢材、减少搬运和辅助工作量、提高工作效率，深受广大钻探职工欢迎。

为了进一步推广这一先进技术，我们组织编写了《高频设备和地质钻具表面淬火》一书。本书由“地质钻具高频淬火学习班”组织的编写小组编写。在内容上注意到既有理论阐述，又有实践经验，力求通俗易懂。书中重点讲述高频加热设备的基本知识，包括高频设备的结构、原理、部件制作、调试，以及地质管材、钻具和机械零件高频表面淬火工艺等。可供具有一定电工和热处理知识的工人及技术人员参考。

由于我们缺乏经验，水平有限，加上编写时间短促，内容还不够成熟，书中一定会有缺点及错误之处，热诚希望读者提出宝贵意见。

目 录

前言

第一章 高频技术在工业上的应用	(1)
第一节 高频加热的物理本质	(1)
第二节 高频加热的应用范围	(5)
第三节 高频加热的特点	(8)
第四节 高频加热设备的分类	(6)
第二章 电子管和离子管	(12)
第一节 电子管	(13)
第二节 离子管	(26)
第三章 整流器	(37)
第一节 整流器的类型	(37)
第二节 三相可控整流	(42)
第四章 电子管高频振荡器	(51)
第一节 自激振荡原理和电子管振荡器线路	(51)
第二节 高频振荡器的工作状态调整原理	(71)
第五章 高频感应加热设备	(83)
第一节 GP-100C ₂ 型和 GP-100C ₃ 型高频感应加热设备	(83)
第二节 GP-200型高频感应加热设备	(96)
第三节 GP-60CR ₁₁ 型高频感应加热设备	(99)
第四节 GP-30 CR ₁₁ 型高频感应加热设备	(104)
第五节 8 珐高频感应加热设备	(107)
第六章 高频设备的制作	(114)
第一节 高频设备主要部件的制作	(114)
第二节 高频设备的安装	(133)
第三节 控制线路和测量仪表	(142)
第七章 高频设备的调试	(151)
第一节 通电调试前的准备工作	(151)

第二节	控制部分调试·····	(153)
第三节	整流部分调试·····	(161)
第四节	振荡部分调试·····	(175)
第八章	高频设备的维护及故障排除·····	(188)
第一节	高频设备的维护·····	(188)
第二节	高频设备常见故障和处理·····	(193)
第九章	高频淬火及其在地质钻具和机械零件方面的 应用·····	(198)
第一节	高频淬火用钢·····	(198)
第二节	高频淬火后钢的组织 and 性能·····	(204)
第三节	感应器的设计和制作·····	(208)
第四节	地质钻具和探矿机械零件的高频表面淬火·····	(223)
第五节	高频表面淬火质量检验·····	(234)

第一章 高频技术在工业上的应用

高频技术是近几十年内发展起来的一门新技术。由于高频技术有许多独特优点，在工业中的应用已越来越广。在我国，高频技术的应用是在解放后才开始的。无产阶级文化大革命以来，在毛主席革命路线指引下，我国工人阶级认真贯彻“鞍钢宪法”，大搞技术革新，高频技术已愈来愈广泛地应用于各项工业生产。

第一节 高频加热的物理本质

高频加热（包括感应加热和介质加热）是利用高频电磁场对被加热物体的作用来进行加热的。

一、感应加热的物理本质

感应加热是利用导体在高频磁场作用下产生的感应电流（涡流损耗），以及导体内磁场的作用（磁滞损耗）引起导体自身发热而进行加热的。

将导体置于通有高频电流的螺线管线圈里。由于线圈内高频变化磁场的作用，导体被感应出一个沿着表面流通的涡流（图1—1）。这个涡流电流的大小与磁场强度平方和磁场变化频率成正比。频率愈高，涡流流过的导体表面层愈薄，导体的加热深度也愈浅，因此感应加热的电源频率应按加热的要求来选取。一般用于金属熔炼的高频电源频率在几千赫左右，而金属熔炼的功率却很大，因此通常由增频发电机或可控硅变频器供给电能。

用于高频淬火、焊接等的高频电源，频率在几百千赫左右，

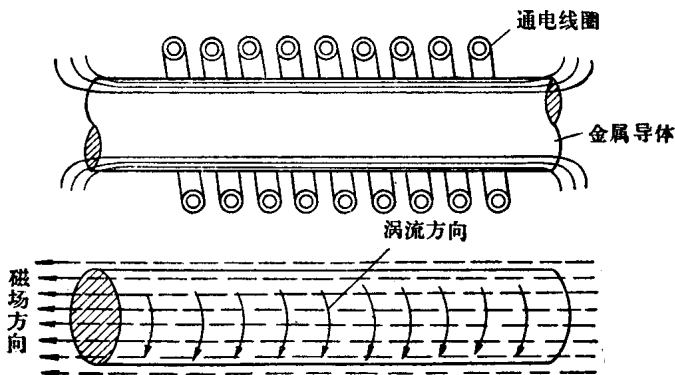


图 1—1 高频感应加热示意图

功率在几瓩—200瓩左右,所以一般用电子管高频发生器供给高频电能。

感应加热用的高频设备,其频率可根据工件的尺寸和加热层的厚度来选取。对于复杂工件的同时加热来说,供电电源的最佳频率可按下列经验公式估算:

$$f_{\text{最佳}} = \frac{5 \times 10^5}{\delta^2} \text{赫}$$

式中 δ ——加热层的厚度,毫米。

例如: $\delta = 1$ 毫米时, $f_{\text{最佳}} = 500$ 千赫。

对于形状简单的工件(旋转体、平面体)的加热来说, $f_{\text{最佳}} =$

$$\frac{5 \times 10^4}{\delta^2} \text{赫}。$$

例如: $\delta = 0.5$ 毫米时, $f_{\text{最佳}} = 200$ 千赫。

但是实际选择频率时只规定最合适的频率波段(中频或高频)。在一定波段内频率改变不大时,对淬火结果影响并不显著。

选择频率时,还应考虑到工件的尺寸和材料。根据有关资料,在加热元钢(结构钢)直径为 d 毫米时,使用频率范围约在 $f = (5.8 \sim 36) \times 10^6 / d^2$ 赫。如果工件为铝坯料时,则 $f = (0.8 \sim 5) \times 10^6 / d^2$ 赫。

表 1—1

温 度	透 入 深 度 (δ)	
	低 合 金 钢	紫 铜
20℃ 时	$\frac{20}{\sqrt{f}}$	$\frac{67}{\sqrt{f}}$
1000℃ 时	$\frac{600}{\sqrt{f}}$	$\frac{230}{\sqrt{f}}$

同时应注意到不同温度时，涡流透入深度与频率之关系（表 1—1）。

加热设备的功率视被加热工件的尺寸范围而定。如果需要加热 S 平方厘米的表面积，则总的能量消耗为：

$$Q = \Delta Q \cdot S \text{ 瓩} \cdot \text{秒}$$

式中 ΔQ ——加热单位面积工件的能量消耗。

若加热时间规定为 t 秒，则设备的功率为

$$P = \frac{Q}{t}$$

例如，在低合金钢制成的零件表面上厚 3 毫米的 δ 层进行淬火加热时，设 $\Delta Q = 5 \text{ 瓩} \cdot \text{秒}/\text{厘米}^2$ ， $S = 100 \text{ 厘米}^2$ ，则

$Q = 5 \text{ 瓩} \cdot \text{秒}/\text{厘米}^2 \times 100 \text{ 厘米}^2 = 500 \text{ 瓩} \cdot \text{秒}$ ，若加工时间 $t = 10 \text{ 秒}$ ，则设备功率为

$$P = \frac{500 \text{ 瓩} \cdot \text{秒}}{10 \text{ 秒}} = 50 \text{ 瓩}$$

ΔQ 的值可以根据加热层的厚度要求和所采用的材料进行试验确定。

二、介质加热的物理本质

介质加热又称电容加热，是利用介质在高频电场作用下自身发出的热量进行加热的。如图 1—2 所示，在电容极板上加直流电源 E ，则在电容极板间就存在着一个方向不变的电场。若将介质置于电容极板中间，则受恒电场的作用，介质分子被极化，则介质分子里所有原子中的电子（带负电荷）移向正极板，而原子核（带正电荷）移向负极板，但介质极化后分子不运动，因此不

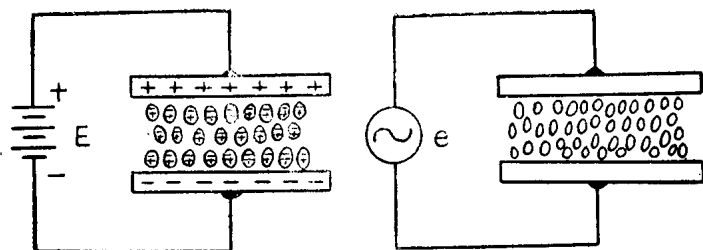


图 1—2 高频介质加热示意图

会发热。

如在电极板上加以交变电源 e ，则电容极板的极性及极板间电场方向也发生交替变化。这样在介质分子中正电荷中心与负电荷中心的位置随着电场方向的变化而变化，相当于分子发生骚动。其骚动速率与电源电压变化频率一致，骚动幅度则取决于电场强度和介质材料的介电性能。由于介质分子骚动，介质内部之间产生摩擦发热，于是介质就被加热。

高频介质的加热频率都在无线电频段上，即在几兆到几十兆赫，功率在几百瓦到几十瓩，因此都用电子管高频功率发生器供电。

介质在高频电场作用下析出的热功率与电场变化频率、介质的损耗角、高频电场强度平方和介质的介电常数（电容率）成正比。

对某种物体进行介质加热所需高频振荡功率 P ，取决于被加热物体的重量、体积、比热、加热时间和加热温度。如被加热物体质量为 m （克），比热为 C 〔卡/克度〕，加热起始温度为 T_1 ，加热终了温度为 T_2 ，则所需要热量 Q 〔卡〕为：

$$Q = C \cdot m (T_2 - T_1)$$

电能转化为热能的关系是：

$$Q = 0.24 P_1 t$$

式中 P_1 ——电能功率（瓦）；

t ——加热时间（秒）。

因此，可以算出

$$P_1 = \frac{c \cdot m}{0.24} \cdot \frac{T_2 - T_1}{t} \quad (\text{瓦}).$$

在烘干介质时，除了算出介质中水份加热 100°C 时所需功率 P_1 外，还要算出水份气化所需功率 $P_2 = 2246 \frac{m}{t}$ 。水的比热为 1，因此要在 t 时间内烘干 m 克温度为 T_1 的水份所需的电功率为：

$$P_1 + P_2 = \frac{m}{t} \left[\left(\frac{100^\circ - T_1}{0.24} \right) + 2246 \right] \quad (\text{瓦})$$

此外，还要估计到在加热过程中热量的辐射失散、传导失散和空气对流失散，以及介质本身的吸收，振荡功率应当比上述计算出的功率大 20% 左右。

例如：1 公斤含冰雪的羊毛，干燥后为 880 克，所含水份为 120 克，一分钟內蒸发这些零度的水份所需功率为：

$$\frac{120 \text{ 克}}{60 \text{ 秒}} \left[\frac{(100^\circ - 0^\circ)}{0.24} + 2246 \right] \approx 5 \text{ 瓩}$$

因此使用高频设备的功率应该大于 5 瓩。

第二节 高频加热的应用范围

一、感应加热

1. 冶金工业：冶金用感应炉的容量从几克到几十吨。用高频感应炉可在空气、真空或保护气体介质中熔炼各种金属和合金，并有利于研究新的合金成分和生产特种合金。

2. 无坩埚感应熔炼：这是纯金属冶炼发展的新方向之一。被熔炼材料在空气、真空或保护气体介质中逐渐移过感应加热区域，移动速度须保证液体金属连续不断地流向用以冷却和凝固的结晶器。此法可以熔炼出特别纯粹的金属，不含有由于熔融液体和坩埚壁互相作用所产生的杂质。

3. 半导体区熔提纯 (图 1—3): 将半导体硅 放在 石墨坩埚里, 在保护气体介质中用感应加热法将线圈逐渐移过加热区段、被熔化的硅材料中的杂质也会随之移向一端。最后将加热后含杂质较多的末端锯掉, 剩下纯度很高的硅。

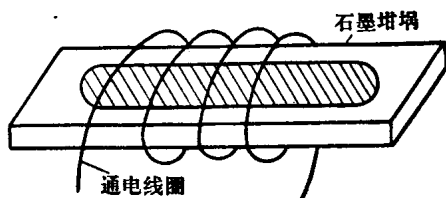


图 1—3 半导体区熔提纯示意图

4. 表面淬火: 由于金属在高频磁场里产生的涡流是沿着金属表面流通的 (集肤效应), 因此可以方便地对金属进行表面局部淬火。

如图1—4所示, 将工件置于线圈里, 由高频磁场在金属杆表面产生了涡流, 使局部表面加热, 因此用此种方法即可对钢件进行表面局部淬火。淬火后的回火, 也可以将工件连续沿线圈移动, 进行连续顺序加热, 如对长轴或地质钢管表面进行连续顺序加热淬火。

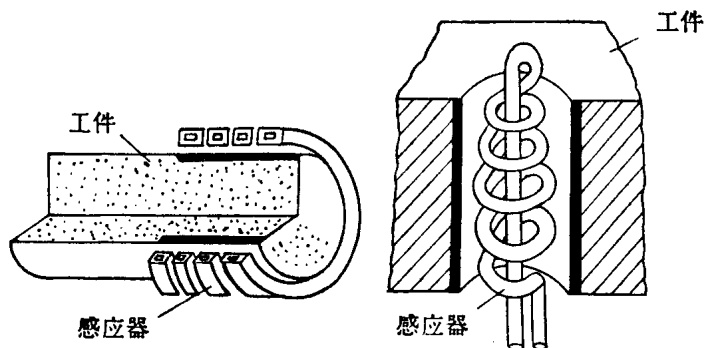


图 1—4 金属表面淬火示意图

左图为金属杆表面淬火, 右图为内孔表面淬火

此外，如果将线圈置于金属内孔（如水泵缸套），也可以对内孔进行淬火。

5. 金属压力加工：将匀整毛坯或棒料端部快速加热，使锻压设备的利用率提高，锻件表面无氧化皮和脱碳现象，可提高锻模耐用性并节约原材料。

6. 金属钎焊：用硬软焊料进行零件钎焊，将零件冲压后钎焊，代替机械加工，可节约金属材料。

7. 对焊：将整个钢棒或钢管连接区一下子同时加热，进行对焊（如石油钻杆焊接接头）。在用钢带焊接成钢管时，焊接过程是连续进行的，连接区域内的带材边缘以80米/分的速度进行感应加热，保证轧管设备的高生产率（图1—5）。由于强大的感应电流流过由带形钢材卷成的钢管缝隙处产生的巨大热量，将缝隙处熔化后焊牢，再将接缝处用刨刀刮平即成钢管。

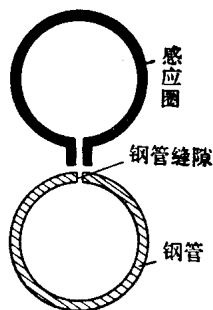


图 1—5 钢管高频焊接示意图

8. 钢的化学处理：用感应加热法对钢进行渗碳处理，周期可缩短20倍左右，加快生产过程。

9. 金属油漆层干燥：用感应加热对金属油漆覆盖层进行连续顺序或整个区同时加热干燥，可大大缩短生产周期。

10. 电子管去气：在制造高真空电子器件（如电子管、示波管、显象管等）时，为了提高真空度，可用高频感应法加热，排除吸附在电子管内金属电极上的气体。

二、介质加热

目前应用的介质加热，包括热反应、溶化、烘干、热机械作用和生物学作用等方面。可概括如下表：

表 1—2

介质—— (电容器电场内) 高频加热	热反应	橡胶结晶热熔，橡胶硫化 绝缘体压制 压制粉末加热
	熔 化	食品解冻 粘合（木材粘合、铅笔粘合） 焊接玻璃 焊接塑料
	烘 干	特种纸张加工 烘干电绝缘材料 烘干食品、药材、牧草、果品、农副产品 烘干塑料、皮革、纸张产品 烘干茶、烟、纤维、木材及纤维产品（棉纱棉布等） 烘干胶乳海绵 烘干铸造型芯、陶瓷和砖瓦坯
	热机械作用	蚕茧加工（杀蛹） 浸透木材 岩石破碎热机械作用 固定扭曲 制造玉米花
	生物学作用	制造食品 杀菌，杀灭混在粮食种子中的病虫害 食品加热 医疗加热、消毒、酿酒、酵化、合成浓缩

第三节 高频加热的特点

物体的加热，由燃烧加热发展到蒸气加热，进而利用电流通过电阻发热，这些都是依靠外部传导的热量对物体进行间接加热。其缺点是热量损失大，效率低，难以控制，不易集中在一个局部（某一区段或某一表面）进行，对于不良导热体（羊毛、皮革、

木材、棉纱等)的加热就更困难。

采用高频加热技术可以弥补以上缺点。由于能量是由被加热物体材料在电场和磁场作用下本身析出来的,因此热能直接用来对物体进行加热,完全避免了热能的传导损失,从而提高了加热设备的效率。同时,高频加热可以集中能量在一个局部加热,因此加热速度快,生产效率高。

由于具备以上优点,感应加热应用极广泛,能完成其他加热方法所难以完成的工作。高频加热的主要特点可归纳如下:

1. 加热速度快,电能消耗少,生产效率高;
2. 设备在操作上无附加费用,成本低;
3. 设备紧凑,占地面积小,操作使用方便;
4. 生产过程清洁,无高温,劳动条件好;
5. 加热过程中工件的氧化皮和变形很少,无表面脱碳现象,与其他热处理方法相比,废品率最低;
6. 能进行选择性的加热;
7. 高频表面淬火的机械零件脆性小,同时还能提高零件的机械性能(如静力强度、疲劳强度),同样钢种的淬火硬度亦高于普通加热炉的淬火硬度;
8. 能通过电气参数进行精确的工艺控制,并便于将设备组织到生产流水作业线,进行机械化生产。

第四节 高频加热设备的分类

在电热事业中,作为加热用的交流电源,根据加热对象的要求不同,电源的频率和功率各不相同。常用的频率范围有:

- 50赫—工频即工业频率(低频);
- 1.000~100000赫—声频即音域频率(中频);
- 100000~1000000赫—射频即无线电频率(高频);
- 1000000赫以上—超高频。

根据频率、功率和用途的不同,高频加热设备种类如下表所

高频加热设备分类

表 1—3

交流电源设备名称	工作频率范围	应用功率范围	电源效率%	用 途	加热方式
工 频	50 赫	100~5000瓩	70~90%	1. 巨型坯料在碾轧锻造前的穿透加热 2. 冷轧辊的表面淬火 (层厚10毫米以上) 3. 钢质外壳的漆层烘干 4. 金属熔炼	感 应 加 热
增 频 发 电 机	0.5~10千赫	15~1000瓩	70~85%	加热层厚度在3毫米以上的机器零件加热及金属熔炼等	加 热
可控硅变频器	0.18~10千赫	15~1000瓩	90~95%	加热层厚度在3毫米以上的机器零件加热及金属熔炼等	加 热
离子管式发生器	0.5~3千赫	250~1000瓩	90~95%	加热层厚度在8毫米以上的大型工件加热	加 热
火花式发生器	50~500千赫	5~35瓩	30~40%	加热层厚度在1毫米以上的小型工件加热	加 热
高频功率发生器	70~1000千赫 (1兆赫)	5~500瓩	50~75%	加热层厚度在0.1~3毫米左右的复杂工件加热, 半导体提纯, 区熔等	介 质 加 热
	1~10兆赫	1~100瓩	40~70%	水份烘干, 橡胶加热, 电容率很高的介质加热。	
	10~100兆赫	100瓦~1瓩	35~60%	聚氯乙烯塑料加热, 压制粉末加热等	
空腔电子管式发生器 (超高频功率发生器)	100兆赫以上	几十瓦到几百瓦	20~50%	塑料王加热, 电容率很小的介质加热	介 质 加 热

列。

随着可控硅技术的发展和应⽤，使⽤固态低损耗可控硅将电⼊馈送给感应加热负载，使其产⽣⾼效率的⾼频功率的可控硅变频器，已逐渐地应⽤到感应加热和熔⼊等领域。可控硅变频器是⾼频电热事业中的⼀种新能源。它具有单位重量轻、额定负载下效率高，没有磨损零件及噪声，启动快，节约钢材、制造工艺和维护简单等优点，⽽更主要的是在负载变化时能自动调节频率，保持恒定功率因数，所以今后可控硅变频器将有逐渐代替电机式变频器的趋向。

⽬前国外采⽤的可控硅变频器频率⼀般在180赫~10000赫，功率由几十瓩到1000瓩甚至更⼤。

我国已试制的可控硅变频器，功率由几十瓩至200瓩，频率由1000赫到2500赫左右。随着科学研究工作的不断深⼊和可控硅技术的进⼀步迅速发展，预计不久的将来频率更⾼、功率更⼤的可控硅变频器将会更广泛地应⽤于电热事业，在电热事业中发挥更⼤的作用。