

热处理用快速加热 与表面加热的装置

中国科学院
电子学研究所



热处理用快速加热与 表面加热的装置

晓霞、晓光合编

机械工业出版社

1960

內 容 簡 介

本书叙述了热处理用的高频设备、火焰加热装置、电解液加热装置及电接触加热装置的工作原理、构造、应用条件和操作方法。介绍了高频淬火加热用感应器和火焰喷嘴的设计与制造方法。此外，还介绍了高频淬火机床、火焰淬火机床及电解液淬火机床的构造、应用条件和选择方法。

本书可供机器制造厂高级技术工人及工程技术人员参考，也可作为大专和中等技术学校热处理专业学生的参考书。

NO. 3261

1960年6月第一版 1960年6月第一版第一次印刷

850×1168¹/₃₂ 字数95千字- 印张3¹³/₁₆ 0,001—6,541册

机械工业出版社(北京阜成门外百万庄)出版

机械工业出版社印刷厂印刷 新华书店发行

北京市书刊出版业营业许可证出字第008号 定价(10-5) 0.55元

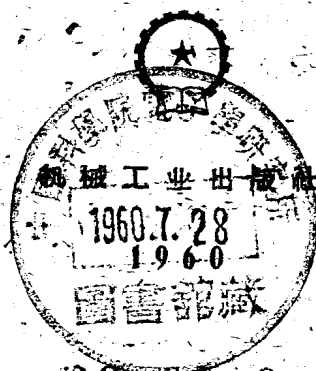
目 录

前言.....	4
第一章 高频设备.....	5
第一节 高频感应加热的物理基础.....	5
第二节 高频电源.....	10
第三节 高频淬火机床.....	36
第四节 普通频率电流的感应加热装置.....	52
第五节 高频加热用的感应器.....	53
第二章 火焰加热装置.....	64
第一节 火焰表面淬火设备.....	64
第二节 火焰深透加热装置.....	98
第三章 其他表面加热装置.....	98
第一节 电接触加热装置.....	98
第二节 电解液加热装置.....	101

77.1
580

热处理用快速加热与 表面加热的装置

晓霞、晓光合编



內 容 簡 介

本书叙述了热处理用的高频设备、火焰加热装置、电解液加热装置及电接触加热装置的工作原理、构造、应用条件和操作方法。介绍了高频淬火加热用感应器和火焰喷嘴的设计与制造方法。此外，还介绍了高频淬火机床、火焰淬火机床及电解液淬火机床的构造、应用条件和选择方法。

本书可供机器制造厂高级技术工人及工程技术人员参考，也可作为大专和中等技术学校热处理专业学生的参考书。

NO. 3261

1960年6月第一版 1960年6月第一版第一次印刷

850×1168¹/₃₂ 字数95千字- 印张3¹³/₁₆ 0,001—6,541册

机械工业出版社(北京阜成门外百万庄)出版

机械工业出版社印刷厂印刷 新华书店发行

北京市书刊出版业营业许可证出字第008号 定价(10-5) 0.55元

目 录

前言.....	4
第一章 高频设备.....	5
第一节 高频感应加热的物理基础.....	5
第二节 高频电源.....	10
第三节 高频淬火机床.....	36
第四节 普通频率电流的感应加热装置.....	52
第五节 高频加热用的感应器.....	53
第二章 火焰加热装置.....	64
第一节 火焰表面淬火设备.....	64
第二节 火焰深透加热装置.....	98
第三章 其他表面加热装置.....	98
第一节 电接触加热装置.....	98
第二节 电解液加热装置.....	101

前 言

热处理之所以在机器制造业中得到广泛的应用，主要是因为通过热处理可以改变金属材料性能，尤其是提高金属材料的机械性能。

极大多数的零件，特别是在工作时运动的机器零件，在工作时往往承受弯曲、扭转等负荷，而且这种负荷常常是变化的，有时是拉伸有时是压缩，零件在这种交变负荷下工作，如果达到了疲劳极限，则将发生疲劳断裂。

在工作时承受扭转、弯曲、疲劳等负荷的工作，其表面常常较心部承受较大的应力，通常这类零件的破裂往往是从表面开始的。因此，可以认为零件表面层的强化，是增加零件总强度的一个重要因素，零件具有坚强的表面层，将完全有助于整个零件的强化。所以，在生产中许许多多的机器零件都需要进行表面强化处理。

强化零件的方法很多，如冷压、喷丸、喷镀硬质金属或非金属、化学热处理和表面淬火等，而以表面淬火应用较为广泛。

表面淬火的正确实施，除需拟订正确的工艺规程外，主要是正确的控制和使用加热所用的设备。没有设备的保证，工艺就很难实施。一般说来，表面加热用的设备远较普通热处理加热炉复杂，但如能从基本原理、机械结构、操作方法等方面作系统的详细的了解，掌握起来就比较容易，在操作时反而较普通热处理的方法易于控制和管理。

常用的表面淬火加热方法有：高频感应加热法、火焰加热法、电接触加热法、电解液加热法和电弧加热法等多种，但以高频感应加热和火焰加热两种方法用得最多。本书专论表面加热用的设备。

第一章 高频设备

热处理用的高频设备，主要是用于表面淬火的高频感应加热装置，它包括高频电源（高频供电设备）和^一高频淬火机床。

高频感应加热淬火法，是钢铁工件热处理的新技术。解放以来，随着祖国工业建设的飞跃发展，高频加热技术也得到了广泛的应用，至今，我国不仅已经掌握了现代的高频淬火技术，而且，也基本上掌握了高频设备的制造技术。

目前，高频淬火的方法正在迅速的推广，因为它是一种高效率、高质量的工件表面强化处理的方法，适应我国工业发展的迫切要求。

与普通的加热炉不同，高频感应加热装置并不是在周围介质中发出热量，而是靠工件本身被感应出来的电流产生热量。因此，高频设备的结构往往比普通的加热炉轻便紧凑，并且，很容易应用自动调节装置。又由于这种方法的加热时间极快，皆以分、秒来计算，这样，它不仅显著的提高了热处理的生产率，根本地改善了劳动条件，而且也给热处理过程实现最大限度的机械化、自动化和可能纳入生产流水作业线甚至自动作业线创造了条件。

第一节 高频感应加热的物理基础

1. 高频电流及其获得的方法 所谓感应加热，就是把钢铁工件放在高频电流所产生的交变磁场之中，依靠工件内部感应产生的涡流使其本身被加热到高温。

工业上使用的动力电和民用的照明电，都是频率为 50 赫芝的交流电，这种电流叫做「工业频率」或「普通频率」电流。频率较工业频率高的电流都称为高频电流。

频率为 1000~100000 赫芝的高频电流，称为音频频率电流，

100000~1000000 赫芝的高频电流，则称为无线电频率电流。

用于感应加热的高频电流，可由下列四种设备获得：

(1) 高频发电机（可以得到 50~10000 赫芝频率的电流）；

(2) 火花间隙振荡式变频器（所得到电流的频率为 $10^4 \sim 5 \times 10^5$ 赫芝）；

(3) 离子管变频器（可以得到频率为 800~2000 赫芝的高频电流）；

(4) 电子管振荡式高频发生器（发生的电流频率为 $10^4 \sim 10^6$ 赫芝）。

上述四种高频电源中，火花间隙式变频器和离子管变频器在工业上应用较少，这是因为前者效率较低（在 50% 以下），而且在工作时会发出噪音；后者发出的频率较低，满足不了热处理的要求。

2. 感应加热的原理 图 1 是感应加热的示意图，被加热的工件 1 放在感应线圈（通称感应器）2 的中央，将感应器接入高频电源线路之内，由于交流电的通入，在线圈周围产生了交变电磁场，它的磁力线就在自己变化的时候部分的割截放在感应器中的工件。这时，按照电磁感应定律，在工件中会引起感应电动势。其值为：

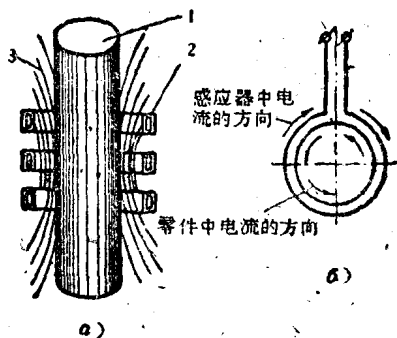


图 1 感应加热示意图：

1—零件；2—感应器；3—磁力线。

$$E = 4.44 \cdot B \cdot S \cdot f \cdot 10^{-3}, \text{ 伏特,}$$

式中 E ——沿工件周边所产生的电动势，伏特；

B ——加热区中最大的磁感应强度值，高斯；

S ——磁通量所占据的工件横断面积，厘米²；

f ——电流频率，赫芝。

由于工件是导体，因而工件内可以形成感应电流，其电流值为：

$$I = \frac{E}{Z}, \text{ 安培,}$$

式中 I ——在加热工件中循环的电流，安培；

Z ——工件电路中的全部阻抗，欧姆。

阻抗可由下式求得：

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}, \text{ 欧姆,}$$

式中 R ——工件中由感应电流所形成的电路中的有效电阻，欧姆；

X ——同一电路中的电抗，欧姆。

工件中感应电流的方向，在任何时候都与感应器中的电流方向相反，工件中有电流流过，像普通电热体一样，会因电热效应而把电能转换为热能，工件就是靠这种能量而被加热的。在加热时变为热量的功率是：

$$P = I^2 R, \text{ 瓦特.}$$

当工件的温度低于居里点 (A_2) 时，工件本身在外磁场的作用下而产生的磁滞损失，也可以使工件发热，不过，这种热量是相当有限的。

由上述公式可知：增加感应电流 (I)，可以增加输入加热工件的功率；当工件的尺寸一定，最大的磁感应强度 (B) 不变 (这时工件达到磁饱和)，磁通量所占据的工件横断面积 (S) 也不变时，提高电流频率 (f)，可以提高电动势 (E)，亦即增加了感应电流 (I) 的数值。因此，可以在工件不大的体积内，集中很大的功率，而实现对工件所进行的快速加热或表面加热。

高频交变电流与直流电不同，它在导体内沿断面的分布是不均匀的，如图 2 所示，频率愈高电流愈向表面集中，这就是所谓高频电流的表面效应。

应用高频感应加热表面淬火法处理齿轮时，可以发现，随着

高频电流的频率不同, 所获得的淬火层深度和分布情况也不相同, 频率较高时, 只齿顶被淬硬; 频率较低时, 仅齿根被淬硬, 只有频率相当时, 才会得到良好的结果, 如图3所示, 但在实际生产上大多数的齿轮(大型齿轮除外)是很难选择这种适当的频

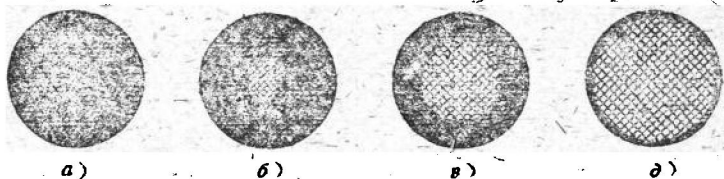


图2. 在不同的频率下, 导体内的电流分布示意图:

$a-f=0$ (直流); $b-f=50$ 赫芝; $c-f=2500$ 赫芝; $d-f=250000$ 赫芝。

率。为此, 目前也有采用所谓双频淬火法。这种方法就是同时应用两台发生不同频率电流的高频设备, 供电给感应器来加热齿轮, 其装置如图4所示。其中一种电流的频率为2000赫芝, 另一种电流的频率为 2×10^5 赫芝, 则齿轮经两次感应加热并淬火之后, 所得的淬火层分布情况, 就会符合技术要求。

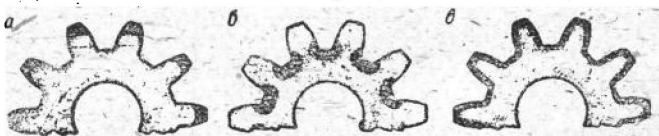


图3. 在不同频率的高频电流作用下所得到不同的处理结果:

$a-f=200000$ 赫芝 (频率过高); $b-f=2000$ 赫芝 (频率过低); $c-f=100000$ 赫芝 (频率适当)。

由上面对感应加热原理的简单叙述, 可以明确下列几方面与设备有关的问题:

(1) 高频电源与感应器是高频感应加热装置最基本的组成部分;

(2) 由于高频电流具有表面效应的性质, 其导线或感应器

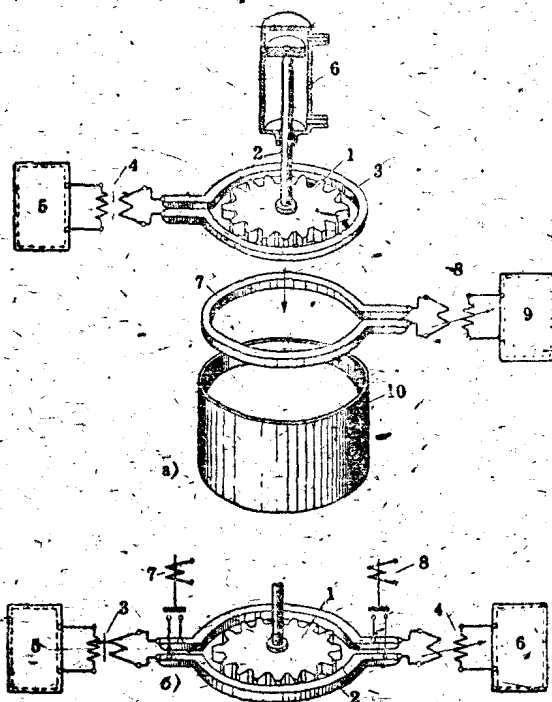


图4 · 齿轮双频淬火装置示意图:

a: 1—工件; 2—固定工件的活塞杆; 3、7—感应器; 4、8—高频变压器;
5—第一种高频电流(频率约为2000赫芝); 6—送料机构; 9—第二种高频电
流(频率约为 2×10^5 赫芝); 10—淬火槽。

b: 1—工件; 2—感应器; 3、4—高频变压器; 5—高频电机; 6—电子管振
荡式高频发生器; 7、8—电磁开关。

可以制成空心的;

(3) 高频电源的电流频率, 必须符合工艺的要求, 较大范
围内频率的变动, 需要选择不同的设备;

(4) 为了满足工艺要求, 有时要同时应用两台高频发生器
供电, 这一点对在选擇设备或设计淬火机床, 尤其是设计齿轮高
频淬火机床时, 应引起特别的注意。

第二节 高频电源

1. 高频发电机 高频发电机的种类很多,有结构与一般同步电机相似的旋轉磁場式高频发电机,也有将励磁线圈及电枢线圈全繞在錠子上的所謂靜止磁場式的感应发电机。

只有频率不超过 10000 赫芝、功率不小于 500 千伏安的高频

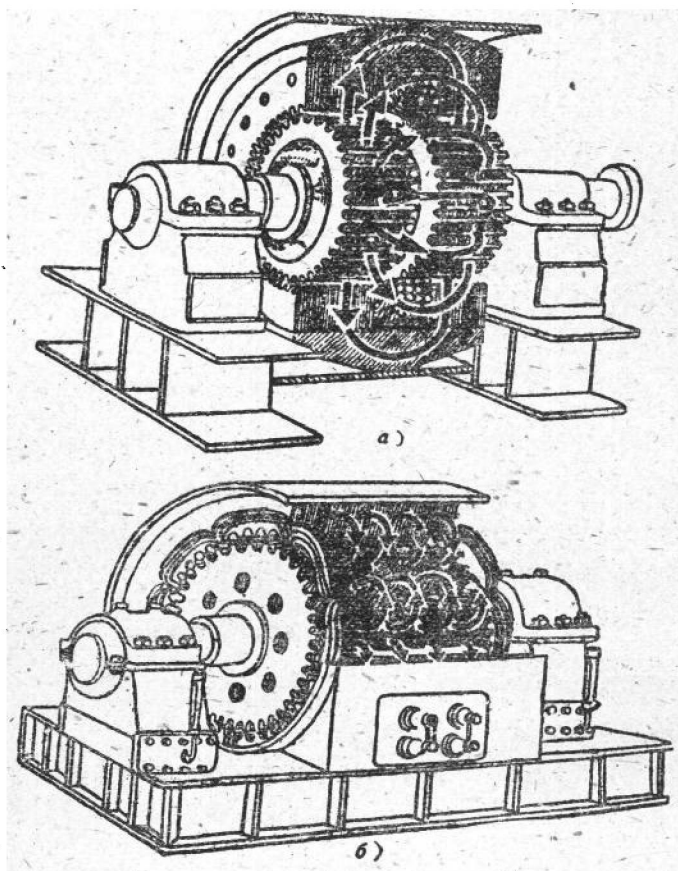


图5 高频发电机简图:

a—环形磁路式感应发电机; b—分段磁路式感应发电机。

(注: 图中箭头表示激励磁通的方向)

发电机，才能根据有凸极轉子励磁的同步发电机的构造原理来制造。当功率更小或频率更高时，由于轉子上相邻磁极間間隙过小，而难以将励磁繞組裝在轉子之上，以及其他如需要轉数过高等原因，給制造这种电机造成了技术上的困难，甚至，根本失去制造成功的可能性。因而，这种电机在生产中应用得很少。

热处理中常用的是感应高频发电机，根据励磁繞組放置的部位不同，这种电机又可分为两类：

第一类：励磁繞組呈环状环绕着轉子軸綫裝在錠子上开着的专门凹槽內。如图 5 中之 a 所示，发电机的錠子由硅鋼片叠成，并压入鋼或鑄鉄制成的体壳內，轉子通常是由一整块鋼料制成，轉子周圍沿軸綫銑成許多条槽，有时为了减少同空气的摩擦，再用非磁性材料（如鋁）把槽填满，这种发电机叫做环形磁路式感应发电机。

第二类：励磁繞組放在錠子槽內，但它并不环绕轉子軸綫，而是分为若干个組对称的分布在轉子的四周，如图 5 中的 b 所示，这种发电机称为分段磁路式感应发电机。

由于第二类发电机的磁場系統的时间常数較第一类发电机为低，亦即第二类发电机很容易通过控制励磁电压来控制它的输出电压，因而获得了广泛的应用。

为了了解感应电机的作用原理，現在将图 5 6 所示电机的一

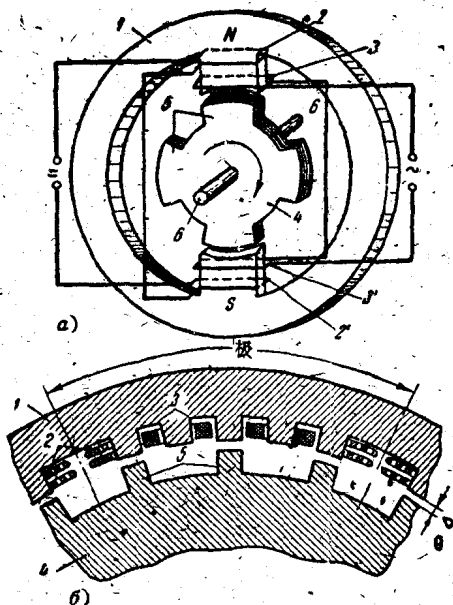


图 6 高频发电机工作原理图：

1—錠子；2—励磁繞組；3—錠子繞組；4—轉子；5—轉子的齿；6—旋轉軸。

部分取出如图 6 所示来加以说明。

如图 6 所示，繞在錠子上的励磁繞組 2-2' 形成了磁极 N 及 S，在磁极中間的旋轉軸 6 上装着的轉子 4 将被磁化，当轉子的齿頂 5 正对着繞在錠子齿上的电樞綫圈时，由于两齿間的空隙最小，所以作用于电樞綫圈上的磁通为最大（用 $\Phi_{\max}$ 表示）；当轉子的槽正好轉到对着錠子齿的位置时，由于空气間隙增大，此时通过錠子齿的磁通为最小（用 $\Phi_{\min}$ 表示）。

如果，轉子不断的轉动，錠子齿內的磁通就从最大（ $\Phi_{\max}$ ）到最小（ $\Phi_{\min}$ ）再到最大（ $\Phi_{\max}$ ）作周期性的变化，这一磁通可以看作是由两个磁通的合成：

不变的磁通

$$\Phi_{\delta} = \frac{\Phi_{\max} + \Phi_{\min}}{2}$$

和交变的磁通

$$\Phi_0 = \frac{\Phi_{\max} - \Phi_{\min}}{2}$$

交变磁通，将在电樞綫圈的間路 3-3' 之內引起感应电动势，其有效值为：

$$E = 4.44f\Phi_0, \text{ 伏特。}$$

频率 f 的高低，决定于在每秒钟內，每一个錠子齿下經過的轉子齿数，即

$$f = z_p \frac{n}{60}, \text{ 赫芝，}$$

式中 z ——轉子的齿数；

n ——轉子每分钟的轉数。

感应发电机所发出的电流频率，較具有同样轉数和同样轉子极数（齿数）的标准同步发电机的频率将高出一倍。

上述发电机，要靠电动机或动力机带动才能发电，苏联近年来出产的高频电机，都把发电机和电动机装到同一机壳之內如图 7 所示，称之为变频机，它們的技术规格如表 1 所示。

工件的高频感应加热表面淬火，通常都是在高频淬火机上实

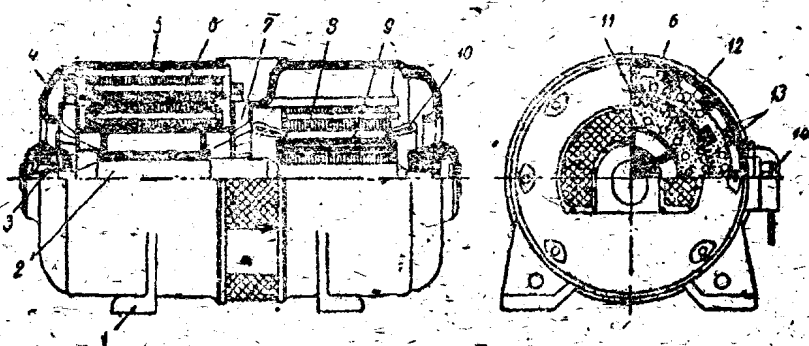


图 7 HIB-100-2500型变频机简图:

1—脚爪；2—轴；3—滚珠轴承；4—护板；5—外壳；6—发电机的转子；7—通风机(风扇)；8—电动机的转子；9—电动机的定子；10—电动机的绕组；11—励磁绕组；12—发电机的转子；13—发电机的定子；14—接线路的防护罩。

现的，淬火机上感应器的高频电流，则由高频发电机供给。

在大型工厂中，有专门的高频发电间，负责向淬火机(或感应炉—熔化金属用的)供给高频电，在这里装设着一部或并联几部变频机。

为了使变频机满负荷运转和避免输出功率变动很大，采用集中供电是必要的。这时，由于采用了等待线路而相互关联的接通各设备的继电器，就可以保证变频机的负载基本稳定。

变频机发出的电压为375~1500伏特。只有对于熔炉或锻件加热用感应炉，才采用直接供电的办法(图8)。对于一般热处理的感应加热，都采用降压供电，此时，通过高频变压器把电压降低到100伏特之后才接到感应器上(图9)。

与负载(带工件的感应器)联系起来的高频电路，属于电感性电路。在这种情况下，高频发电机的功率，并不是完全用来加热金属，有一部分功率转变成用来将能量储藏在磁场中的无效功率，其有效功率为：