

工作原理:
感应式与电阻式手工焊接系统

By Hoa Nguyen,
OK国际首席技术官



目录

导言.....	3
可调温度电阻焊接系统.....	3
固定温度感应焊接系统.....	4
可调温度感应焊接系统.....	6
系统性能.....	7
结论.....	7
附录 A –关键生产率和制造指标的定义.....	8
联系我们.....	9

介绍

手工焊接系统主要有两种类型:

1. 可调温度电阻焊接系统, 和
2. 固定温度感应焊接系统.

每种类型都有优点和缺点。现在，第三种类型的焊接系统出现了：

3. 可调温度的感应式焊接.

这项新技术是METCAL品牌专利产品GT系列手工焊接解决方案的基础，该解决方案结合了可调温度和感应加热技术的优点。它提供了同比更卓越的手工焊接性能。

可调温度感应焊接系统

电阻焊接是指由电流通过电阻材料加热和熔化焊料的技术。

当电流通过高电阻率材料时，就会产生热量。热量取决于电流的大小和材料的电阻。

典型可调温度电阻焊接系统的主要部件包括加热元件、温度传感器、微处理器控制电源主机和烙铁头（图1）。

加热元件通常由高电阻率金属制成，如镍铬或铁铬金属合金。加热元件位置由焊接性能测试结果所确定，并随系统设计而变化。

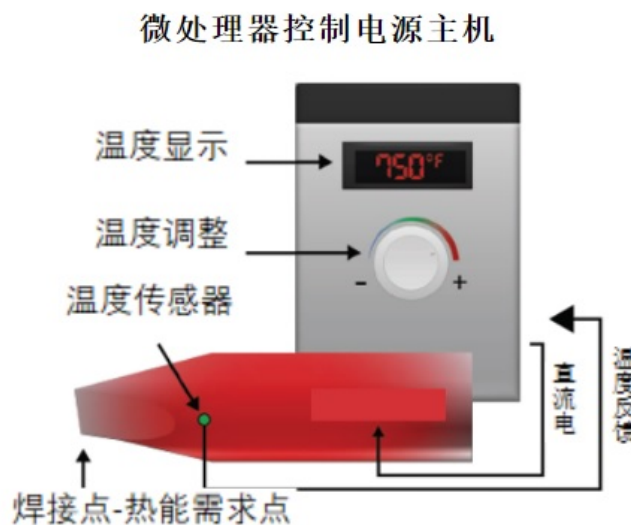


图 1. 电阻焊接

在一些系统中，加热元件被设计集成到烙铁头内部靠近焊点的地方。在另一些系统中，加热体和烙铁头是分体式设计，且距离焊点较远。

温度由位于加热元件和焊点之间的温度传感器控制。微处理器分析温度传感器反馈的温度，并将其与操作员设定的温度进行比较。通过控制流过加热元件的电流来控制温度偏差。

烙铁头通常采用高等级铜芯，以实现最大的导热性。铜芯随后被镀上合金，以保护铜芯免受焊接过程中遇到的恶劣条件的影响。烙铁头有数百种不同的尺寸、形状和冶金成分。正确的烙铁头的选择是系统性能的重要组成部分，取决于所期望的焊接应用。

可调温度电阻焊接系统的优点是:

1. 可调温度, 以及
2. 对于中小型焊点有良好的焊接效果。

缺点是:

1. 温度过冲,
2. 需定期校验来保证温度精度, 以及
3. 对于中大型焊点的焊接效果较差。

固定温度感应式焊接系统

感应焊接是指一种通过将交流电通过线圈，在由铁磁性材料制成的物体周围产生交变磁场，从而加热和熔化焊料的技术。

磁性材料 (铁磁性) 所有的原子极性都指向同一个方向



非磁性材料 (顺磁性) 所有的原子极性都指向不同的方向



图 2. 磁极排列

铁磁性材料，如铁、镍、钴及其合金，在磁场中极易磁化。磁化时，原子的南北极与磁场方向一致（图2）。当被交流电磁化时，原子的北极和南极会随着外加交流电的频率改变方向。

当铁磁性物体置于磁场中时，两种类型的能量损失以热的形式出现:

1. 磁滞损耗，以及
2. 涡流损耗。

当对铁磁性材料施加交变磁场时，会产生涡流损耗。由于铁磁性材料也是导电的，因此所施加的磁场在材料内产生感应电流。这些感应电流在材料表面形成漩涡或涡流，因此被称为涡流（图3）。反过来，这些涡流电流产生的损耗称为涡流损耗，等于 $(I^2 R)$ ，其中 (I) 是电流， (R) 是材料的电阻。涡流损耗产生的热量与铁磁材料的电阻和流经的电流成正比。

涡流主要在材料表面流动。这种独特的现象称为趋肤效应。趋肤效应是交流电在导电材料中分布的趋势，使得电流密度在导体表面附近最大。

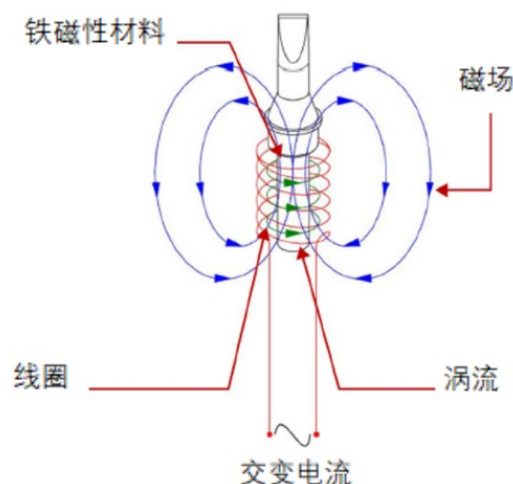


图 3. 涡流位置

电流密度随着材料中心深度的增加呈指数下降。趋肤深度——电流密度达到表面电流密度值约37%的深度，取决于交流电的频率。

在高频下，趋肤深度变得更小。例如，铜在60 Hz时，趋肤深度约为8.5 mm，在1 GHz时，趋肤深度约为2 μ m。由于趋肤效应，铁磁性物体的表面首先加热。由于快速移动的分子之间的摩擦，磁滞和涡流损耗都会导致加热。然而，涡流损耗通常是感应加热系统的主要热源。

磁滞损耗和涡流损耗均取决于所施加交流电的频率。频率越高，产生的热量越多。需要注意的是，铁磁性材料在加热到高于被称为居里点（也称为居里温度，TC）的特定温度时会失去其磁性。居里温度是材料化学成分的一个特征，每种铁磁性物质的居里温度都不同。例如，纯铁的TC约为770°C（1418°F），纯镍的TC约为360°C（680°F）。

居里点现象是固定温度感应焊接系统之所以固定温度的原因。当磁性丧失时，铁磁性材料停止加热。因此，最高温度由铁磁合金加热元件的居里点控制。

典型的固定温度感应焊接系统的主要部件包括电感线圈、合金加热元件、微处理器控制电源主机和烙铁头（图4）。

通过导电线圈的电流在铁磁合金加热器周围产生磁场。

合金加热元件的工作温度取决于其冶金成分（居里点）。一旦达到加热元件的居里点，加热元件的磁性就会丧失，电流就不再流动，从而使加热元件冷却。冷却后，加热元件的磁性恢复，加热过程再次开始。此加热/冷却循环在微秒时间内发生并不断重复调节温度。这种自动调节的加热过程称为SmartHeat®技术。

固定温度感应焊接系统中的微处理器控制电源主机为加热元件提供自我调节的电源。不需要操作员进行温度监测。

像电阻焊接一样，固定温度感应焊接系统的烙铁头有数百种不同的尺寸、形状和冶金成分。加热元件与烙铁头是一体式集成设计。

正确的烙铁头选择是系统性能的重要组成部分，取决于所期望的焊接应用。

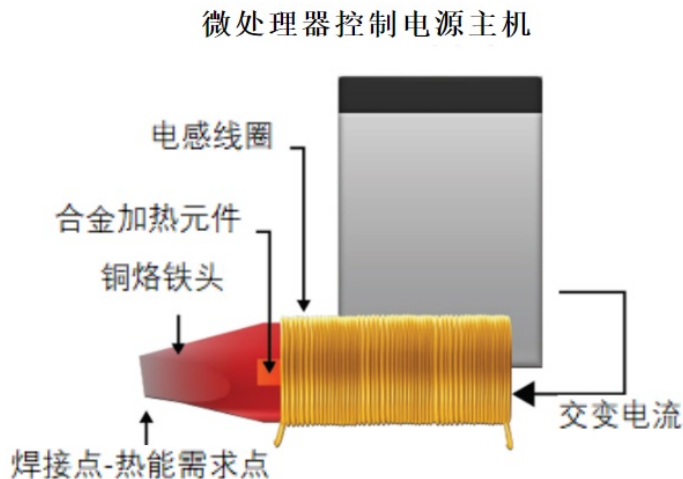


图 4. 感应焊接系统

固定温度感应焊接系统的优点是：

1. 快速升温,
2. 快速回温, 以及
3. 无热阻

固定温度感应焊接系统的缺点是：

1. 改变温度需要更换加热元器件（烙铁头）。

可调温度感应焊接系统

METCAL™ GT系列手工焊接系统，拥有专利¹ 设计，最大限度地发挥感应焊接技术的优势，并具有精确温度控制的优势。

METCAL™ GT 焊接系统主要包含电感线圈，合金加热元件，温度传感器，微控制PID反馈至微处理器控制电源主机，以及烙铁头(图 5)。

GT系统利用磁滞和涡流损耗引起的感应快速加热。然而，GT系统的设计使得它们不会受到居里温度的限制。使用的合金加热元件具有极高的居里温度，其居里温度高到无法达到居里点。

控制器将交流电调节到极高频率（约465 kHz）。在这些高频率下，趋肤效应将趋肤深度限制在0.002英寸左右。在这个趋肤深度，对热能流动的阻力非常小。热量在这些系统中高效流动。

METCAL™ GT系列手工焊接系统通过专利²设计的硬件及元件系统来控制和管理烙铁头温度。

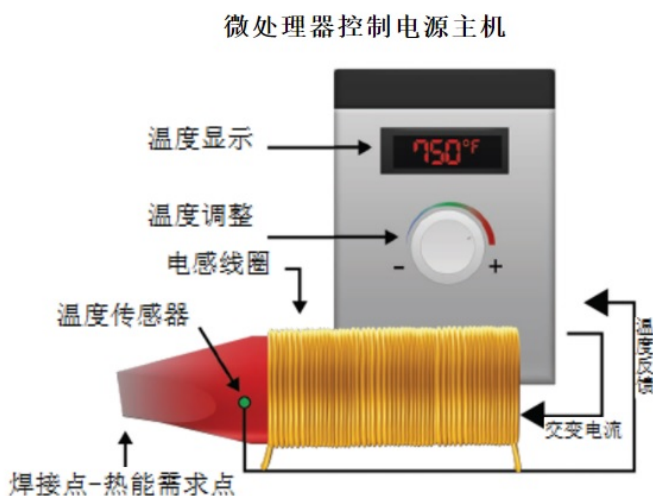


图 5. 可调温度感应焊接系统

温度传感器与微控制器的比例积分-微分（PID）反馈回路一起，实现连续调制的温度控制。烙铁头温度可以通过精确管理流过加热元件的交流电进行精密控制，以获得最佳性能。GT系统允许操作员创建烙铁头预热及升温曲线，以获得最佳焊接结果。

METCAL™ GT系列手工焊接系统配有各种形状的烙铁头。正确的烙铁头选择是系统性能的重要组成部分，取决于所期望的焊接应用。

可调温度感应焊接系统的优点是：

1. 快速回温,
2. 高热性能,
3. 无热阻,
4. 高效, 以及
5. 易于温度控制.

¹Reference Patent No. US 10,176,220 B2 & US 10,645,817 B1

²Reference Patent No. US 10,751,823 B2 & US 10,751,822 B2

系统性能

通过目视检查升温时间、停留时间、回温时间和焊接量（关键性能指标定义见附录A），我们可以看到高性能焊接系统可提供卓越的焊接量和一致的焊接质量。测试1表明手工焊接系统取决于以下三个因素：

1. 使用的加热技术，
2. 使用的烙铁头，以及
3. 系统功率。

尽管功率对手工焊接系统的性能起着重要作用，但所采用的加热技术以及选择的烙铁头是否正确起着更重要的作用。

使用一体式设计烙铁头优于分体式设计烙铁头，这是因为根据设计，一体式设计烙铁头将加热元件与焊接点集成在一起。加热元件离焊接点越近，焊接点加热得越快。

由于其相应技术固有的热阻和热响应性的差异，感应技术优于电阻技术。METCAL™ GT系列可调温度感应焊接系统整体表现出超出同类更佳的性能。

结论

METCAL™ GT系列可调温度感应焊接系统：

- 由于感应加热技术固有的优越热性能，更快、更灵敏，从而产生更高质量的焊点和最佳热性能。
- 一体式烙铁头设计，几乎没有热阻。
- 精密温度控制硬件和软件采用专利²设计，实现一流的温度控制。

有关METCAL™ GT120和METCAL™ GT90 可调温度感应焊接系统的更多信息，请访问metcal.com。

¹有关性能测试的更多信息，请参阅题为“焊接系统中使用的感应与电阻加热技术-性能比较”的白皮书。

²参考专利号US 10751823 B2和US 10751822

Contact Us

美国

United States
10800 Valley View St.
Cypress, CA 90630
电话: +1 714 799 9910
邮箱: na-custcare@okininternational.com

欧洲

邮箱: europe-orders@okininternational.com

英国

Eagle Close, Chandlers Ford
Hampshire, SO53 4NF
电话: +44 (0) 23 8048 9100
邮箱: europe@okininternational.com

德国

电话: +49 (0) 3222 109 1900
邮箱: d-info@okininternational.com

法国

电话: +33 (0) 1 76 71 04 03
邮箱: fr-info@okininternational.com

亚洲

中国

广东省深圳市光明新区
高新路 研祥科技工业园
电子厂房4楼 东侧单元
电话: +86 755 2327 6366
邮箱: china@okininternational.com

Japan

电话: +81 43 309 4470
邮箱: service@descoasia.com

India

电话: +91 9762452474
邮箱: drane@metcal.com

Singapore

电话: +65 9798 4443
邮箱: ryip@metcal.com

