

# 手工焊接系统中感应式加热与电阻式加热技术 性能比较

by Hoa Nguyen, Chief Technology Officer



## 介绍

在手工焊接中，从主机传输热量到烙铁头时，产品的性能会受到一些因素的影响。大多数人在决定是否选择新的焊接系统时，会考虑到两大因素，分别是产品的功率以及手柄是配合一体式还是分体式烙铁头使用。除此之外，现今的焊接产品采用的两种不同的加热技术：感应式和电阻式。对产品性能也会产生很大的影响。感应加热也称为直接加热，由流经精密线圈的交流电产生磁场。将物体（烙铁头）放置在磁场中会产生涡流，继而产生热量。热量只在涡流流经的地方产生。定制的化学成分合金和优化的频率允许涡流流向外层表面，减小趋肤深度，加快瞬时响应速度（图 1a）。

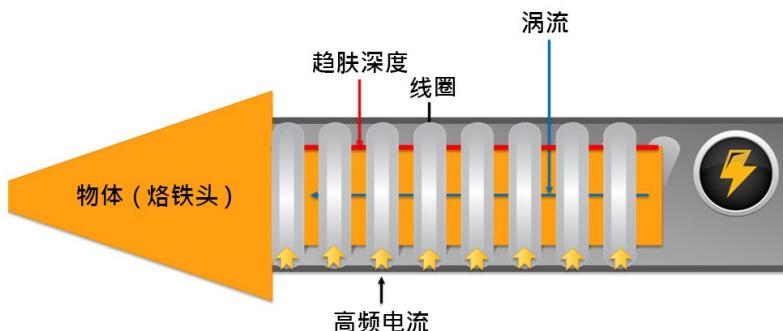


图 1a

而在电阻式加热时，热量从加热线圈产生，再传导到烙铁头。因为电阻式加热会产生更高的热阻，所以相较于感应式加热，它提供的热能较低。

本文首先会讲解手工焊接系统性能的测试程序，再结合当前市场上多种采用电阻式加热技术的解决方案，阐述Metcal新款GT系列焊台在使用感应式加热技术后的测试结果。

## 实验设置与步骤

首先设置七个相同的焊点（直径 8.5mm，高度 6.8mm）。这个设置是为了演示高负载场景中，不同产品在给定的相同温度值下，会产生的性能差异。一个实际的生产例子，如 PCB 板上的接地焊点。



图 1b: 焊点连续焊接测试夹具

如图1b所示，这些焊点被放置在测试夹具上。基材为酚醛树脂，防止焊点之间的热传导。如图2和3所示，一个K型热电偶连接在焊点和数据采集系统端口间，以记录输出温度并储存在计算机中。

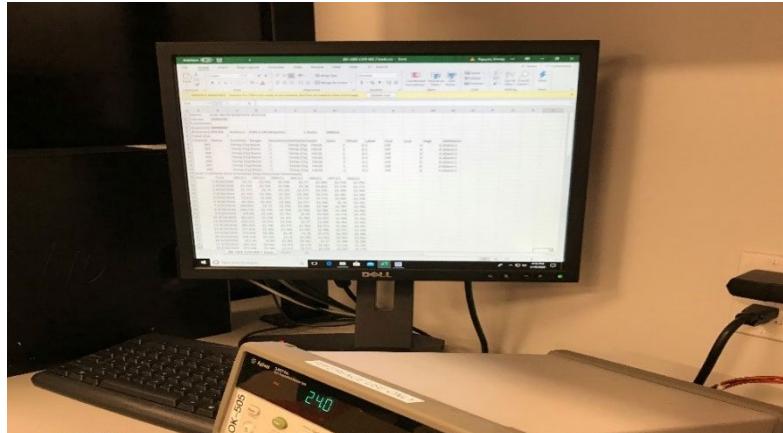


图 2:数据采集系统采集温度曲线

每次测试运行前，在清除焊点上的残余焊料和助焊剂后，会再逐个涂上少量的相同焊锡膏。使用焊锡膏的目的是为了最大化烙铁头和焊点之间的热传导。在每次运行前，焊点都需冷却至约24 °C。在本实验中，每个待测焊接系统的烙铁头初始温度均设置为400 °C，所附烙铁通过温度表的测试，均验证为400 °C。每个烙铁的温度至少测量两次，以确保可重复性。一旦400 °C稳定后，开始加热第一个焊点。如图3所示，为了尽量减小烙铁头测量误差，保证热能接触均匀而设计的测试夹具，让每个烙铁以相对于水平位置15°的角度接触焊点。一旦第一个焊点的温度从24 °C升至250 °C (无铅焊料在217 °C熔解)，立即转移到下一个焊点，直到7个焊点全部完成。7个焊点升至250 °C的总时间会被记录。

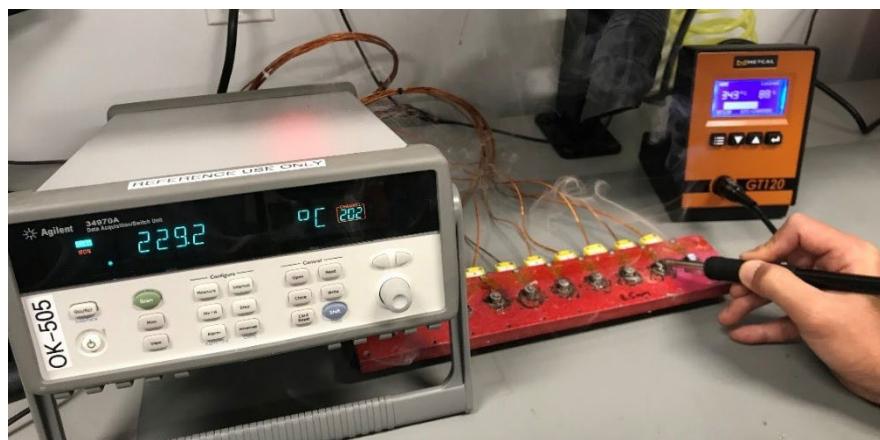


图 3: 将烙铁头放置在焊点上

## 手工焊接系统测试

我们选择了多家制造商的焊接系统做测试。产品按照功率大小分为两组。每一个产品根据制造商提供的分体或者一体式烙铁头来完成测试。一些由制造商提供的价格相对便宜的分体式烙铁头，其使用通过加热原件提供热能的间接加热方式，往往在性能方面相较一体式烙铁头也会偏低。

第一组测试：75 W – 130 W的电阻式加热系统 vs 90 W的感应式加热系统

烙铁头：2.4 mm和2.5 mm 齿型烙铁头，由制造商提供。

制造商	产品编号	加热技术	烙铁头编号	烙铁头类型	几何结构
Metcal	GT90	感应加热	GT6-CH0025S	标准分体式	齿型 2.5mm
Metcal	GT90	感应加热	GT4-CH0025S	纤细分体式	齿型 2.5mm
JBC	CD-1BQE	电阻加热	T245759	一体式	齿型 2.4mm
Weller	WT1010	电阻加热	XNT-B	分体式	齿型 2.4mm
Hakko	FX-951	电阻加热	T15-D24	一体式	齿型 2.4mm

第二组测试：130 W – 250 W的电阻式加热系统 vs 120 W的感应式加热系统

烙铁头：5 mm和6 mm 齿型烙铁头，由制造商提供。

制造商	产品编号	加热技术	烙铁头编号	烙铁头类型	几何结构
Metcal	GT120	感应加热	GTC-CH0050S	一体式	齿型 5.0mm
Metcal	GT120	感应加热	GT6-CH0050S	分体式	齿型 5.0mm
JBC	HDE	电阻加热	C470002	一体式	齿型 6.0mm
JBC	DI-1D	电阻加热	C470002	一体式	齿型 6.0mm
Weller	WT1010H	电阻加热	XT-E	分体式	齿型 5.9mm
Hakko	FM-203	电阻加热	T15-D52	一体式	齿型 5.2mm

## 结果 – 热能比较

在手工焊接过程中，操作工程师关注了三个关键系数：升温时间、焊接时间和回温时间。这三个系数将定义生产线上适合使用的产品，并有助于在生产过程中最大限度地提升产能和降低废品的产生。

**升温时间**是指烙铁在开始使用时的加热速度。升温时间至关重要是因为生产时间每天都可能因为它而流失。市场上很多的焊接产品初始升温时间较长，这样会导致生产效率低下。扩展在一个班次中，可以很明显的看出，很多时间会因为等待升温而浪费。

**焊接时间**，有时被称为温度稳定性，取决于焊接一个特定的焊点需要多久。当烙铁头与焊点接触时，温度稳定性直接关系到烙铁在焊接过程中由于热传导而损失热能的同时，如何保持稳定的温度。在此过程中，产品温度会明显下降，并且很难恢复到需求温度，从而延长了整个焊接过程。在对热能需求较高的应用中尤其如此。

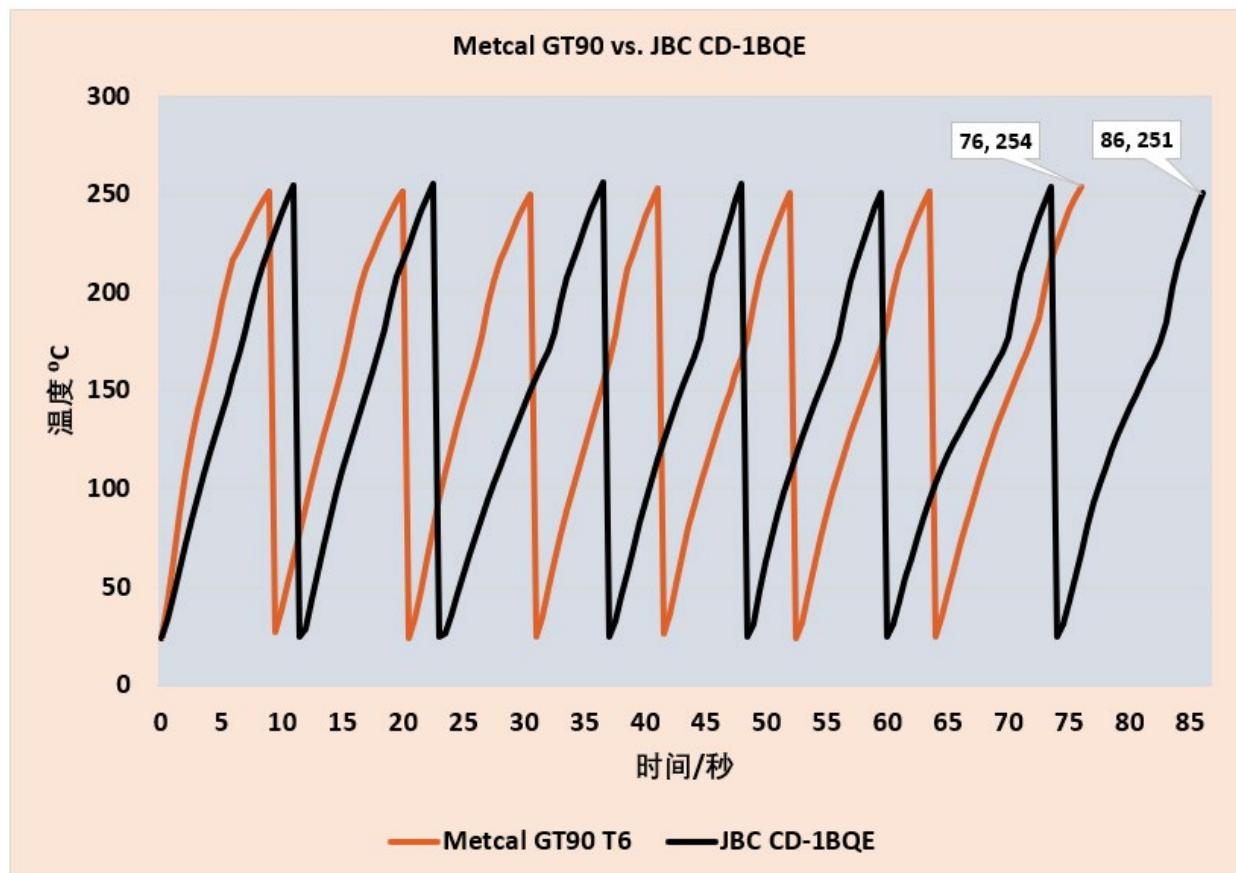
**回温时间**是指烙铁头在完成一个焊点后返回到设定温度并准备好开始下一个焊点的时间。类似升温时间，回温时间在不同的型号间也会产生较大的差异，可能会造成生产中时间的流失。

在这一环节中，我们使用前文所述的测试方法(7个焊点全部升至250 °C的时间)来比较焊接系统的性能。

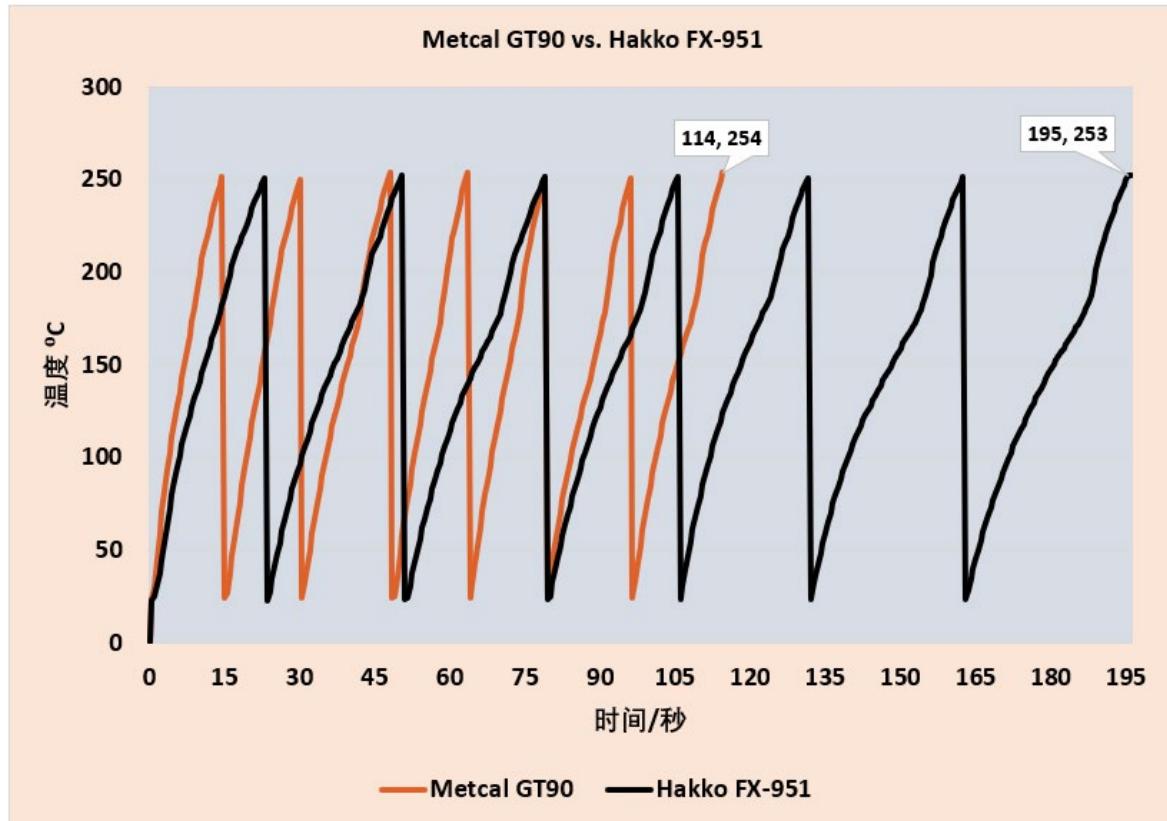
## 小到中功率焊接产品 - 焊点连续焊接测试

Metcal GT 90感应加热技术与JBC CD-1BQE, Hakko FX-951, Weller WT-1010电阻加热技术比较测试

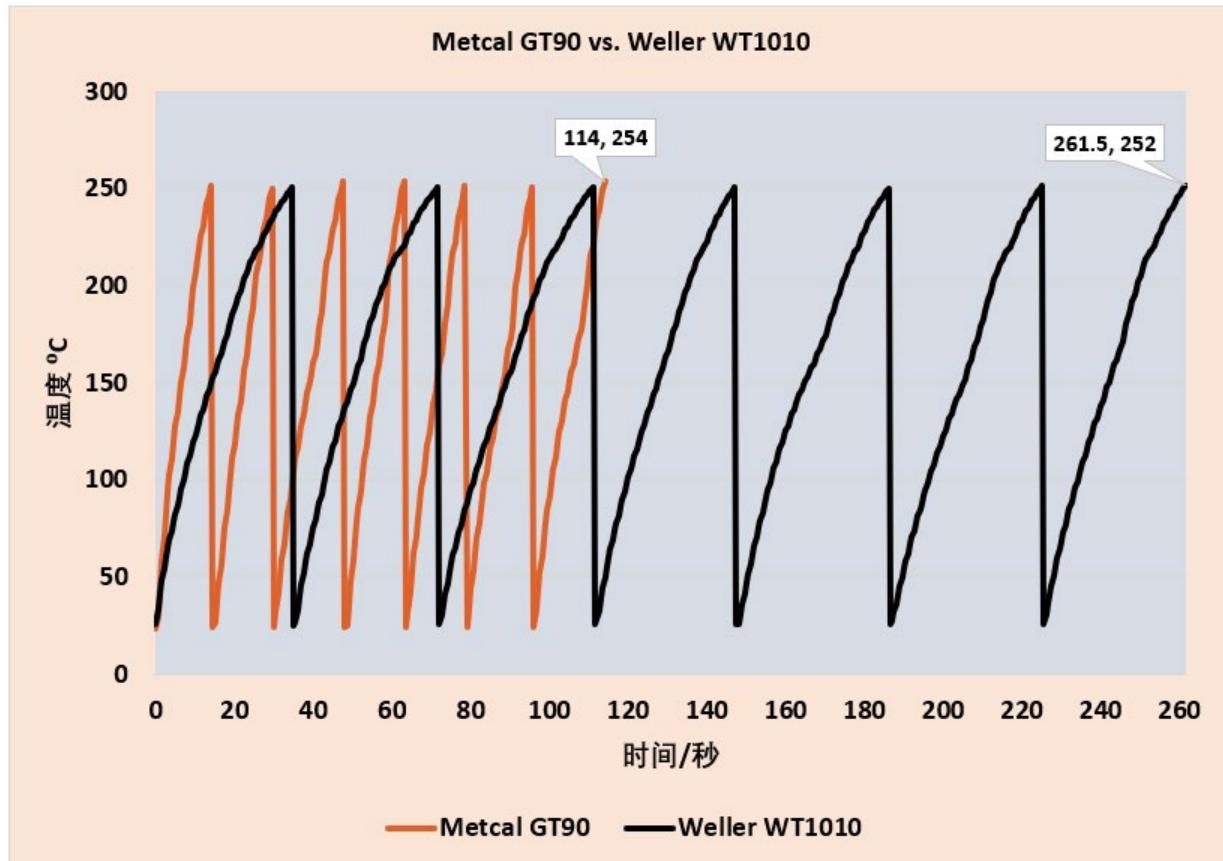
制造商	产品编号	烙铁头编号	烙铁头类型	几何结构
Metcal	GT90	GT6-CH0025S	标准分体式	凿型 2.5mm
JBC	CD-1BQE	T245759	一体式	凿型 2.4mm



制造商	产品编号	烙铁头编号	烙铁头类型	几何结构
Metcal	GT90	GT4-CH0025S	纤细分体式	凿型 2.5mm
Hakko	FX-951	T15-D24	一体式	凿型 2.4mm



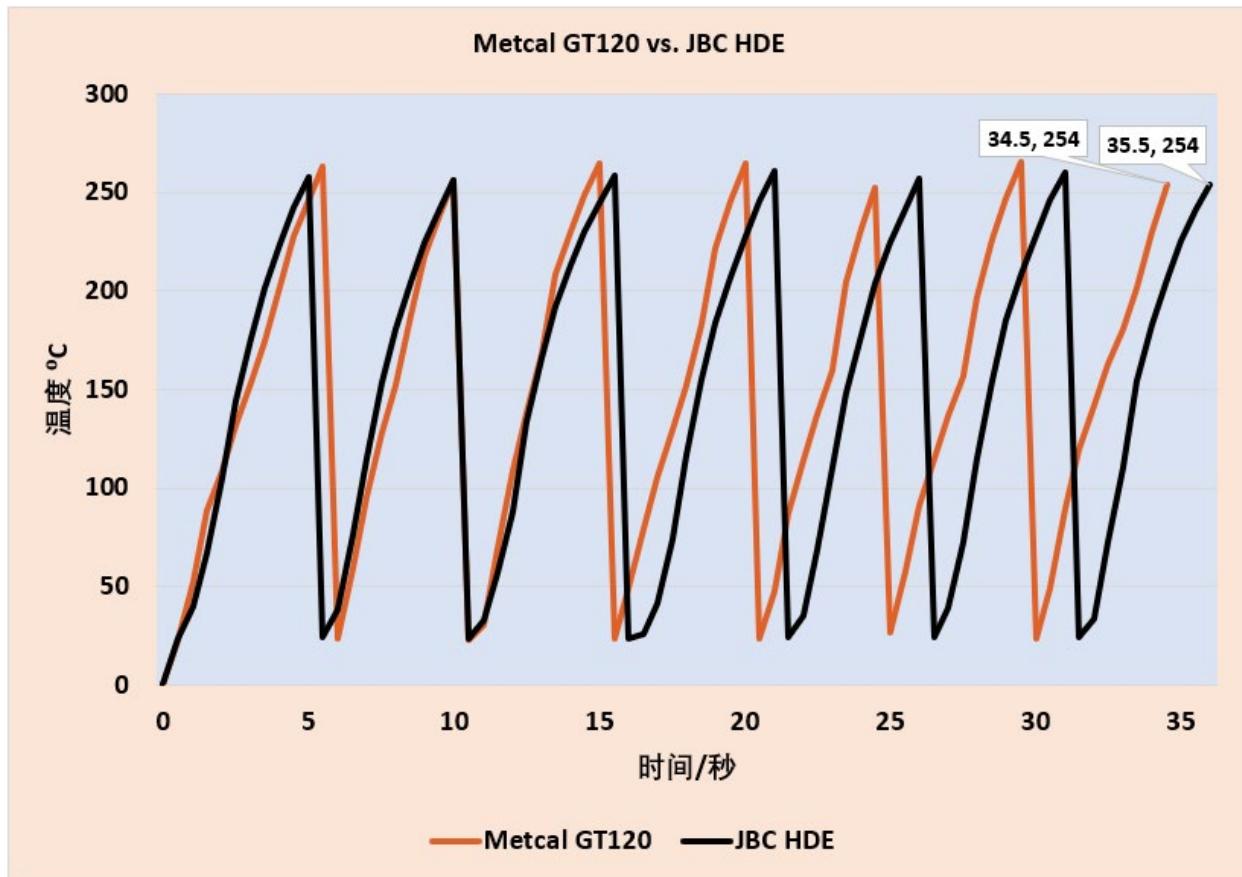
制造商	产品编号	烙铁头编号	烙铁头类型	几何结构
Metcal	GT90	GT4-CH0025S	纤细分体式	齿型 2.5mm
Weller	WT1010	XNT-B	分体式	齿型 2.4mm



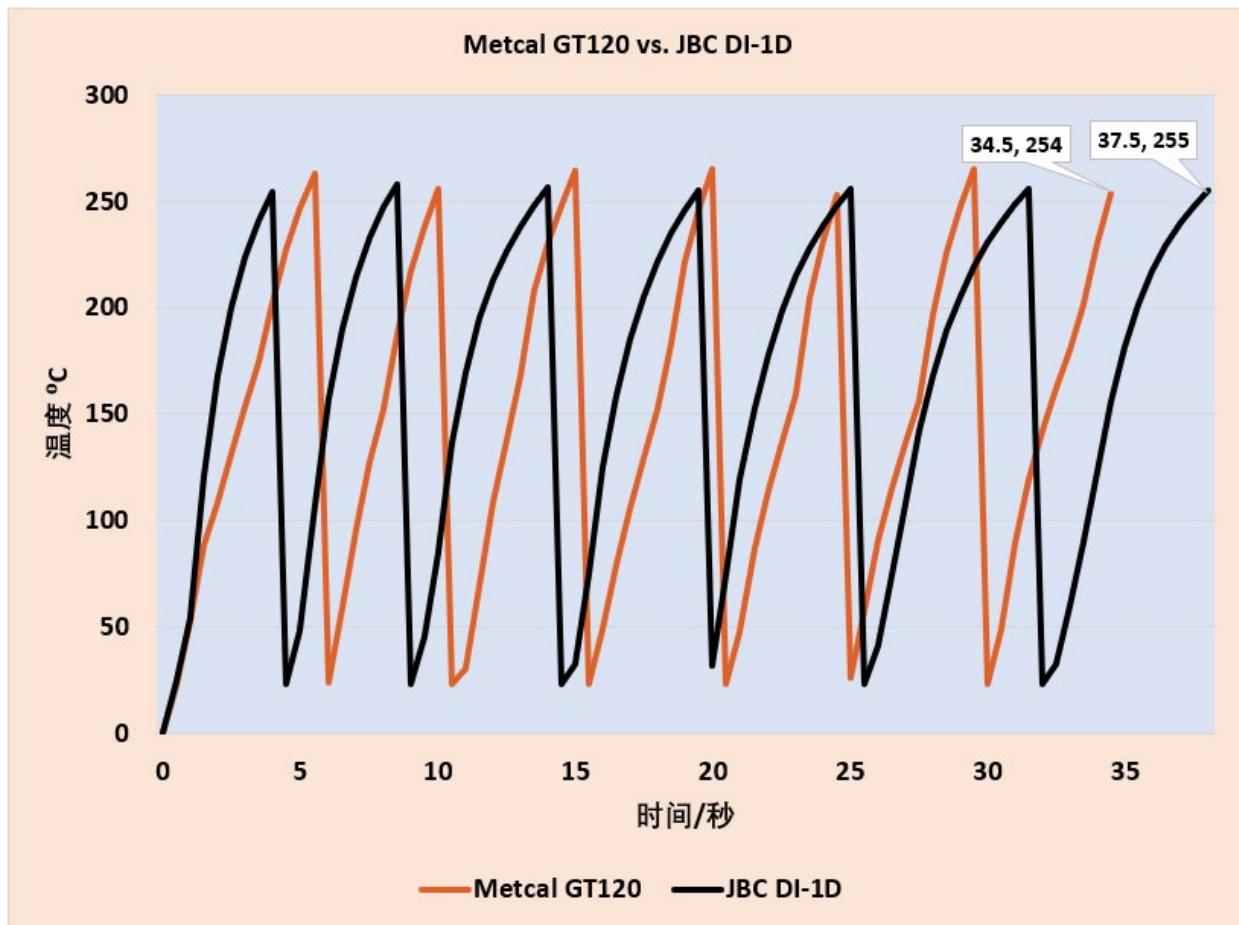
## 大功率产品 - 焊点连续焊接测试

Metcal GT 120感应加热技术与JBC HDE, JBC DI-1D, Hakko FM-203, Weller WT-1010H电阻加热技术比较测试

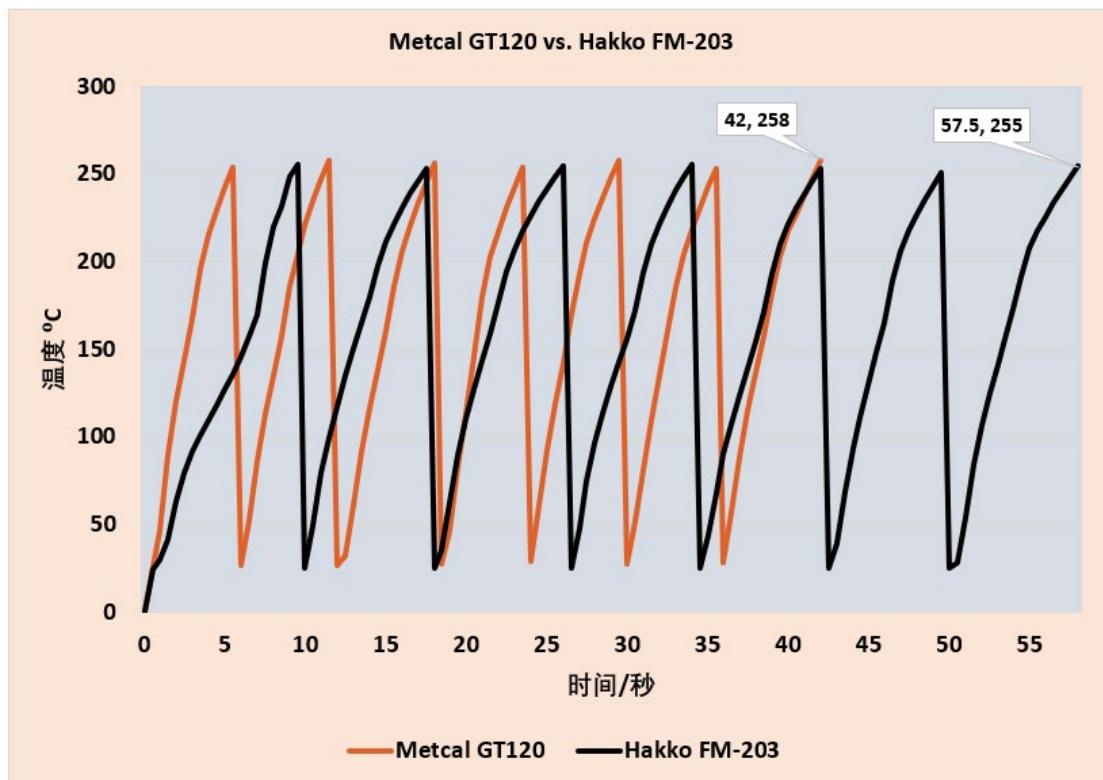
制造商	产品编号	烙铁头编号	烙铁头类型	几何结构
Metcal	GT120	GTC-CH0050S	一体式	凿型 5.0mm
JBC	HDE	C470002	一体式	凿型 6.0mm



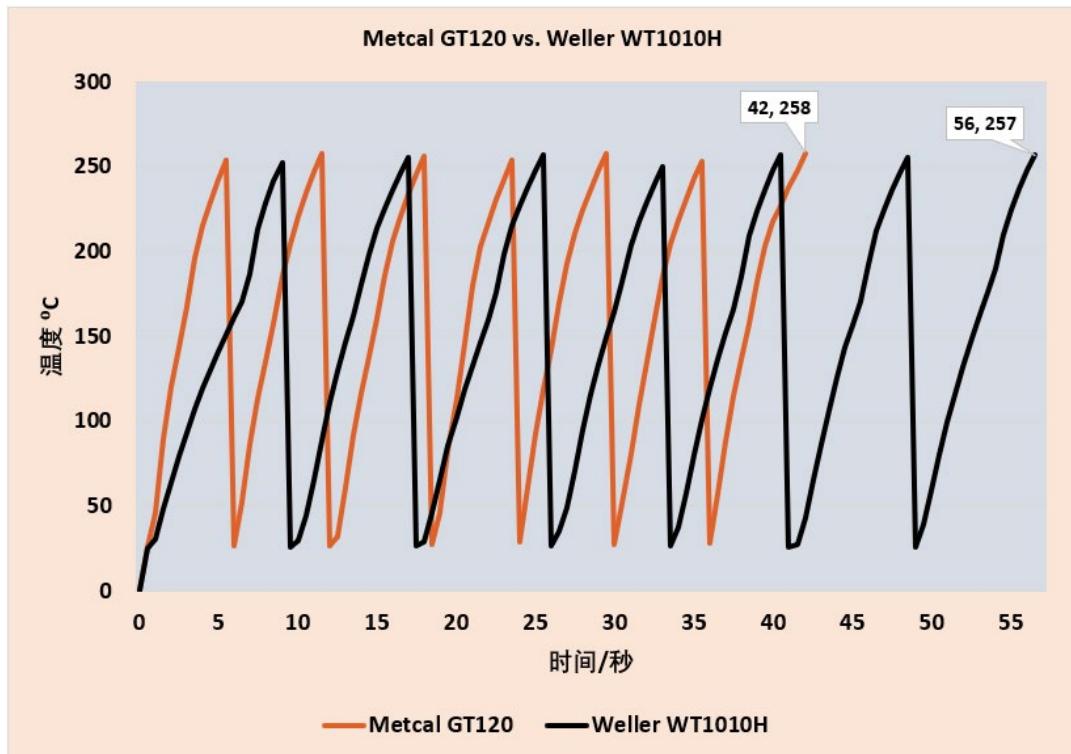
制造商	产品编号	烙铁头编号	烙铁头类型	几何结构
Metcal	GT120	GTC-CH0050S	一体式	齿型 5.0mm
JBC	DI-1D	C470002	一体式	齿型 6.0mm



制造商	产品编号	烙铁头编号	烙铁头类型	几何结构
Metcal	GT120	GT6-CH0050S	分体式	凿型 5.0mm
Hakko	FM-203	T15-D52	一体式	凿型 5.2mm

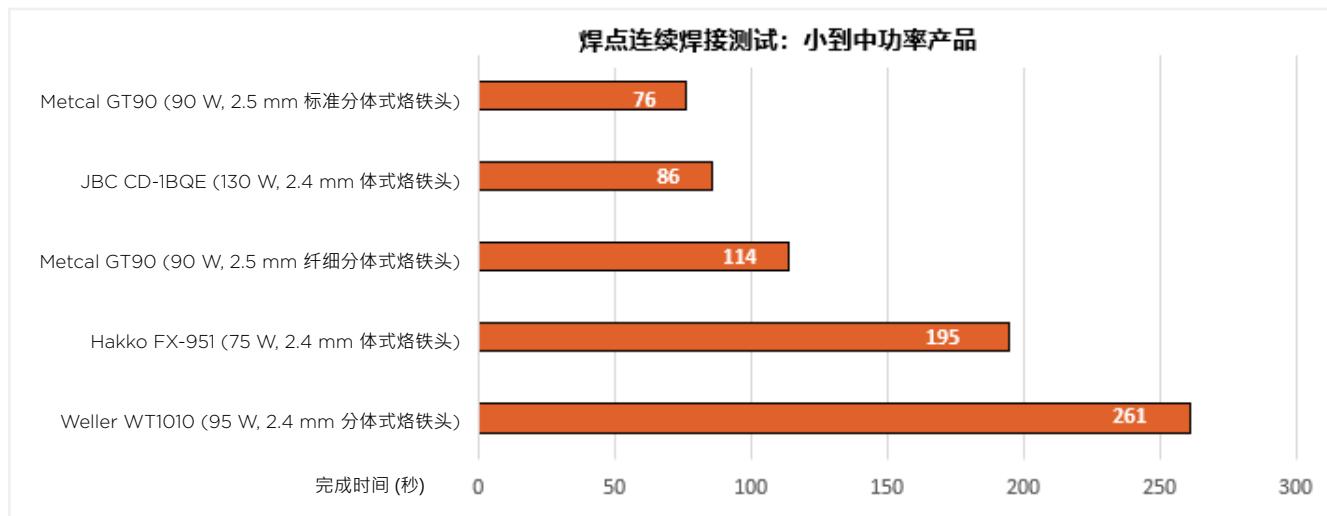


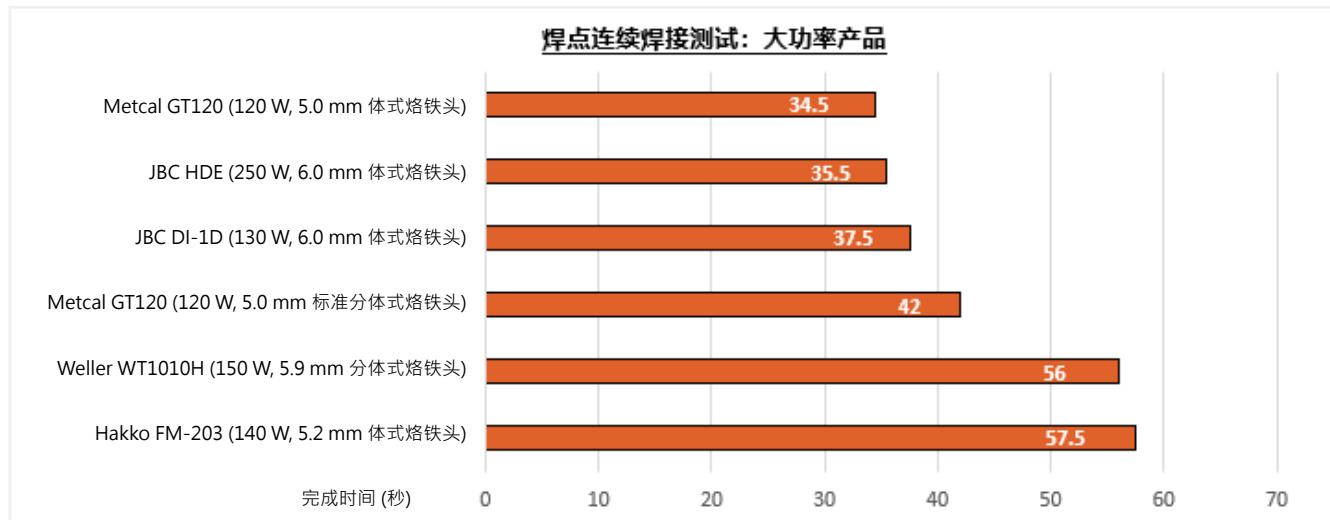
制造商	产品编号	烙铁头编号	烙铁头类型	几何结构
Metcal	GT120	GT6-CH0050S	分体式	齿型 5.0mm
Weller	WT1010H	XT-E	分体式	齿型 5.9mm



## 总结

小到中功率产品和大功率产品测试结果综合如下:





两项测试的结果均显示产能与三个因素相关：

- 加热技术
- 产品功率
- 烙铁头类型 ( 分体式 vs. 一体式 )

虽然产品的功率在性能的评估中起重要的作用，但试验表明，加热技术及烙铁头的选择会对性能产生更大的影响。这从下面的说明中可以看出：

1. 90 W 感应加热产品配置分体式烙铁头，在与电阻式加热产品比较时，无论电阻式使用的是分体式或是一体式烙铁头，感应加热产品的性能都处于优势；
2. 当产品全部配置一体式烙铁头时，120W感应加热产品的性能胜过130W，等同于250 W电阻式加热产品；
3. 90 W 感应加热产品配置分体式烙铁头，在与150W电阻式加热产品比较时，除JBC DI-1D (配置一体式烙铁头) 外，90 W感应加热产品的性能都处于优势；
4. 当比较两项测试中类似的电阻式加热产品时，使用一体式烙铁头的产品性能明显胜过分体式烙铁头的产品。

有一点值得注意：JBC使用的电阻式加热技术在同功率范围内，性能优于其它产品。这可能是JBC在焊接系统或一体式烙铁头开发上的技术优势。如需进一步解释这一发现，则需要对现有和其它的电阻式加热产品进行进一步的测试。

## 结论

评估焊接产品性能时，大多数的使用者只比较主机的功率。如果除功率外，产品的其它系数完全一样，这样的评估才有真实价值。现实却是，没有哪两种主机是相同的，那么其它因素-如：加热技术的类型，系统使用的是一体式还是分体式烙铁头，甚至制造商之间工艺上的差异都会极大地影响产品的性能。

加热体和烙铁头的相距位置对于焊接系统的整体性能非常重要。加热体离烙铁头越近，升温越快。

这就可以解释为什么使用一体式烙铁头胜过使用分体式烙铁头。虽然分体式烙铁头确实可以降低成本，但是因为额外部件的置入，烙铁头因此远离发热芯，热效降低，最终降低热能。

这一原则同样可以解释感应式加热产品的性能胜过电阻式加热的原因。在感应式加热系统中，发热芯和烙铁头是一个整体。可在电阻式加热系统中，这两个部件是分开的，热能需要通过加热线圈产生，再传导到烙铁头。而感应加热技术因为不需要转移这些热量，所以电阻更低，升温时间，焊接时间和回温时间就会更快。

Metcal的GT90和GT120可调温焊接系统通过专利技术将感应加热与可调温度相结合。该技术为产品提供一流的焊接性能。让用户拥有高质量的焊点，提高他们的产能；在标准应用中，用户可以使用更低成本的分体式烙铁头，但同时仍可得到比电阻式加热产品更好的焊接性能。