

Wie es funktioniert: Induktive- vs. Widerstands-Handlötanlagen

von Hoa Nguyen,
Leiter der Technologieabteilung (CTO), OK International, Inc.



Inhaltsverzeichnis

Einleitung.....	3
Widerstands-Lötsysteme mit einstellbarer Temperatur.....	3
Induktive Festtemperatur-Lötsysteme.....	4
Induktive Lötsysteme mit einstellbarer Temperatur.....	6
System-Leistung.....	7
Schlussfolgerung.....	7
Anhang A - Definitionen der wichtigsten Produktivitäts - und Fertigungskennzahlen.....	8
Kontaktieren Sie uns.....	9

Einleitung

Es gibt zwei Haupttypen von Handlötssystemen:

1. Widerstands-Lötssysteme mit einstellbarer Temperatur und
2. Induktive Systeme mit fest eingestellter Temperatur.

Jeder Typ bietet Vor- und Nachteile. Es ist jedoch eine dritte Art von Lötssystem erschienen:

3. Induktives Löten mit einstellbarer Temperaturregelung

Diese neue Technologie ist die Grundlage der von METCAL-TM patentierten Handlötlösungen der GT-Lötssystemserie, die die Vorteile von einstellbarer Temperatur mit induktiver Heiz-Technologie kombinieren. Sie bietet die Beste Handlötleistung überhaupt.

Widerstands-Lötssysteme mit einstellbarer Temperatur

Widerstandslöten bezieht sich auf eine Technologie zum Erhitzen und Schmelzen von Lot, indem elektrischer Strom durch ein Material mit hohem elektrischen Widerstand geleitet wird.

Wenn elektrischer Strom durch ein Material mit hohem Widerstand fließt wird Wärme erzeugt. Die Menge der Wärme ist abhängig von der Stromstärke und dem Widerstand des Materials, auf das der Strom trifft.

Die Hauptkomponenten typischer Systeme mit einstellbarer Temperatur sind das Heizelement, der Temperatursensor, die prozessorgesteuerte Stromversorgung und die Lötspitze (Abbildung 1).

Das Heizelement besteht in der Regel aus Metallen mit hohem Widerstand wie Nickel-Chrom oder Eisen-Chrom-Metall-Legierungen.

Das Systemdesign und die Lage des Heizelementes im Lötgriffel, so hat sich in Tests gezeigt, beeinflusst die Lötleistung erheblich.

Mikroprozessor gesteuertes Netzteil

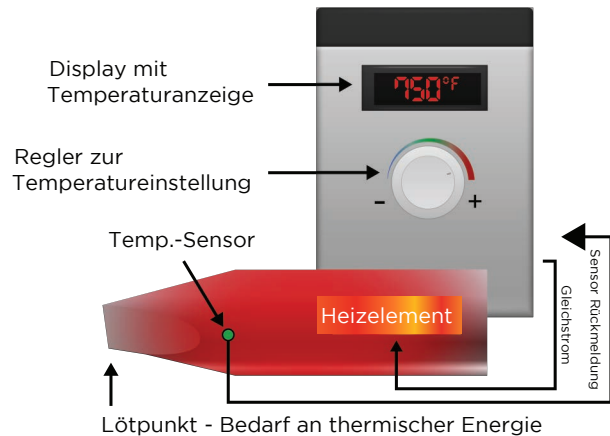


Abbildung 1: Widerstands-Lötssystem

Bei einigen Systemen ist das Heizelement in eine Kartusche integriert und in der Nähe der Lötspitze platziert. Bei Lötgriffeln mit Lötspitzen ist das Heizelement separat und teilweise relativ weit von der Lötspitze positioniert.

Die Temperatur wird mit Hilfe eines Temperatursensors kontrolliert, der zwischen dem Heizelement und der Lötstelle positioniert ist.

Der Mikroprozessor analysiert die Temperatur vom Temperatursensor und vergleicht sie mit der gewünschten Solltemperatur, die vom Bediener eingestellt wurde. Der Prozessor errechnet aufgrund der Temperaturdifferenz die +/- Strommenge die benötigt wird um die gemessene Temperatur auf den eingestellten Wert zu regulieren.

Der Mikroprozessor analysiert die Temperatur vom Temperatursensor und vergleicht sie mit der gewünschten Solltemperatur, die vom Bediener eingestellt wurde. Der Prozessor errechnet aufgrund der Temperaturdifferenz die +/- Strommenge die benötigt wird um die gemessene Temperatur auf den eingestellten Wert zu regulieren.

Vorteile von Systemen mit einstellbarer Temperatur bzw. Widerstands-Lötsystemen sind:

1. Einstellbare Temperatur, und
2. Gute Leistung für kleine bis mittlere Lasten.

Die Nachteile dieser Systeme können sein:

1. Temperaturüberschwinger
2. Notwendigkeit der Kalibrierung zur Aufrechterhaltung der Temperatur-Sollwertgenauigkeit
3. Unzureichende Leistung bei mittleren bis großen Lasten.

Induktive Festtemperatur-Lötsysteme

Induktionslöten bezieht sich auf eine Technologie zum Erhitzen und Schmelzen von Lot durch Leiten von Wechselstrom durch eine Spule auf ein darunterliegendes Heizelement das aus einer ferromagnetischen Legierung besteht.

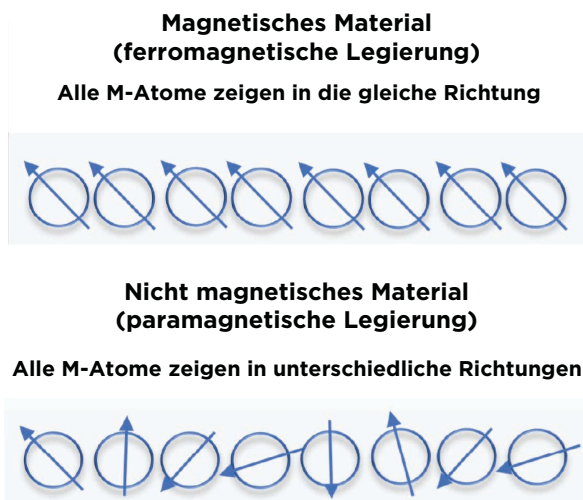


Abbildung 2: Ausrichtung der Magnetpole

Ferromagnetische Materialien, wie Eisen, Nickel, Kobalt und ihre Legierungen sind sehr anfällig dafür magnetisiert zu werden, wenn ein Magnetfeld vorhanden ist. Wenn magnetisiert, richten sich die Nord- und Südpole der Atome in die gleiche Richtung wie das Magnetfeld aus (Abbildung 2). Bei Magnetisierung durch Wechselstrom, wechseln die atomaren Nord- und Südpole die Richtung mit der Frequenz des angelegten Wechselstroms.

Wenn ein ferromagnetisches Objekt in einem Magnetfeld platziert wird, treten zwei Arten von Energieverlusten in Form von Wärme auf:

1. Hystereseverluste
2. Wirbelstromverluste

Wirbelstromverluste treten auf, wenn ein wechselndes Magnetfeld an ein ferromagnetisches Material angelegt wird. Da das ferromagnetische Material auch elektrisch leitfähig ist, induziert das angelegte Magnetfeld einen elektrischen Strom im Material. Diese zirkulierenden Ströme fließen in Strudeln oder Wirbeln auf der Oberfläche des Materials, daher der Name Wirbelströme (Abbildung 3). Diese Wirbelströme wiederum erzeugen einen Verlust, genannt Wirbelstromverlust - gleich (I^2R) , wobei (I) der Wert des Stroms ist und (R) der Widerstand des Materials. Die durch Wirbelstromverluste erzeugte Wärme, ist proportional zum Widerstand des ferromagnetischen Materials und dem Strom der dem System zugeführt wird.

Wirbelströme fließen hauptsächlich an der Oberfläche eines Werkstoffs. Dieses einzigartige Phänomen ist als Skin-Effekt bekannt. Der Skin-Effekt ist die Tendenz eines Wechselstroms, sich in einem leitfähigen Material so zu verteilen, dass die Stromdichte in der Nähe der Oberfläche des Leiters am größten ist.

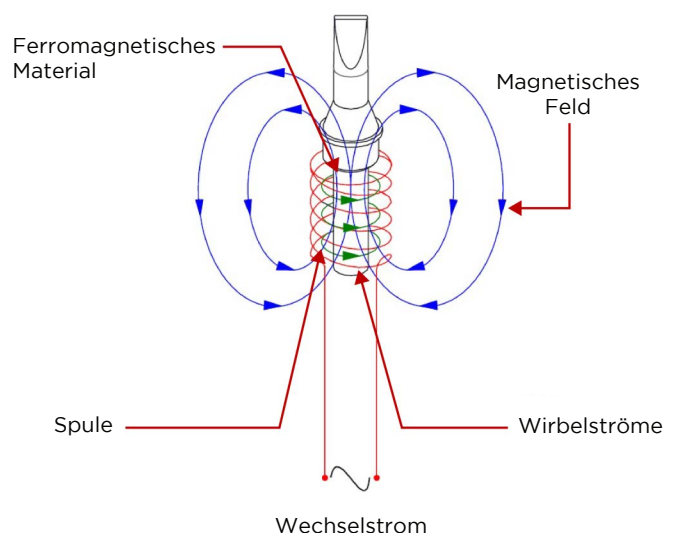


Abbildung 3: Entstehung des Wirbelstroms

Die Stromdichte nimmt mit zunehmender Tiefe zum Materialkern exponentiell ab. Die Hauttiefe - die Tiefe, in der die Stromdichte etwa 37 % ihres Wertes an der Oberfläche erreicht, hängt von der Frequenz des Wechselstroms ab. Bei hohen Frequenzen wird die Skin-Tiefe viel kleiner. Zum Beispiel beträgt bei 60 Hz und Kupfer die Skin-Tiefe etwa 8,5 mm und bei 1 GHz etwa 2 μm . Aufgrund des Skin-Effekts wird die Oberfläche des ferromagnetischen Objekts zuerst erwärmt.

Sowohl Hysteres- als auch Wirbelstromverluste führen zu einer Erwärmung aufgrund der Reibung zwischen den sich schnell bewegenden Molekülen. Wirbelstromverluste sind in der Regel die Haupt Wärmequelle in Induktionsheizsystemen. Sowohl Hysteres- als auch Wirbelstromverluste hängen von der Frequenz des angelegten Wechselstroms ab. Bei höheren Frequenzen wird mehr Wärme erzeugt.

Es ist wichtig zu beachten, dass ferromagnetische Materialien ihre magnetischen Eigenschaften verlieren, wenn sie über eine bestimmte Temperatur erhitzt werden, genannt Curie-Punkt (auch Curie Temperatur, TC). Die Curie-Temperatur ist ein Merkmal der chemischen Zusammensetzung der Legierung und ist für jeden ferromagnetischen Stoff unterschiedlich. Zum Beispiel liegt die TC von reinem Eisen bei etwa 770 °C (1418 °F) und die TC von reinem Nickel bei etwa 360 °C (680 °F).

Das Curie-Punkt-Phänomen ist verantwortlich für die Festtemperatur-Eigenschaft des induktiven Festtemperatur-Lötsystems. Wenn die magnetischen Eigenschaften "verloren gehen", hört die ferromagnetische Legierung auf sich zu erhitzen. So wird die Höchsttemperatur durch den Curie-Punkt der ferromagnetischen Legierung gesteuert.

Die Hauptkomponenten von typischen Festtemperatur-Induktions-Lötsystemen sind die leitfähige Spule, die Heizelementlegierung, die mikroprozessorgesteuerte Spannungsversorgung und die Lötspitze (Abbildung 4).

Der Strom, der durch die Spule fließt erzeugt das Magnetfeld um das aus einer ferromagnetischen Legierung bestehende Heizelement.

Die Arbeitstemperatur der Heizelementlegierung ist abhängig von seiner metallurgischen Zusammensetzung (und der daraus resultierende Curie-Punkt). Sobald der Curie-Punkt des Heizelements erreicht ist, geht die magnetische Eigenschaft des Heizelements verloren. Es kann kein Strom mehr fließen und das Heizelement kühlt ab. Beim Abkühlen kehrt die magnetische Eigenschaft des Heizelements zurück und der Prozess beginnt erneut. Dieser Heiz-/Abkühlungs-Zyklus findet im Bereich von Mikrosekunden statt und wiederholt sich ständig, um die Temperatur zu regulieren. Dieser selbstregulierende Heizprozess wird manchmal SmartHeat®-Technologie genannt.

Wie bei Widerstands-Lötsystemen sind Lötspitzen für Festtemperatur Induktiv-Lötsysteme in hunderten von verschiedenen Größen, Formen und metallurgischen Zusammensetzungen erhältlich. Die Lötspitzen sind so aufgebaut, dass sie mit der induktiven Heizung in einer Lötpatrone integriert sind.

Die ausgewählte Lötpatrone muss zur Lötanwendung passen und trägt so wesentlich zur Systemleistung bei.

Mikroprozessor kontrolliertes Netzteil

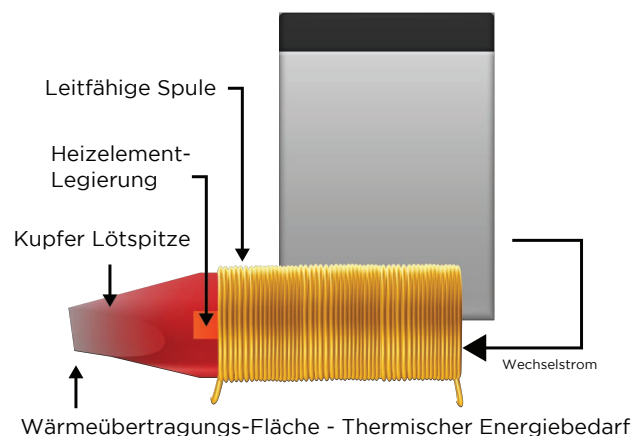


Abbildung 4: Induktives Lötsystem

Vorteile von Induktiv-Festtemperatur-Lötsystemen

1. Schnelles Aufheizen
2. Schnelles Wiederaufheizen nach Belastung
3. Kein thermischer Widerstand

Nachteile von induktiven Festtemperatur-Lötsystemen sind:

1. Eine Änderung der Temperatur erfordert den Wechsel des Heizelements (Lötpatrone)
2. Better suited for medium to large loads.

Induktiv-Lötsysteme mit einstellbarer Temperatur

METCAL™ GT-Serie Handlötsysteme, mit patentiertem¹ Design, maximieren die Vorteile der induktiven Löttechnik mit den Vorteilen einer präzisen Temperaturregelung.

Die Hauptkomponenten des METCAL™ GT-Systeme umfassen die Heizspule, das ferromagnetische Heizelement, Temperatursensor, Mikroprozessorgesteuerte PID-Rückführung zum Controller und die Lötspitze (Abbildung 5).

Diese Systeme nutzen die Vorteile des schnellen Aufheizens und der Induktion aufgrund von Hysterese und Wirbelstromverlusten.

Diese Systeme sind jedoch so konzipiert, dass sie nicht den Curie Temperaturbeschränkungen unterliegen. Die verwendete Heizelementlegierung hat eine extrem hohe Curie Temperatur - so hoch, dass der Curie-Punkt nie erreicht werden kann.

Der Controller des Systems regelt den Wechselstrom auf extrem hohe Frequenzen (etwa 465 kHz). Bei diesen hohen Frequenzen begrenzt der Skin-Effekt die Skin-Tiefe auf etwa 0,051 mm. Bei dieser Skin-Tiefe wird der thermischen Energie ein sehr geringer Widerstand entgegengesetzt. Hitze entsteht in diesen Systemen sehr effizient.

METCAL™ Handlötsysteme der GT-Serie verwenden patentierte² Hardware und Software zur Kontrolle und Steuerung der Lötspitzentemperatur.

Mikroprozessor kontrolliertes Netzteil

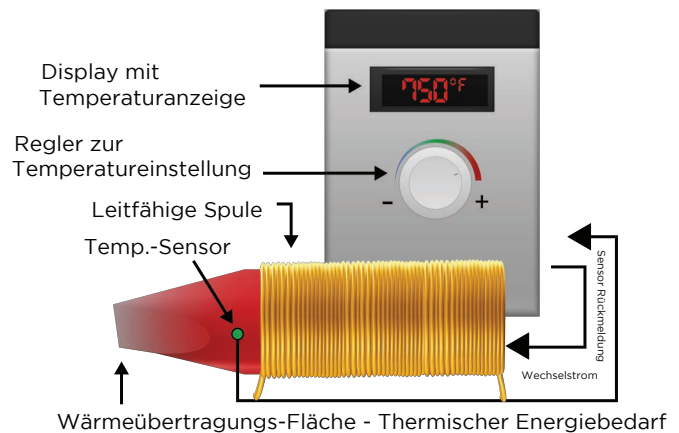


Abbildung 5: Induktions-Lötsystem mit einstellbarer Temperatur

Der Temperatursensor mit einer proportional-integral-rückkopplungsschleife (PID) zum Mikrocontroller, erzeugt eine kontinuierlich modulierte Temperaturregelung. Die Lötspitzen-Temperatur kann durch die präzise Steuerung des dem Heizelement zugeführten Wechselstroms genauestens kontrolliert werden. Diese Systeme ermöglichen es dem Anwender sowohl ein Profil zum Vorheizen der Lötspitze zu erstellen, als auch Hochfahren der Temperatur um optimale Lötergebnisse zu erreichen.

METCAL™ Handlötsysteme der GT-Serie können mit einer Vielzahl von Lötspitzen und Lötpatronen betrieben werden. Deren richtige Auswahl hängt von der beabsichtigten Lötanwendung ab und ist ein wesentlicher Bestandteil der Systemleistung.

Vorteile von Induktiv-Handlötsystemen mit einstellbarer Temperatur sind:

1. Schnelles Wiederaufheizen nach Belastung
2. Hohe thermische Leistung
3. Kein thermischer Widerstand
4. Hoher Wirkungsgrad
5. Leichte Temperaturkontrolle

¹Referenz Patent Nr. US 10,176,220 B2 & US 10,645,817 B1

²Referenz Patent Nr. US 10,751,823 B2 & US 10,751,822 B2

System Performance

Ein Hochleistungs-Lötsystem liefert einen außergewöhnlichen Durchsatz bei gleichbleibender Qualität, bewertet durch visuelle Inspektion, schnelle Aufheizzeit, schnelles Aufschmelzen der Lotes, Verweilzeit auf der Lötstelle, Erholungszeit bis die Zieltemperatur für den nachfolgenden Lötvorgang erreicht ist und Durchsatz (siehe Anhang A zur Definitionen der wichtigsten Leistungskennzahlen).

Tests¹ haben gezeigt, dass die Leistung eines Handlötensystems von den folgenden drei Faktoren abhängt:

1. Die verwendete Heiztechnologie
2. Ob das System mit Lötspitzen oder Lötpatronen eingesetzt wird
3. Leistung des Systems

Obwohl die Leistung eine wichtige Rolle bei der Leistung von Handlötensystemen spielt, hat die verwendete Heiztechnologie und ob das System mit Lötspitzen oder Lötpatronen verwendet wird größere Auswirkungen auf dessen Gesamtleistung.

Systeme mit Lötpatronen schneiden besser ab als Systeme die Standard-Lötspitzen verwenden. Dies ist so weil bei Lötpatronen das Heizelement und die Lötspitze eine Einheit bilden. Je näher das Heizelement an der Spitze bzw. Wärmeübertragungspunkt platziert ist, desto schneller wird die Lötspitze erwärmt.

Die induktive- übertrifft die resistive-Technologie aufgrund von Unterschieden im thermischen Widerstand und thermischem Ansprechverhalten, die den jeweiligen Technologien eigen sind.

Und die METCAL™ GT-Lötsystemserie mit einstellbarer Temperatur, eingesetzt mit Lötpatronen, weist insgesamt die klassenbeste Leistung auf.

Fazit

METCAL™ GT-Induktivlötensysteme mit einstellbarer Temperatur sind:

- Reaktionsschneller durch die überragendes thermisches Ansprechverhalten der induktiven Heiztechnologie. Dies führt zu Lötverbindungen von höherer Qualität und klassenbester thermischer Leistung.
- Entwickelt für die Verwendung von Lötpatronen, bei denen Heizelement und Heizspule eine Einheit bilden. Es gibt praktisch keinen thermischen Übergangswiderstand.
- Entwickelt mit patentierter² Präzisions Hard- und Software zur optimalen Temperaturkontrolle.

Weitere Informationen über die METCAL™ GT120 und METCAL™ GT90 Induktiv-Handlötensysteme mit einstellbarer Temperatur finden Sie unter www.metcal.com.

¹Weitere Informationen zu Leistungstests finden Sie im Whitepaper mit dem Titel "Inductive vs. Resistive Heating Technology Used in Soldering Systems - Ein Leistungsvergleich".

²Referenz Patent Nr. US 10,751,823 B2 & US 10,751,822 B2

Anhang A - Definitionen der wichtigsten Produktivitäts- und Fertigungskennzahlen

Visuelle Inspektion bezieht sich auf mehrere Methoden, wie manuelle optische Inspektion, automatische optische Inspektion und Röntgeninspektion. Diese werden verwendet, um das Vorhandensein von fehlerhaften Lötverbindungen nachzuweisen. Anhaltspunkte für die Qualität einer Lötverbindung sind ihre Größe, Struktur, Gleichmäßigkeit, Glätte, Farbe, Helligkeit und andere Oberflächenmerkmale wie Risse oder Hohlräume.

Die **Zeit bis zum Erreichen der Zieltemperatur** wird daran gemessen, wie schnell eine Lötspitze diese Zieltemperatur erreicht.

Die Verweilzeit, manchmal auch Temperaturstabilität genannt, ist die Zeit, die ein Lötgriffel braucht, um eine bestimmte Verbindung zu löten. Die Verweilzeit bezieht sich darauf, wie gut das Lötssystem die Temperatur der Lötspitze stabil halten kann. Dies kann besonders bei Anwendungen mit hohem Wärmebedarf problematisch sein. Bei diesen kann die Temperatur der Lötspitze während des Lötvorgangs aufgrund der hohen Wärmeübertragung stark abfallen.

Die **"Recovery Time"** ist die Zeit, die die Lötspitze benötigt, um nach der Fertigstellung eines Lötvorganges die eingestellte Zieltemperatur wieder zu erreichen.

Der **Durchsatz** in der Fertigung ist die Zeit, die benötigt wird, um einen Fertigungsprozess abzuschließen. Der typische Handlötprozess dauert zwischen 2 und 4 Sekunden. Bleifreie Legierungen benötigen aufgrund der höheren Schmelztemperatur des Lotes und der geringeren Benetzung etwas mehr Zeit.

Kontaktieren Sie uns

Amerika

United States

10800 Valley View St.
Cypress, CA 90630
Tel: +1 714 799 9910
E-Mail: na-custcare@okininternational.com

Europa

E-Mail: europe-orders@okininternational.com

UK

Eagle Close, Chandlers Ford
Hampshire, SO53 4NF
Tel: +44 (0) 23 8048 9100
E-Mail: europe@okininternational.com

Deutschland

Tel: +49 (0) 3222 109 1900
E-Mail: d-info@okininternational.com

Frankreich

Tel: +33 (0) 1 76 71 04 03
E-Mail: fr-info@okininternational.com

Asien

China

4th floor East, The Electronic Building,
Yanxiang Industrial Zone
High Tech Road, Guangming New District
Shenzhen, PRC
Tel: +86 755 2327 6366
E-Mail: china@okininternational.com

Japan

Tel: +81 43 309 4470
E-Mail: service@descoasia.com

Indien

Tel: +91 9762452474
E-Mail: drane@metcal.com

Singapur

Tel: +65 9798 4443
E-Mail: ryip@metcal.com

