Über Induktionserwärmung

Ambrell®
INDUCTION HEATING SOLUTIONS

Was ist Induktionserwärmung?

Induktionserwärmung ist eine schnelle, effiziente, präzise, wiederholbare, kontaktlose Methode zur Erwärmung von Metallen oder anderen elektrisch leitenden Materialien. Zu einem Induktionserwärmungssystem gehört ein Umrichter, der die Netzspannung in einen Wechselstrom umwandelt und diesen an einen Außenschwingkreis und die Arbeitsspule leitet, die dann ein elektromagnetisches Feld erzeugt. Das Werkstück wird in die Spule eingebracht, sodass das Feld in ihm einen Strom induziert, der wiederum Wärme im Werkstück erzeugt. Die Spule, die mit Wasser gekühlt wird und sich kühl anfühlt, wird um das Werkstück herum oder in seiner Nähe platziert. Sie berührt nicht das Werkstück und die Wärme wird nur durch den im Werkzeug fließenden induzierten Strom erzeugt.

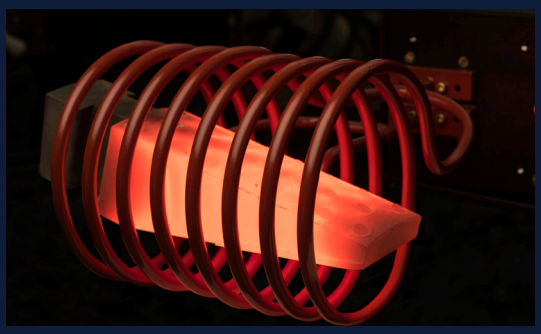
Das Material des Werkstücks kann ein Metall wie Stahl, Kupfer, Aluminium oder Messing sein oder es kann sich um einen Halbleiter wie Carbon, Graphite oder Siliciumcarbid handeln. Zur Erwärmung nichtleitender Materialien wie Kunststoffe oder Glas kann über Induktion ein elektrisch leitender Suszeptor erwärmt werden, normalerweise Graphite, der die Wärme dann an das nichtleitende Material überträgt.

Induktionserwärmung wird in Prozessen mit Temperaturen von 100 °C (212 °F) bis 3000 °C (5432 °F) eingesetzt. Das Verfahren kann für kurze Erwärmungsprozesse verwendet werden, die weniger als eine halbe Sekunde dauern, aber auch für Erwärmungsprozesse, die sich über mehrere Monate erstrecken.

Induktionserwärmung wird für privates und kommerzielles Kochen sowie in vielen Anwendungen aus Industrie und Forschung und Entwicklung eingesetzt: Schmelzen, Wärmebehandeln, Vorerwärmen beim Schweißen, Hartlöten, Löten, Härten, Versiegeln, Aufschrumpfen.

Wie funktioniert Induktionserwärmung?

Lassen Sie uns zum besseren Verständnis mit ein paar Grundlagen der Elektrotechnik beginnen. Induktion erzeugt ein elektromagnetisches Feld in einer Spule, durch das Energie auf das zu erwärmende Werkstück übertragen wird. Wenn ein elektrischer Strom durch einen Draht fließ, wird um diesen Draht herum ein elektromagnetisches Feld erzeugt.



Wesentliche Vorteile der Induktion:

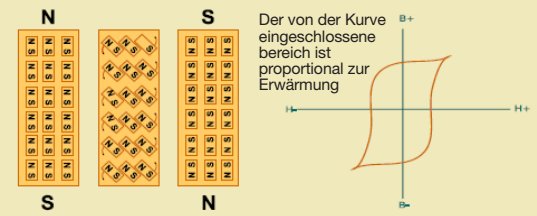
- Schnelle Erwärmung
- Präzise, wiederholbare Erwärmung
- Effiziente Erwärmung
- Sichere Erwärmung, da ohne Flamme
- Höhere Lebensdauer der Werkstückhalterung aufgrund präziser Erwärmung

Methoden der Induktions- erwärmung

Es gibt zwei Erwärmungsmethoden bei Verwendung von Induktion:

1. Wirbelstromerwärmung aufgrund der durch den elektrischen Widerstand des Werkstückmaterials auftretenden I^2R-Verluste.

2. Hysterese-Erwärmung, bei der innerhalb des Werkstücks Wärme erzeugt wird, indem das von der Spule erzeugte magnetische Wechselfeld die magnetische Polarität des Werkstücks ändert. Hysterese-Erwärmung tritt im Werkstück nur bis zur Curie-Temperatur auf, bei der die magnetische Permeabilität des Materials auf 1 gesunken ist. Die dann verbleibende Induktionserwärmung beruht auf der Wirbelstromerwärmung.



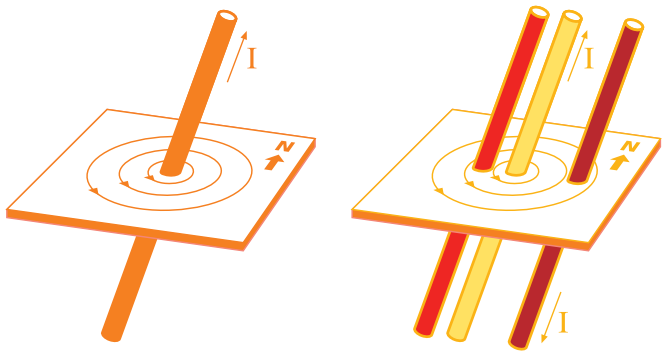
Ist Induktion das richtige Verfahren für mich?

Ein Gütezeichen für die Erfahrung von Ambrell ist die kostenlose Laborprüfung. Die Anwendungsingenieure von Ambrell prüfen Ihre Werkstücke, bestimmen das richtige System basierend auf Ihren Anforderungen und legen auch den optimalen Spulenaufbau fest.

Wir freuen uns darauf, Ihnen das Induktionsverfahren zu erläutern und machen die Implementierung von Induktionserwärmungssystemen einfach.

Wenn der elektrische Strom seine Richtung ändert (AC), bricht das erzeugte magnetische Feld zusammen und wird in umgekehrter Richtung wieder aufgebaut, wenn der Strom in die andere Richtung fließt. Wenn ein zweiter Draht in dieses magnetische Wechselfeld gebracht wird, wird in ihm ein Wechselstrom erzeugt. Der Strom im zweiten Draht ist proportional zum Strom im ersten Draht und umgekehrt proportional zum Quadrat der Entfernung zwischen beiden Drähten.

Wenn wir den Draht in diesem Modell durch eine Spule ersetzen, erzeugt der durch die Spule fließende Wechselstrom ein elektromagnetisches Feld. Wird das zu erwärmende Werkstück in dieses Feld gebracht, entspricht es dem oben erwähnten zweiten Draht und es wird in ihm ein Wechselstrom erzeugt. Dieser wiederum erzeugt aufgrund der durch den elektrischen Widerstand des Werkstückmaterials auftretenden I^2R-Verluste Wärme innerhalb des Werkstücks. Dieser Vorgang wird als Wirbelstromerwärmung bezeichnet.



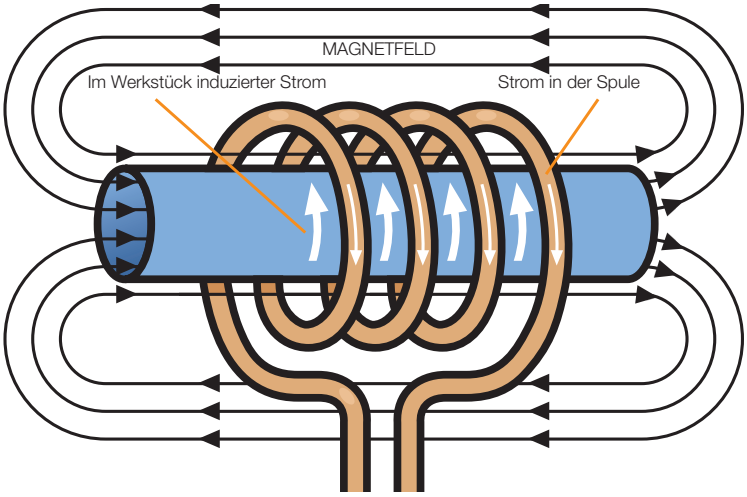
Wie funktioniert eine Induktionsspule?

Die Arbeitsspule dient zur Übertragung der Energie auf das Werkstück mithilfe eines elektromagnetischen Wechselfeldes.

Der durch die Spule fließende Wechselstrom erzeugt das elektromagnetische Feld, das einen Strom im Werkstück induziert, der spiegelbildlich zum Strom in der Arbeitsspule fließt.

Die Arbeitsspule, auch bekannt als Induktor, ist die Komponente des Induktionserwärmungssystems, die festlegt, wie effektiv und effizient das Werkstück erwärmt wird.

Die Komplexität einer Arbeitsspule reicht von einer einfachen spiralförmig gewundenen Spule (oder einer Spule, die aus einer Anzahl Kupferrohrwindungen besteht, die um eine Spindel gewickelt wurden) bis zu einer Spule, die aus massivem Kupfer präzisionsgefertigt und anschließend verlötet wurde.



APPLICATIONS LABORATORY THE LAB thelab.ambrell.com

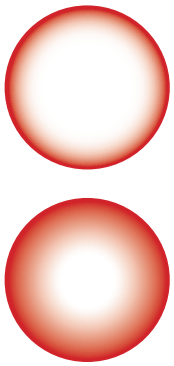
Was ist die Betriebs- oder Resonanzfrequenz?

Die Betriebsfrequenz bei einem Induktionserwärmungssystem wird durch das zu erwärmende Werkstück und dessen Material bestimmt. Es ist wichtig, dass ein Induktionssystem verwendet wird, das seine Leistung über den gesamten Frequenzbereich liefert, der für die Anwendung geeignet ist.

Zum besseren Verständnis der Gründe für unterschiedliche Betriebsfrequenzen lassen Sie uns eine Eigenschaft betrachten, die als “Skineffekt” bekannt ist. Wenn das elektromagnetische Feld einen Strom im Werkstück induziert, fließt dieser hauptsächlich an der Oberfläche des Werkstücks. Je höher die Betriebsfrequenz ist, desto geringer ist Eindringtiefe und je niedriger die Betriebsfrequenz ist, desto höher sind die Eindringtiefe und die Durchdringung des Erwärmungseffekts.

Die Eindringtiefe oder Durchdringung hängt von der Betriebsfrequenz, den Materialeigenschaften und der Temperatur des Werkstücks ab. Die Tabelle unten enthält ein Beispiel. Eine 20 mm Stahlstange kann durch Erwärmung auf 540 ⊠C (1000 ⊠F) mithilfe eines 3 kHz-Induktionssystems spannungsfrei geglüht werden. Zur Härtung derselben Stange ist jedoch ein 10 kHz-System erforderlich, mit dem sie auf 870 ⊠C (1600 ⊠F) erwärmt werden kann.

Hochfrequente Induktionserwärmung hat eine geringe Eindringtiefe und ist bei kleinen Werkstücken effizienter



Niederfrequente Induktionserwärmung hat eine hohe Eindringtiefe und ist bei großen Werkstücken effizienter

		Ungefährer kleinster Durchmesser für effiziente Erwärmung bei verschiedenen Induktionsfrequenzen			
Material	Temperatur	1 kHz	3 kHz	10 kHz	30 kHz
Stahl unter Curie-Temp.	540 °C (1000 °F)	8,89 mm (0,35 in)	5,08 mm (0,20 in)	2,79 mm (0,11 in)	1,27 mm (0.05 in)
Stahl über Curie-Temp.	870 °C (1600 °F)	68,58 mm (2,7 in)	38,10 mm (1,5 in)	21,59 mm (0,85 in)	9,65 mm (0,38 in)

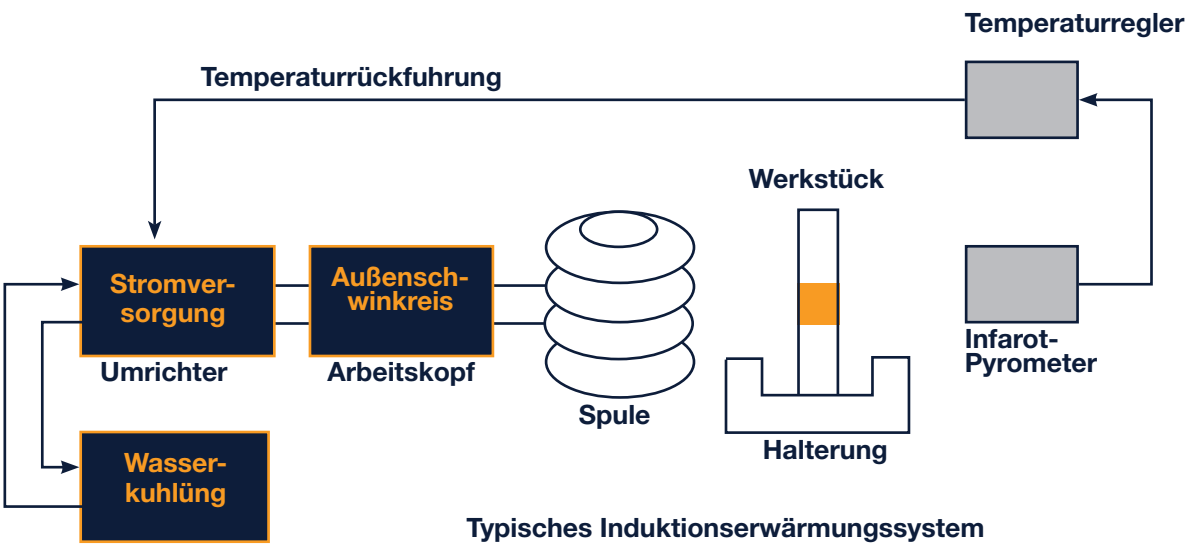
Als Regel gilt, dass die Erwärmung kleinerer Werkstücke mit Induktion höhere Betriebsfrequenzen erfordert (oftmals über 50 kHz) und größere Werkstücke effizienter bei niedrigeren Betriebsfrequenzen erwärmt werden.

Mit modernen mikroprozessorgesteuerten Halbleiter-Umrichtern sind wiederholbare und effiziente Erwärmungsprozesse möglich, sofern jedes Werkstück am selben Ort innerhalb der Spule platziert wird.

Was macht ein Induktionserwärmungssystem aus?

Ein Induktionserwärmungssystem besteht aus einem Umrichter (Stromversorgung) einem Außenschwingkreis und einer Arbeitsspule. Bei industriellen Anwendungen fließt normalerweise ein so starker Strom, dass eine Wasserkühlung erforderlich ist. Eine typische Installation umfasst deshalb auch eine Wasserkühlung.

Der Umrichter wandelt den Wechselstrom des Stromnetzes in einen Wechselstrom um, dessen Frequenz in Resonanzzur Kombination aus Kapazität des Außenschwingkreises, Induktivität der Spule und elektrischem Widerstand des Werkstücks steht.



Typisches Induktionserwärmungssystem

Zu berücksichtigende Faktoren

- Das Material, aus dem das Werkstück besteht, bestimmt den Erwärmungsgrad und die erforderliche Leistung. Stahl und Eisen lassen sich leicht erwärmen, da sie einen relativ hohen elektrischen Widerstand haben. Kupfer und Aluminium hingegen erfordern aufgrund ihres geringeren elektrischen Widerstands eine höhere Leistung.
- Einige Stähle sind magnetisch, sodass bei der Induktionserwärmung sowohl der Widerstand des Metalls als auch die Hysterese-Eigenschaften genutzt werden können. Oberhalb der Curie-Temperatur (500 bis 600 ⊠C/1000 bis 1150 ⊠F) verliert Stahl seine magnetischen Eigenschaften, sodass nur die Wirbelstromerwärmung für höhere Temperaturen sorgt.
- Die erforderliche Leistung wird bestimmt durch:
  - oden Typ des Materials
  - odie Größe des Werkstücks
  - odie benötigte Temperaturerhöhung
  - odie Zeit zur Erreichung der Temperatur

Die Betriebsfrequenz des Induktionserwärmungssystems ist ein zu berücksichtigender Faktor, der auf der Größe des zu erwärmenden Werkstücks beruht. Kleinere Werkstücke benötigen für effiziente Erwärmung eine höhere Frequenz (>50 kHz) und größere Werkstücke profitieren von einer niedrigeren Frequenz (>10 kHz) und größerer Durchdringung der erzeugten Wärme.

Mit zunehmender Temperatur des erwärmten Werkstücks steigen auch die Wärmeverluste. Verluste durch Strahlung und Konvektion werden bei höheren Temperaturen zu einem Faktor mit immer größer werdender Bedeutung. Bei hohen Temperaturen werden deshalb oftmals Isolationstechniken eingesetzt, um die Wärmeverluste zu minimieren und die für das Induktionserwärmungssystem erforderliche Leistung zu reduzieren.

Reihe der Ambrell Umformer für Induktionserwärmung

Über Ambrell

Im Jahre 1986 gegründet, hat Ambrell eine weltweit führende Position auf dem Induktionserwärmungsmarkt erworben und ist aufgrund seiner Anwendungs- und Engineering-Expertise anerkannt. Hervorragende Produktqualität sowie exzellenter Service und Support stehen im Zentrum unserer Verpflichtung, unseren Kunden den besten Service in der Branche zu bieten.

Unser Hauptsitz befindet sich in den USA, wir operieren im Vereinigten Königreich, Frankreich und in den Niederlanden. Alle Produkte werden in unserem nach IS0 9001:2008 zertifizierten Werk in den USA entwickelt und hergestellt. Im Laufe der letzten drei Jahrzehnte haben wir unsere globale Reichweite durch ein umfangreiches Vertriebsnetz ausgebaut, heute sind über 10.000 Systeme in über 50 Ländern installiert.

ISO 9001:2008 CERTIFIED

Ambrell®
INDUCTION HEATING SOLUTIONS

www.ambrell.com

Ambrell
Corporate Headquarters
39 Main Street
Scottsville, NY 14546
Tel: +1 585 889 9000
Fax: +1 585 889 4030
sales@ambrell.com

Ambrell B.V.
Holtersweg 1
7556 BS Hengelo
The Netherlands
Tel: +31 (0) 880 150 100
Fax: +31 (0) 546 788 154
sales-eu@ambrell.com

Ambrell, Ltd.
Phoenix Works, Saxon Way
Battledown Industrial Estate
Cheltenham, Gloucestershire
GL52 6RU United Kingdom
Tel: +44 (0)1242 514042
Fax: +44 (0)1242 224146
sales-uk@ambrell.com

Ambrell SARL
Tour Sébastopol
3 quai Kléber
67000 Strasbourg
France
Tel: +33 970 440 335
Fax: +33 367 840 019
sales-eu@ambrell.com

411-0169-05 Rev B ©2016 Alle Angaben können ohne vorherige Ankündigung geändert werden.