

À propos du chauffage par induction



Qu'est-ce que le chauffage par induction ?

Le chauffage par induction est une méthode rapide, efficace, précise et reproductible qui permet de chauffer sans contact les métaux et d'autres matériaux conducteurs électriques. Un système de chauffage par induction comprend une source de courant d'induction qui convertit l'alimentation du secteur en courant alternatif, le transmet à une tête d'induction et à une bobine (ou inducteur) et crée dans cette dernière un champ électromagnétique. Ce champ induit dans la pièce placée dans la bobine un courant qui provoque l'échauffement de celle-ci. La bobine, refroidie par eau et relativement froide au toucher, est placée autour de la pièce à chauffer ou à proximité. Elle ne touche pas la pièce : la chaleur est seulement produite par le courant induit dans la pièce.

Cette dernière peut être constituée d'un métal tel que de l'acier, du cuivre, de l'aluminium ou du laiton, ou d'un matériau semi-conducteur comme le carbone, le graphite ou le carbure de silicium. Pour chauffer des matériaux non conducteurs tels que les plastiques ou le verre, l'induction peut être utilisée pour chauffer un matériau conducteur électrique appelé suscepteur, le plus souvent du graphite, qui communique sa chaleur au matériau non conducteur.

Le chauffage par induction est utilisé pour des processus dans lesquels la température peut aller de 100 °C à 3 000 °C. Il peut servir pour des chauffages de courte durée (moins d'une demi-seconde) comme pour des maintiens en température sur plusieurs mois.

Il est utilisé dans les cuisines individuelles et collectives, dans de nombreuses applications industrielles telles que la fusion, le traitement thermique, le préchauffage avant soudage, le brasage dur, le brasage tendre, la polymérisation, le scellement et la rétraction d'emballages plastiques, et aussi dans la recherche et le développement.

Comment ça marche ?

Quelques rappels de principes d'électricité sont utiles pour commencer. L'induction crée un champ électromagnétique dans une bobine afin de transférer de l'énergie à la pièce à chauffer. Quand un courant électrique parcourt un fil, un champ magnétique se crée autour de celui-ci.



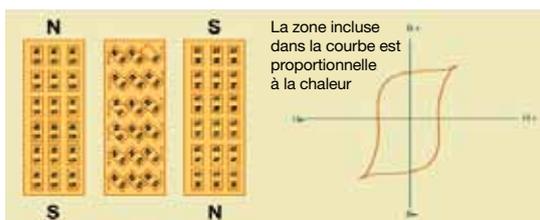
Principaux avantages de l'induction :

- Montée en température rapide
- Chauffage précis et reproductible
- Chauffage efficace
- Chauffage sans danger puisque sans flamme
- Durée de vie de l'équipement prolongée grâce à la précision des zones chauffées

Méthodes de chauffage par induction

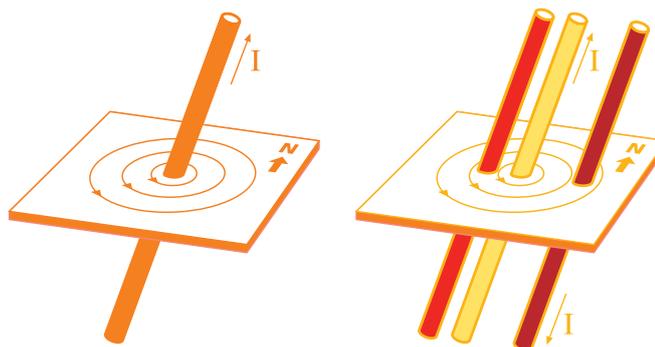
Il existe deux méthodes de chauffage par induction :

1. le chauffage par courants de Foucault, lié aux pertes I^2R dues à la résistance du matériau de la pièce ;
2. le chauffage par hystérésis, dans lequel l'énergie est produite à l'intérieur même de la pièce par le champ magnétique alternatif produit par la bobine, qui fait varier la polarité magnétique de la pièce. Le chauffage par hystérésis de la pièce est possible jusqu'à la température de Curie, à laquelle la perméabilité magnétique du matériau diminue jusqu'à 1 et l'effet de l'hystérésis est réduit au minimum. Au-delà de cette température, le chauffage par induction est réalisé par les courants de Foucault.



Quand le courant électrique change de sens (courant alternatif), le champ magnétique qu'il a créé disparaît et se reforme dans la direction inverse. Si un deuxième fil est placé dans ce champ magnétique alternatif, un courant alternatif y est produit. Le courant du deuxième fil est proportionnel à celui du premier fil et à l'inverse du carré de la distance entre les deux fils.

Si l'on remplace le fil de ce modèle par une bobine, le courant alternatif qui parcourt celle-ci crée un champ électromagnétique. Une fois placée dans le champ, la pièce à chauffer occupe la place du deuxième fil et un courant alternatif y est produit. La chaleur est générée dans la pièce par les pertes I^2R liées à la résistance du matériau de la pièce. C'est ce que l'on appelle le chauffage par courants de Foucault.



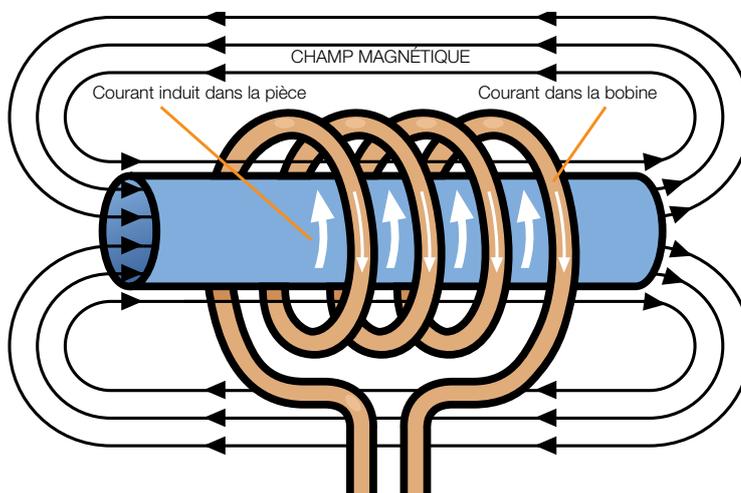
Comment fonctionne une bobine d'induction ?

La bobine d'induction sert à transférer l'énergie à la pièce par l'intermédiaire d'un champ électromagnétique alternatif.

Le courant alternatif circulant dans la bobine crée le champ électromagnétique, qui induit à son tour dans la pièce un courant symétrique en miroir de celui qui passe dans la bobine.

La bobine, ou inducteur, est le composant du système de chauffage par induction qui détermine l'efficacité et le rendement du chauffage de la pièce.

La complexité des bobines est très variable, d'un simple enroulement hélicoïdal (ou solénoïde), formé d'un certain nombre de spires de tube de cuivre enroulées sur un mandrin, aux bobines de précision usinées en cuivre massif et brasées.



L'induction est-elle adaptée à mes besoins ?

Ambrell se distingue notamment par les tests en laboratoire offerts au cours du développement. Les ingénieurs en applications d'Ambrell feront des essais avec vos pièces, détermineront le système qui convient en fonction de vos besoins et choisiront la forme optimale pour les bobines.

Nous serons ravis de vous expliquer ce qu'est l'induction, mais aussi de vous faciliter sa mise en œuvre.



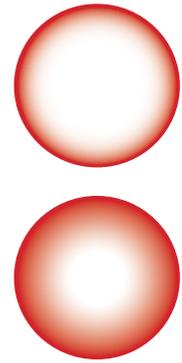
Quelle est la fréquence de fonctionnement (de résonance) ?

La fréquence de fonctionnement d'un système de chauffage par induction dépend de la pièce à chauffer et du matériau qui la compose. Il est important d'utiliser un système dont l'alimentation peut fournir les différentes fréquences de courant convenant pour l'application.

Pour mieux comprendre les raisons de ces fréquences de fonctionnement différentes, il faut s'intéresser à une caractéristique appelée « effet pelliculaire » : quand le champ électromagnétique induit un courant dans la pièce, il passe principalement à la surface de celle-ci. Plus la fréquence de fonctionnement est élevée, plus l'effet pelliculaire reste superficiel ; plus elle est basse, plus la pénétration est profonde, et avec elle l'échauffement.

La profondeur de pénétration thermique dépend de la fréquence de fonctionnement, des propriétés du matériau et de la température de la pièce. Par exemple, dans le tableau cidessous, un barreau d'acier de 20 mm peut être détensionné par chauffage à 540 °C avec un système d'induction à 3 kHz mais il faudrait un système à 10 kHz pour durcir ce même barreau en le chauffant à 870 °C.

Le chauffage par induction à haute fréquence produit un effet pelliculaire superficiel, plus efficace pour les petites pièces.



Le chauffage par induction à basse fréquence produit un effet pelliculaire plus profond, plus efficace pour les grosses pièces.

		Diamètre minimal approximatif pour un chauffage efficace à différentes fréquences d'induction			
Matériau	Température	1 kHz	3 kHz	10 kHz	30 kHz
Acier, en dessous de la température de Curie	540°C	8,89 mm (0,35 in)	5,08 mm (0,20 in)	2,79 mm (0,11 in)	1,27 mm (0,05 in)
Acier, au-dessus de la température de Curie	870°C	68,58 mm (2,7 in)	38,10 mm (1,5 in)	21,59 mm (0,85 in)	9,65 mm (0,38 in)

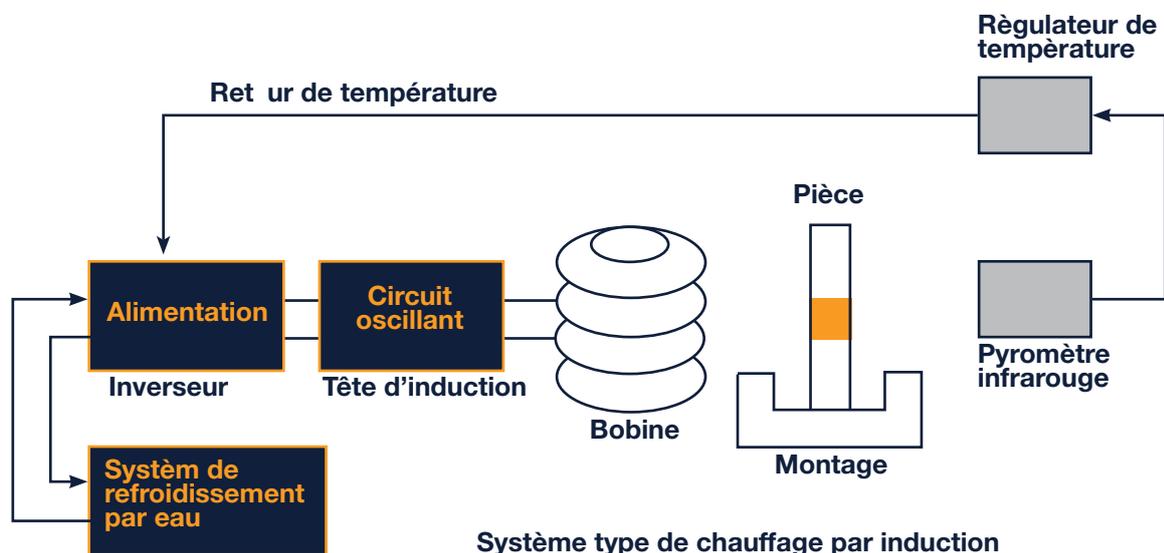
En règle générale, le chauffage par induction de petites pièces nécessite des fréquences de fonctionnement plus élevées (souvent plus de 50 kHz), et celui des grosses pièces est plus efficace à basse fréquence.

Les unités d'alimentation en courant d'induction à semi-conducteurs modernes, munies de systèmes de commande à microprocesseurs intégrés, permettent de réaliser facilement des processus de chauffage reproductibles et efficaces, à condition que chaque pièce soit placée au même endroit dans la bobine.

De quoi se compose un système de chauffage par induction ?

Un système de chauffage par induction comprend une alimentation électrique (inverseur), un circuit oscillant (tête d'induction) et une bobine d'induction (inducteur). Dans les applications industrielles, le courant circulant dans la bobine est en général suffisamment intense pour nécessiter un refroidissement par eau. L'installation comprend donc habituellement un système de refroidissement par eau.

L'alimentation convertit le courant alternatif du secteur en courant alternatif en résonance avec la combinaison de la capacitance de la tête, de l'inductance de la bobine et de la résistance de la pièce.



Paramètres à prendre en compte

- Le matériau qui compose la pièce à chauffer détermine la vitesse de chauffage et la puissance nécessaire. L'acier et le fer sont faciles à chauffer car ils ont une résistance élevée, à la différence du cuivre et de l'aluminium qui nécessitent davantage de puissance en raison de leur plus faible résistance.

- Certains aciers sont magnétiques ; on peut alors profiter à la fois de leur résistance électrique et de leurs propriétés d'hystérésis pour les chauffer par induction. Au-dessus de la température de Curie (500 °C à 600 °C), l'acier perd ses propriétés magnétiques mais il peut encore être chauffé à une température plus élevée par les courants de Foucault.

- La puissance nécessaire est déterminée par :
 - le type de matériau ;
 - les dimensions de la pièce ;
 - l'élévation de température souhaitée ;
 - le temps de montée en température.

La fréquence de fonctionnement du système de chauffage par induction doit être prise en considération en fonction des dimensions de la pièce à traiter. Pour être efficace, le chauffage des petites pièces doit se faire à haute fréquence (>50 kHz) et celui des grosses pièces à basse fréquence (>10 kHz) afin d'obtenir un échauffement plus profond.

L'élévation de la température de la pièce s'accompagne d'une dissipation de chaleur accrue. Plus la température de chauffage est élevée, plus les pertes par rayonnement et par convection sont un facteur important à prendre en compte. On utilise souvent des techniques d'isolation pour les pièces portées à haute température, afin de réduire les déperditions de chaleur et la puissance que le système d'induction doit fournir.

La gamme de blocs d'alimentation électrique d'Ambrell pour le chauffage par induction



À propos d'Ambrell

Fondé en 1986, Ambrell est un leader mondial sur le marché du chauffage par induction, renommé pour son expertise dans les applications et l'ingénierie. Une qualité de produit exceptionnelle allée à un service et une assistance de pointe sont la clé de notre engagement visant à fournir la meilleure expérience client possible.

Ambrell est basée aux États-Unis avec des succursales au Royaume-Uni, en France et aux Pays-Bas. Tous les produits sont conçus et sont fabriqués dans notre usine de production certifiée ISO 9001:2008 aux États-Unis. Au cours de ces trente dernières années, nous avons étendu notre portée mondiale grâce à un vaste réseau de distribution. Aujourd'hui, plus de 10 000 systèmes Ambrell ont été installés dans plus de 50 pays.



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