

ENRX

Anwendungsgebiete der Induktionserwärmung

DIE PROZESSE, DIE GERÄTE, DIE VORTEILE



Inhalt

Einleitung.....	3	Schmieden	14
Induktionsspulen	4-5	Schmelzen	15
Härten	6	Richten.....	16
Anlassen.....	7	Schrumpfen.....	17
Hartlöten	8	Funktionsweise der Induktionserwärmung.....	19
Aushärten von Klebern	9	Die besten Lösungen auswählen	20-21
Rohrschweißen	10	Eine Familie für jeden Bedarf	22
Glühen / Normalisieren	11	Einige unserer Kunden.....	23
Vorwärmen	12	Unsere Produktpalette.....	24
Nachwärmen.....	13		



Einleitung

Induktionserwärmung ist schnell, präzise, sauber, energieeffizient, kontrollierbar und wiederholgenau. Noch wichtiger ist, dass wir bei ENRX wissen, wie man diese erstaunliche Technologie praktisch für jede industrielle Erwärmungsaufgabe nutzen kann. ENRX – the right energy can take you anywhere.

ENRX ist Marktführer in der Induktionserwärmung, drahtlosem induktiven Laden und berührungsloser Stromversorgung für eine moderne Fertigung und Mobilität. Unsere Wurzeln in der Induktionserwärmung reichen bis in die 1950er Jahre zurück. Seitdem sind wir zu einem der weltweit führenden Anbieter von Induktionserwärmungssystemen gewachsen. Bis heute wurden mehr als 30.000 Induktionssysteme von ENRX installiert, unterstützt durch unser weltweites Netzwerk von Produktionsstätten, Laboren und Vertriebsniederlassungen.

Von Anfang an wollten wir die Vorteile der Induktionstechnologie auf eine möglichst breite Palette von industriellen Anwendungen ausdehnen. Dies führte dazu, dass wir die Verwendung von Induktionstechnologie für das Richten von Schiffsdecks und Schotten entwickelten, sowie auf die Verwendung der Transistortechnologie setzten,

um Induktionsgeräte kleiner, sicherer, vielseitiger und zuverlässiger zu machen.

Heute werden unsere Lösungen verwendet, um alles von Wasserhähnen bis hin zu Raumschiffen herzustellen; von Solarzellen bis hin zu Bulldozern. Und da viele unserer Lösungen kompakt genug sind, um mobil zu sein, finden Sie ENRX-Geräte auch auf Offshore-Plattformen, Windparks und Kraftwerken.

Die folgenden Seiten geben einen kurzen Überblick über die wichtigsten Anwendungsbereiche unserer Geräte und Anlagen. Aber natürlich kann eine Broschüre wie diese nicht alles abdecken. Wenn sie mehr wissen möchten – über uns oder die technischen und kommerziellen Vorteile der Induktionstechnologie – nehmen Sie bitte Kontakt mit uns auf. Die Kontaktinformationen finden sie auf unserer Website www.enrx.com.

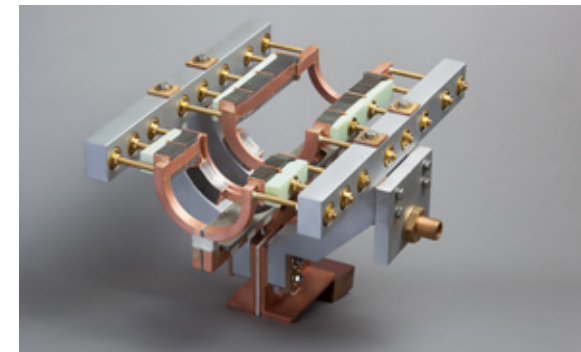
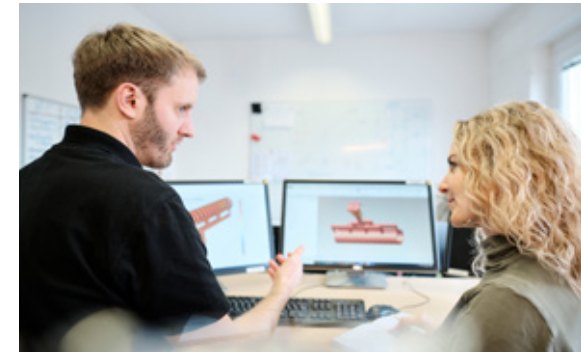
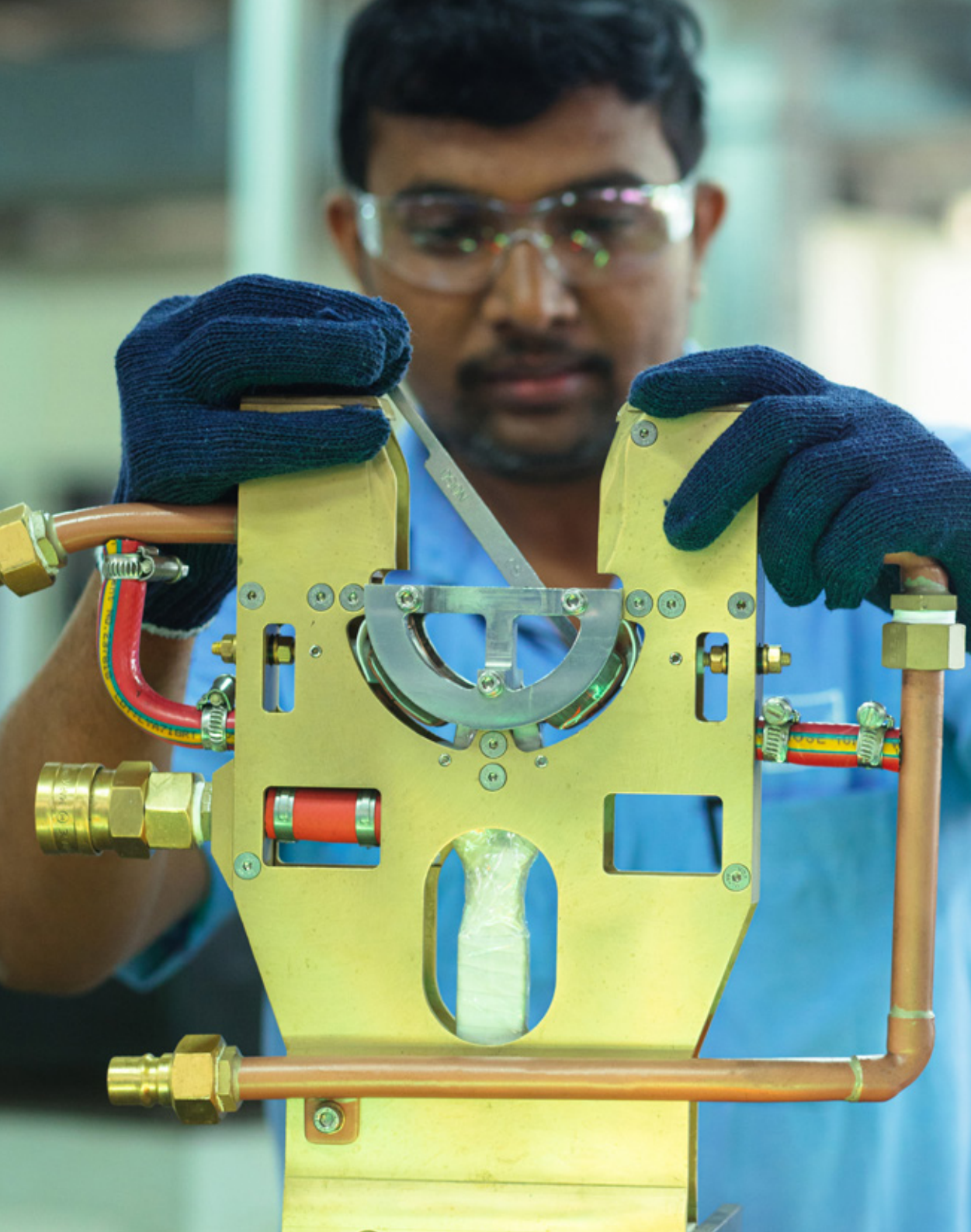


Induktionsspulen

Die Induktionsspule, auch "Induktor" genannt, ist für den Prozess der induktiven Erwärmung unerlässlich. Viele Faktoren tragen zur Effizienz einer Spule bei: die Sorgfalt, mit der sie hergestellt wurde, die Qualität der verwendeten Materialien, ihre Form, ihre Wartung, ihre korrekte Abstimmung mit der Induktionsanlage usw. Deshalb ist es so wichtig, auf professionell hergestellte und gewartete Spulen zu bestehen.

ENRX verfügt über die vielleicht weltweit fortschrittlichsten Methoden zur Herstellung und Wartung von Induktoren. Wir entwerfen und fertigen nicht nur kundenspezifische Spulen für alle Materialien und Anwendungen, sondern bieten auch Lösungen für die vorbeugende Wartung und Logistik. Diese Initiativen stellen sicher, dass Sie immer die richtigen Induktoren verwenden und dass deren Lebensdauer maximiert wird.

Die Details jeder einzelnen ENRX-Spule werden in eine Datenbank eingepflegt und ständig aktualisiert. So können wir jeden Induktor schnell und jederzeit austauschen oder reparieren – ohne Kompromisse in Qualität oder Produktivität.



ENRX-Induktoren

Unser hauseigenes Induktor-Know-How und unsere Einrichtungen ermöglichen es uns, maßgeschneiderte Induktionsspulen für praktisch jede spezielle Anwendung herzustellen. Wie das Foto links zeigt, haben wir auch Erfahrung im Bau von außergewöhnlich dimensionierten Induktoren.

Induktionshärten

Was ist Induktionshärten?

Beim Induktionshärten wird induzierte Wärme und schnelles Abkühlen (Abschrecken) genutzt, um die Härte und Haltbarkeit von Stahl zu erhöhen. Induktion ist ein berührungsloser Prozess, der schnell intensive, zielgerichtete, konzentrierte und beherrschbare Wärme erzeugt. Mit Induktion wird nur der zu härtende Bereich erhitzt. Durch die Optimierung von Prozessparametern wie Heizzyklus, Frequenz, Induktordesign und Abschreckverlauf erzielen wir die bestmöglichen Resultate.

Welche Vorteile bietet es?

Das Induktionshärten erhöht den Durchsatz. Es ist ein extrem schneller und reproduzierbarer Vorgang, der sich leicht in Produktionslinien integrieren lässt. Mit Induktion bearbeitet man normalerweise einzelne Werkstücke. Das gewährleistet, dass jedes einzelne Werkstück genau entsprechend der Vorgaben gehärtet wird. Die optimierten Prozessparameter für jedes spezifische Werkstück können auf Ihren Servern gespeichert werden. Induktionshärten ist sauber, sicher und platzsparend. Da nur der zu härtende Bereich des Werkstücks erhitzt wird, ist es zudem äußerst energieeffizient.

Wo wird es eingesetzt?

Induktion wird zum Härten zahlreicher Komponenten verwendet. Hierzu zählen unter anderem: Zahnräder, Lagerringe, Führungen, Getriebeteile, Kurbelwellen, Nockenwellen, Antriebswellen, Torsionsstäbe, Ventilhebel, Gleichlaufgelenke, Ventile, Gesteinsbohrer,...

Welche Lösungen bieten wir an?

HardLine bezeichnet die ENRX-Produktreihe für Härtemaschinen mit einer vertikalen, horizontalen, Drehtisch- und spitzenlosen Ausführung. Im Zentrum unserer Härtesysteme stehen die Sinac-Umrichter, welche mit einer Ausgabeleistung von 5 bis 2.000 kW und Frequenzen von 0,3 bis 450 kHz zur Verfügung stehen. ENRX kann ebenso schlüsselfertige Härtemaschinen liefern, die den Umrichter, CNC-Achsen, Rückkühlanlagen, Anlassen, Teilereinigung, Richtprozesse sowie Verfahrensentwicklung und Service-Supportprogramme beinhalten.



ENRX-Härtungslösungen werden von vielen der weltweit führenden Automobilhersteller und deren Zulieferern eingesetzt. Hoher Durchsatz, kurze Lieferzeiten, gesicherte Qualität und Arbeits-/Umweltsicherheit sind die Hauptgründe, warum sie sich für unsere Lösungen entschieden haben.



Eine ENRX-Lösung wird verwendet, um große Lagerringe zu härten, die in Windkraftanlagen verwendet werden.

Anlassen

Was ist induktives Anlassen?

Induktives Anlassen ist ein Erwärmungsprozess, der mechanische Eigenschaften wie Härte, Zähigkeit und Duktilität bei bereits gehärteten Werkstücken optimiert und auf die geforderten Werte bringt.

Was sind die Vorteile?

Der Hauptvorteil von induktivem Anlassen gegenüber dem Anlassen im Ofen ist die Geschwindigkeit. Durch Induktion kann man Werkstücke binnen Minuten, manchmal sogar Sekunden, anlassen. In einem Ofen dauert es normalerweise Stunden. Da sich der Anlassprozess mittels Induktion leicht in eine Maschine oder Produktionslinie integrieren lässt, wird dadurch auch die Anzahl der in Bearbeitung befindlichen Teile minimiert. Integrierte Anlassstationen sparen Zeit und auch wertvolle Hallenfäche gegenüber dem Einsatz von Anlassöfen und vereinfacht die Qualitätskontrolle einzelner Werkstücke.

Wo wird es verwendet?

Induktives Anlassen ist in der Automobilbranche weit verbreitet, um oberflächengehärtete Komponenten wie Wellen, Achsen und Gelenke anzulassen. Der Vorgang wird auch bei der

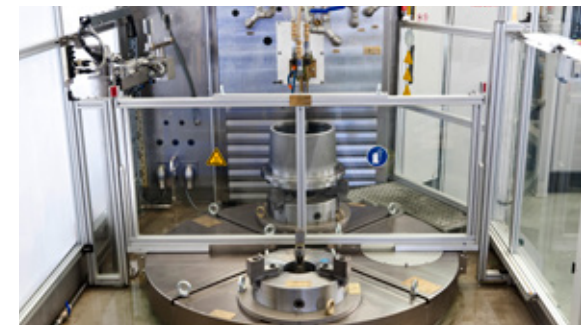
Herstellung von Stahlrohren und Pipeline-Rohren verwendet, um durchgehärtete Werkstücke anzulassen. Induktives Anlassen wird manchmal direkt in der Härtestation, manchmal aber auch an einer oder mehreren separaten Anlassstationen durchgeführt.

Welche Ausstattung steht zur Verfügung?

Komplette HardLine-Systeme sind ideal für viele Wärmebehandlungen. Der Hauptvorteil solcher Systeme besteht darin, dass das Härten und Anlassen von einer Maschine durchgeführt wird. Dies führt zu erheblichen Zeit- und Kosteneinsparungen bei geringem Platzbedarf im Vergleich zu alternativen Technologien. Bei Öfen zum Beispiel härtet oft zuerst ein Ofen die Werkstücke, dann wird ein separater Ofen zum Anlassen eingesetzt. Die HardLine Systeme mit Sinac Umrichter von ENRX hingegen sind Komplettlösungen; sie werden zum Härten und auch gleich zum nachfolgenden Anlassen verwendet.



Eine Welle, die sich mit hoher Geschwindigkeit durch eine Induktionsspule bewegt. Das induktive Anlassen ist in seiner Geschwindigkeit und Präzision unübertroffen.



Eine Komplettlösung zum Anlassen von ENRX umfasst in der Regel den Umrichter (Sinac), Induktoren, Vorrichtungen für das Teile-Handling und Steuerung inkl. Prozessdaten. Schulungs-, Wartungs- und Serviceoptionen sind selbstverständlich auch verfügbar.

Hartlöten

Was ist induktives Hartlöten?

Hartlöten ist ein Fügeverfahren, bei dem ein Füllmaterial, das Hartlot und ein als Flussmittel bezeichnetes Antioxidationsmittel verwendet wird, um zwei Metallstücke miteinander stoffschlüssig zu verbinden, ohne dass die Grundmaterialien geschmolzen werden. Stattdessen schmilzt die Induktionswärme das Hartlot, welches dann durch die Kapillarwirkung zwischen die Ausgangsmaterialien gesaugt wird und diese auf molekularer Ebene miteinander verbindet.

Welche Vorteile bietet es?

Induktives Hartlöten kann eine ganze Reihe von Metallen verbinden, sogar Eisen- und Nichteisenmetalle. Induktives Hartlöten ist präzise und schnell. Nur eng begrenzte Bereiche werden erwärmt, sodass angrenzende Zonen und Materialien unbeeinflusst bleiben. Korrekt hartgelötete Verbindungen sind stark, dicht und korrosionsbeständig. Sie sind optisch schön und bedürfen in der Regel keiner weiteren Bearbeitung durch Fräsen, Schleifen etc. Induktives Hartlöten ist ideal zur Integration in Produktionslinien geeignet.

Wo wird es eingesetzt?

ENRX-Lötsysteme können für nahezu jede Löttaufgabe eingesetzt werden. Bisher werden unsere Anlagen typischerweise in der elektrotechnischen Industrie eingesetzt, um Generator- und Transformatorkomponenten wie Kupferschienen, Kurzschlussringe oder Stäbe zu löten. Auch Klimageräte und Wärmepumpen und eine Vielzahl an Fahrzeugkomponenten wie Kraftstoff- und Brems- und Hydraulikleitungen, bis hin zu Teile für die Luft- und Raumfahrtindustrie werden induktiv präzise und wiederholgenau verlötet.

Welche Geräte können dafür eingesetzt werden?

Die von ENRX angebotenen Lösungen zum Induktionslöten bestehen in der Regel aus einem mobilen Minac- oder stationären Sinac-System. Beide Produktfamilien bieten eine große Bandbreite bei den verfügbaren Ausgangsleistungen und der Arbeitsfrequenz, sowie eine automatische Anpassung. Alle Geräte können über eine Digitalschnittstelle einfach mit einem Kobot, Industrieroboter oder Maschinensteuerung (SPS) verknüpft werden.



Löten mit einem ENRX-System. Beachten Sie, dass die Heizzone vollständig sichtbar ist. Das ist beim Flammlöten aufgrund der grellen Flamme nicht möglich.



Ein ENRX Minac lötet Generatorwicklungen. Die Mobilität von Minac und der tragbare Transformator machen es möglich auch an schwer zugänglichen Stellen zu löten.

Aushärten von Klebeverbindungen

Was ist Bonding?

Bonding bezeichnet das induktive Aushärten von Klebeverbindungen. Viele Strukturkleber in der Automobilindustrie härten unter Wärmeeinwirkung schneller aus. Deshalb wird das Verfahren häufig bei der Herstellung von Bauteilen wie Türen, Motorhauben und Kotflügeln eingesetzt. Auch Klebstoffe in Kompositmaterialien oder Kohlefaserverbundwerkstoffen können so ausgehärtet werden. Es gibt zwei Verfahren: Spot-Bonding, bei dem kleine Bereiche erhitzt werden, und Full-Ring-Bonding, bei dem die gesamte Klebestelle erwärmt wird.

Was sind die Vorteile?

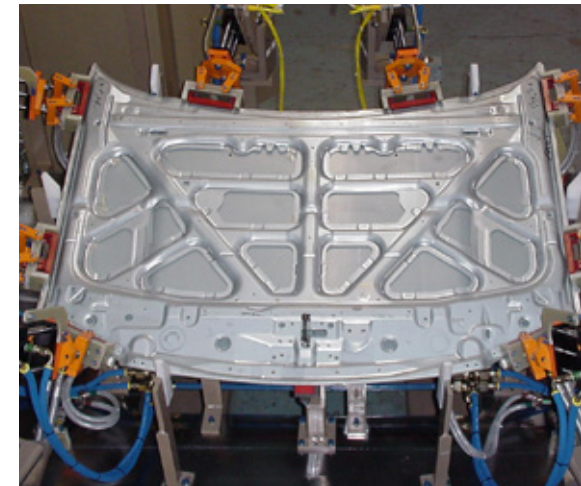
ENRX Spot-Bonding-Systeme ermöglichen präzise Wärmezufuhr, minimieren Wärmedehnung und reduzieren Spannungen. Elektronische Überwachung sorgt für gleichmäßige Aushärtung. Full-Ring-Bonding reduziert den Bedarf an Ersatzteilen durch Einheits-Induktionsspulen.

Wo wird es verwendet?

Induktives Kleben ist in der Automobilindustrie weit verbreitet, sowohl für Stahl- und Aluminiumbleche als auch für moderne Leichtbaumaterialien. Es wird zudem in der Elektro- und Weißwarenindustrie verwendet.

Welche Ausstattung steht zur Verfügung?

ENRX ist führend im Bereich Klebeverbindungen und hat das Spot-Bonding und den U-Coil®-Prozess entwickelt. U-Coil® sorgt für gleichmäßiges Erwärmen mit minimalem Verzug. ENRX bietet sowohl einzelne Systemelemente als auch Komplettlösungen an.



Zwei unserer Induktionssysteme zum Aushärten von Klebeverbindungen. Das obere Foto zeigt eine Fullbonding Station. Das untere Foto zeigt das Spot-Bonding, eine Methode, die von ENRX erfunden wurde.

Rohrschweißen

Was ist Induktionsschweißen?

Beim induktiven Schweißen wird Wärme elektromagnetisch in das Werkstück induziert. Die hohe Geschwindigkeit und Genauigkeit machen es ideal für das Längsnahtschweißen von Rohren. Dabei werden die Rohrkanten erhitzt und zusammengepresst, um eine durchgehende Schweißnaht zu bilden. Das Verfahren eignet sich besonders für hohe Produktionsvolumen. Alternativ können Rohrlängsnahtschweißanlagen auch mit Kontaktköpfen für dickwandige Rohre (Pipelines) ausgestattet werden.

Was sind die Vorteile?

Automatisiertes induktives Längsnahtschweißen ist ein zuverlässiger Prozess mit hohem Durchsatz. Der geringe Stromverbrauch und der hohe Wirkungsgrad der Schweißsysteme von ENRX reduzieren Ihre Kosten. Die Beherrschbarkeit und Reproduzierbarkeit minimieren den Ausschuss. Unsere Systeme sind zudem dennoch sehr flexibel – automatische Lastanpassung garantiert volle Ausgangsleistung über eine große Bandbreite an Rohrdimensionen. Durch den geringen Platzbedarf und kompakte Bauweise sind sie einfach in Produktionslinien zu integrieren oder nachzurüsten.

Wo wird es eingesetzt?

Induktionsschweißen wird in der Rohrindustrie zum Längsnahtschweißen von Rohren und Profilen der gängigsten schweißbaren Stahlsorten sowie auch rostfreiem Stahl (magnetisch und nicht magnetisch), Aluminium, Stählen mit niedrigem Kohlenstoffgehalt, hochfesten niedriglegierten Stählen und vielen anderen elektrisch leitfähigen Werkstoffen eingesetzt

Welche Ausstattung steht zur Verfügung?

Weldac ist die Produktreihe von ENRX für die bewährten Rohrschweißanlagen in Halbleitertechnologie. Die Weldac-Familie deckt ein breites Spektrum an Leistungsgrößen von 50 kW bis 2.200 kW und einen Frequenzbereich von 60-500 kHz ab. Die Inverter-Technologie aus Siliziumkarbid oder Bipolartransistor mit isoliertem Gate führt zu einem beeindruckenden Wirkungsgrad von bis zu 95 % vom Netz bis zur Induktionsspule, wodurch Energie gespart und auch der Kühlwasserverbrauch reduziert wird. Die kurzschlussfeste Ausführung sorgt für einen sicheren und zuverlässigen Betrieb.



Ein Weldac kann mit verschiedenen Induktionsspulen ausgestattet werden, die sehr einfach zu wechseln sind.

Glühen und Normalisieren

Was ist Induktionsglühen?

Bei diesem Vorgang werden Metalle erhitzt, die schon einmal erheblich bearbeitet wurden. Induktives Glühen reduziert die Härte, erhöht die Formbarkeit und verringert innere Spannungen. Bei Rohren und Pipelines wird das Full-Body-Annealing zum Glühen ganzer Werkstücke (Rohre) verwendet. Beim Seam Annealing (präziser: Seam Normalizing) wird nur die vom Schweißprozess hervorgerufene Wärmeeinflusszone behandelt.

Was sind die Vorteile?

Das induktive Spannungsarmglühen und Normalisieren ermöglicht schnelle, zuverlässige und lokal begrenzte Erwärmung, präzise Temperatursteuerung und einfache Integration in Produktionslinien. Mit Induktion werden verschiedene Werkstücke entsprechend genauer Spezifikationen behandelt, während externe Steuersysteme den Prozess durchgehend überwachen und die Daten aufzeichnen.

Wo wird es verwendet?

Die Verwendung von induktivem Spannungsarmglühen und Normalisieren ist in der Rohrindustrie weit verbreitet. Es wird auch zum Spannungsarmglühen von Drähten, Bandstählen, Messerklingen und Kupferrohren verwendet. Tatsächlich ist Induktion praktisch für jede Aufgabenstellung des Spannungsarmglühens perfekt geeignet.

Welche Ausstattung steht zur Verfügung?

Jedes System zum Spannungsarmglühen von ENRX wurde im Hinblick auf die Erfüllung spezieller Anforderungen konzipiert. Das Herzstück eines jeden Systems ist ein Sinac-Frequenzumrichter von ENRX, welcher über automatic load matching sowie einen gleichbleibenden Leistungsfaktor über den gesamten Leistungsbereich verfügt. Die meisten ausgelieferten Systeme beinhalten auch kundenspezifische Lösungen betreffend Bedienung und Steuerung.



Die schwenkbaren Induktionsspulen dieser Anlage von ENRX zum Normalglühen gewährleisten die zielgenaue Nachverfolgung des Verlaufs der Längsschweißnaht. Das Normalisieren ist ein wesentlicher Bearbeitungsschritt bei der Herstellung von Rohren für die Öl- und Gasindustrie.



Die flexible Anlagensteuerung hilft dabei, die Herausforderungen beim Glühen von Schweißnähten an der neuen Generation von API-Standardrohren zu meistern.

Vorwärmen

Was ist induktives Vorwärmen?

Induktives Vorwärmen erwärmt Materialien oder Werkstücke vor der Weiterverarbeitung. In der Kabel- und Drahtindustrie werden Kabeladern vor der Isolation und Bandstahl vor dem Beizen oder Verzinken vorgewärmt. Es macht Metalle vor dem Biegen weicher oder bereitet Werkstücke zum Schweißen vor. Mobile Lösungen ermöglichen das Schrumpfen von Wälzlagern ohne große Fügekräfte.

Was sind die Vorteile?

ENRX-Vorwärmsysteme sind äußerst effizient, was zu erheblichen Energieeinsparungen führt. Beim Vorwärmen von Stahlbändern sowie Kabeln und Leitungen sorgen Diodengleichrichter für einen konstanten Leistungsfaktor von 0,95 und eliminieren so Blindleistungskosten. Die Zykluszeiten sind kurz und die kontinuierliche automatische Anpassung bedeutet, dass ein einziger Induktor ein großes Produktspektrum abdecken kann. Die Systeme zum induktiven Vorwärmen sind kompakt und lassen sich leicht in bestehende oder geplante Produktionslinien integrieren.

Wo wird es verwendet?

Induktives Vorwärmen wird in der Automobil-, der mechanischen Industrie, der Luft- und Raumfahrtindustrie, der Elektrotechnik-, Weißwaren- sowie in der Schiffsbauindustrie verwendet. Einer der Hauptanwendungsbereiche ist das Vorwärmen für das Schweißen. Unsere mobilen Minac-Systeme werden im Offshore-Sektor für das Vorwärmen beim Schweißen vor Ort verwendet. Minac-Geräte werden regelmäßig zu Bohrschiffen und Flughäfen geflogen, wo sie Reparatur- und Wartungsarbeiten durchführen.

Welche Ausstattung steht zur Verfügung?

ENRX entwirft und baut spezielle Systeme zum Vorwärmen von Bandstahl, Drähten und Kabeln. Diese Systeme basieren normalerweise auf unseren Sinac-Geräten und haben vertikal oder horizontal angeordnete Induktoren. Kundenspezifische Lösungen sind ebenfalls möglich. Die mobilen und kompakten Minac-Geräte kommen beim Vorwärmen vor Ort auf Baustellen zum Einsatz.



Die Sinac von ENRX, ein Mittelfrequenz- Induktionswärmegerät, wärmt nahtlose Offshore Rohre vor, bevor diese beschichtet werden.



Kein Staub, keine Dämpfe, kein Lärm. Ein Induktionsgerät von ENRX erwärmt 170 Millimeter Anodenhalterungen..

Nachwärmern

Was ist induktives Nachwärmern?

Induktives Nachwärmern bezieht sich auf jeden Prozess, bei dem Induktion zum Erwärmen von Werkstücken oder Materialien verwendet wird, die bereits bearbeitet wurden. Metallteile und Schweißnähte zum Beispiel müssen oft nachgewärmt werden, um innere Spannungen zu verringern, die durch vorherige Prozesse entstanden sind. Induktives Nachwärmern wird auch zum Erwärmen von Kabeladern nach der Extrusion verwendet.

Welche Vorteile bietet es?

Aufgrund ihrer Geschwindigkeit, Vielseitigkeit, Präzision und Beherrschbarkeit ist Induktion für eine Vielzahl von Aufgabenstellungen des Nachwärmerns ideal geeignet. Unsere Systeme zum Nachwärmern von Kabeln und Drähten induzieren die Wärme direkt in die Kabelader. Dies führt zu einer extrem schnellen Vernetzung der Polymere der Isolation. Gleichzeitig verkleinert Induktion das Risiko von

Kabeldeformationen auf ein Minimum. Unsere mobilen Minac-Systeme bringen die Vorteile der Induktion zu explosionsgefährdeten Orten wie Bohrinseln.

Wo wird es verwendet?

Unsere Nachwärmelösungen werden hauptsächlich in der Kabel-, Draht- und Rohrindustrie, der Elektrotechnik, sowie in der Luft- und Raumfahrtindustrie verwendet. In der Automobilindustrie werden Ringe, Wellen, Gelenke und Getriebe nachgewärmt und korrosionsbeständige Brems Scheibenbeschichtungen ausgehärtet. Induktion wird auch für die Zinnbeschichtung mit dem Reflow-Verfahren eingesetzt.

Welche Geräte sind erhältlich?

Stationäre Sinac-Systeme von ENRX – mit zahlreichen Optionen und Steuer- und Bedienfunktionen – werden für Kabel- und Drahterwärmung, sowie für andere Anwendungen in der Massenproduktion eingesetzt. Mobile Minac-Systeme bringen Induktionswärmelösungen auch zu Bohrinseln, Windparks und zu Kraftwerken usw.



Die Vor-Ort-Nacherwärmung für die Öl- und Gasindustrie ist ein wachsendes Anwendungsgebiet für ENRX.

Schmieden

Was ist induktives Schmieden?

Induktives Schmieden nutzt Induktion, um Metallteile zu erhitzen, bevor sie durch Schmiedepressen oder -hämmer umgeformt werden.

Welche Vorteile bietet es?

Induktives Schmieden hat einige große Vorteile gegenüber dem Erwärmen im Ofen. Die Geschwindigkeit und Beherrschbarkeit von Induktion gewährleisten einen hohen Durchsatz. Induktion reduziert auch die Oxidation auf ein Minimum und hilft dabei, die metallurgische Unversehrtheit des Metalls zu erhalten. Und da Induktion präzise, gezielt auf die gewünschten Bereiche konzentrierte Wärme erzeugt, spart sie Energie. Durch ihre Gleichmäßigkeit und Reproduzierbarkeit ist Induktion ideal für die Integration in automatisierten Produktionslinien geeignet.

Wo wird es eingesetzt?

Induktives Schmieden ist im Maschinenbau und der Automobilzulieferindustrie weit verbreitet, um Blöcke, Stäbe und Stabenden zu erwärmen. Unter den

Metallen, die am häufigsten mit Systemen von ENRX geschmiedet werden, sind Aluminium, Messing, Kupfer, Stahl und Edelstahl.

Welche Anlagen werden eingesetzt?

Für Schmiedeanwendungen bietet ENRX Lösungen aus drei Produktreihen: HeatLine, Sinac und Minac. Die HeatLine-Reihe beinhaltet hier wiederum verschiedene Modelle, die speziell für das Schmieden von Blöcken, Stangen, Lenkstangen, Stabenden, Bolzen und vorgeformten Bauteilen in hohen Stückzahlen konzipiert wurden.



Heißer Schmiederohling nach einer Schmiedestation von ENRX



ENRX Schmiedemaschine für Stabenden (Anhängerkupplungen). In IGBT- und Thyristorausführung erhältlich.

Schmelzen

Was ist induktives Schmelzen?

Induktives Schmelzen ist ein Vorgang, bei dem Metall im Schmelztiegel eines Induktionsschmelzofens geschmolzen wird, bis es flüssig ist. Das geschmolzene Metall wird dann aus dem Schmelztiegel ausgegossen, normalerweise in eine Gussform.

Welche Vorteile bietet es?

Induktives Schmelzen ist extrem schnell, sauber und gleichmäßig. Wenn es richtig ausgeführt wird, ist induktives Schmelzen so sauber, dass es möglich ist, den Entschlackungsprozess, der bei anderen Methoden benötigt wird, zu überspringen. Die gleichmäßig ins Metall induzierte Wärme trägt zu einer hohen Qualität des Endergebnisses bei. Schmelzsysteme von ENRX weisen fortschrittliche ergonomische Merkmale auf. Sie machen den Arbeitsplatz nicht nur sicherer, sie erhöhen auch die Produktivität, indem sie den Schmelzvorgang beschleunigen und angenehmer machen.

Wo wird es eingesetzt?

Die induktiven Schmelzsysteme von ENRX werden in Gießereien, Universitäten, Labors und Forschungszentren verwendet. Die Systeme schmelzen alles, von Eisen- und Nichteisenmetallen bis zu nuklearen Materialien und medizinischen und zahnmedizinischen Legierungen.

Welche Geräte sind erhältlich?

ENRX bietet fünf verschiedene Bauarten von Induktionsschmelzöfen an, um den vielen verschiedenen Anforderungen beim Schmelzen gerecht zu werden: Schmelzöfen mit Einachsen-Kipptiegel, mit Zweiachsen-Kipptiegel, Schmelzöfen mit beweglichen Induktionsspulen, sowie Rollover- und Laboröfen.



Geschmolzenes Messing befindet sich in einem stationären Schmelztiegel aus Tongraphit, während sich der Induktor berührungslos um den Tiegel bewegt. Der Schmelztiegel dient gleichzeitig als Gießpfanne, wodurch eine Verunreinigung der Schmelze mit anderen Metallen vermieden wird.



Ein einachsiger ENRX-Kipptiegel-Ofen kann Eisen- und Nichteisenmetalle wie Kupfer- und Aluminiumlegierungen schmelzen. Verschiedene Modelle erfüllen unterschiedliche Kapazitätsanforderungen und sind mit leicht austauschbaren Standardtiegeln oder geramten Auskleidungen verfügbar.

Richten mit Induktion

Was ist induktives Richten?

Induktives Richten benutzt eine Induktionsspule, um räumlich begrenzte Wärme in vordefinierten Erwärmungszonen zu erzeugen. Wenn diese Zonen dann abkühlen, ziehen sie sich zusammen und ziehen dabei das Metall in einen glatteren Zustand.

Welche Vorteile bietet das?

Induktives Richten ist extrem schnell und mit bis zu 50% Zeitersparnis gegenüber herkömmlichen Methoden. Es ermöglicht präzises Arbeiten, ohne umliegende Materialien zu beeinflussen, was die Produktivität steigert. Zum Beispiel müssen bei LKW-Fahrgestellen hitzeempfindliche Teile nicht entfernt werden.

Wo kann es verwendet werden?

Induktionserwärmung wird weithin zum Richten von Schiffsdecks und Schotten verwendet. In der Baubranche werden damit Träger gerichtet. Induktives Richten wird vermehrt in der Herstellung und bei der Reparatur von Lokomotiven, Schienenfahrzeugen und Schwerlastfahrzeugen verwendet.

Welche Geräte sind erhältlich?

ENRX bietet Terac-Systeme für das Richten von Schiffen an, inklusive Frequenzumrichter, Kühlsystem und „Deck-Heating-Unit“. Für kleinere Aufgaben gibt es mobile Einheiten, und für andere Branchen stehen Minac-Induktionsgeräte zur Verfügung.



Die Terac funktioniert für Schotten und andere vertikale Strukturen genauso gut wie für Decks. Für eine noch ergonomischere Bedienung kann an dem oben abgebildeten Handtransformator eine Zugentlastung montiert werden, die mit einem Magnet oder Drahtseil fixiert ist.



Das Terac-System von ENRX gewährleistet einen reibungslosen Betrieb – die Terac verhindert, dass magnetischer Stahl überhitzt wird. Außerdem produziert die Terac keine giftigen Gase an der Wärmequelle. Es wird auch kein Lärm erzeugt.

Fügen und Schrumpfen

Was ist induktives Schrumpfen?

Induktives Schrumpfen nutzt die Wärmeausdehnung, um Metallteile präzise zu montieren oder zu demontieren. Dabei dehnt sich das Material beim Erwärmen aus und zieht sich beim Abkühlen zusammen, was einen sicheren Prozess gewährleistet.

Was sind die Vorteile?

Induktives Erwärmen bietet hohe Prozesssicherheit, konsistente Montage und schnelle Demontage. Es minimiert das Risiko von Ovalität, ist energieeffizient und unterstützt Nachhaltigkeitsziele. Die präzise Steuerung von Erwärmkurven verbessert Effizienz und Bauteilqualität

Einsatzgebiete des induktiven Schrumpfens?

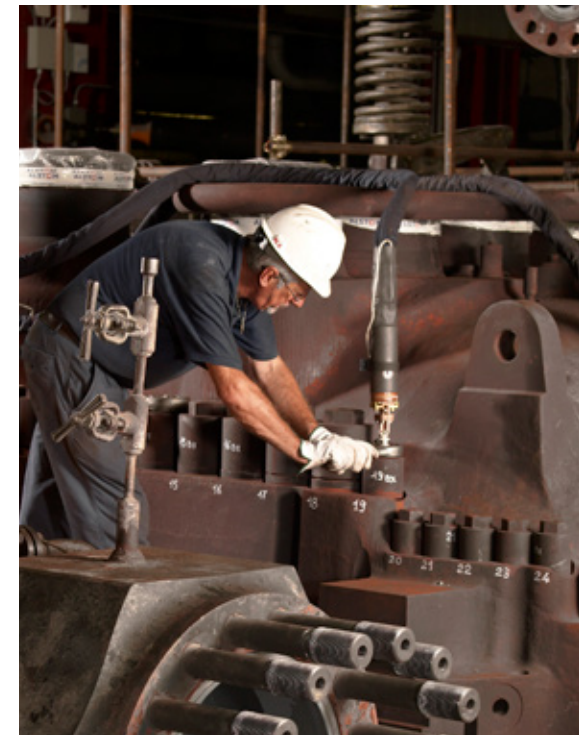
Induktives Schrumpfen wird bei Zahnrädern, Lagerringen und Motorgehäusen eingesetzt sowie in der Wartung von Windkraftwerken, Eisenbahnen, Automobilen, Offshore-Anlagen und Flugzeugen. Es wird auch zum Lösen oder Anziehen von Dehnschrauben in Kraftwerken verwendet.

Welche Anlagen können eingesetzt werden?


Mit zwei mobilen Produkten, Minac und Ventac, bieten wir vielseitige Lösungen für Ihre Schrumpf-Aufgaben an, die Flexibilität für den Einsatz vor Ort bieten. Unser stationäre Sinac-Anlagenreihe ist für Serienaufgaben auf maximale Effizienz anpassbar und gewährleistet eine gleichmäßige und kontrollierte Wärme für viele Schrumpfanwendungen.



Die luftgekühlte Induktionsanlage Ventac ist ideal für Schrumpfanwendungen.



Ein Beispiel für die Schrumpfmontage: ENRX-Geräte lösen große Schrauben und Muttern in einem Bruchteil der Zeit, die eine herkömmliche Gas- oder Widerstandsheizung benötigt.



Er wird nicht heiß und berührt auch nicht das Werkstück. Aber wie kann ein Induktor dann Metall innerhalb von Sekunden kirschrot zum Glühen bringen?

Wie funktioniert es?

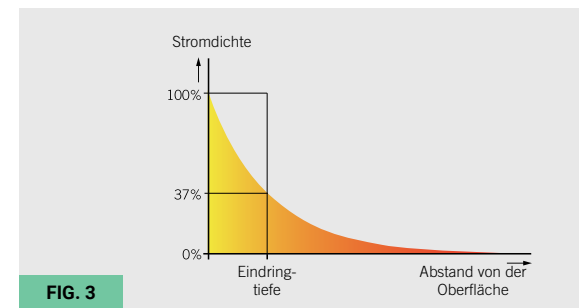
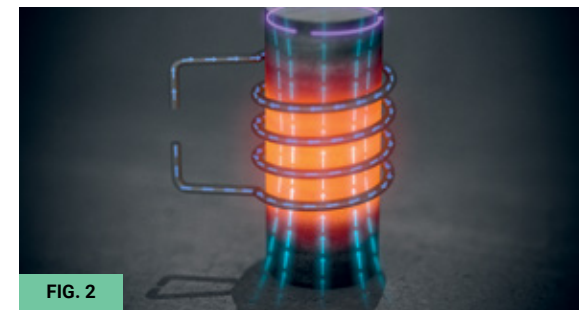
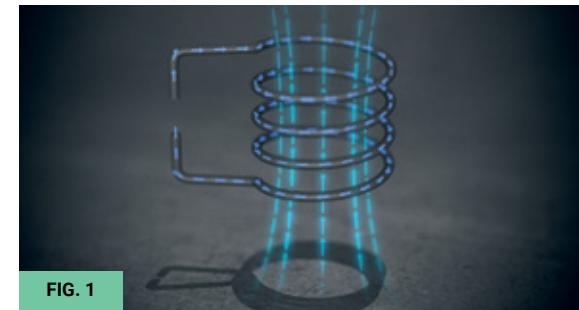
Induktion ist eine flammenlose, berührungslose Erwärmungsmethode, die einen präzisen definierten Bereich einer Metallstange innerhalb von Sekunden zum Glühen bringen kann. Wie ist das möglich?

Durch eine Spule fließender Wechselstrom erzeugt ein Magnetfeld. Die Stärke dieses Feldes schwankt in Abhängigkeit von der durch die Spule fließenden Stromstärke. Das Magnetfeld ist auf den von der Spule umschlossenen Bereich konzentriert; sein Ausmaß hängt von der Stärke des Stroms und der Anzahl der Wicklungen in der Spule ab. (Abb. 1)

Wirbelströme werden in ein elektrisch leitfähiges Objekt, z.B. eine Metallstange, induziert, das in eine Spule eingeführt wird. Bedingt durch den elektrischen Widerstand wird Wärme in dem Bereich, in dem die Wirbelströme fließen, erzeugt. Erhöht man die Stärke des Magnetfeldes, erhöht man den Erwärmungseffekt. Allerdings wird der gesamte Erwärmungseffekt auch von den magnetischen Eigenschaften des Objekts und seinem Abstand von der Spule beeinflusst. (Abb. 2)

Die Wirbelströme erzeugen ihr eigenes Magnetfeld, das dem von der Spule erzeugten Feld entgegengerichtet verläuft. Dieser Gegensatz hält das ursprüngliche Feld davon ab, sofort ins Zentrum des von der Spule umschlossenen Objekts einzudringen. Die Wirbelströme sind an der Oberfläche des erwärmten Gegenstandes am aktivsten, werden aber in Richtung Zentrum deutlich schwächer. (Abb. 3)

Der Abstand zwischen der Oberfläche des erwärmten Gegenstandes zu der Tiefe, in der die Stromdichte auf 37% fällt, ist die Eindringtiefe. Die Eindringtiefe korreliert umgekehrt proportional zur Frequenz. Deswegen ist es besonders wichtig, die richtige Frequenz zu wählen, um die gewünschte Eindringtiefe zu erhalten.



„The smarter heat“ – Induktion nutzt die grundlegenden elektromagnetischen Gesetze, um kontrollierbare Wärme direkt im Werkstück zu erzeugen. Der Induktor berührt dabei nie das Werkstück.

Die beste Lösung auswählen

Wie effizient ist induktive Erwärmung wirklich? Welche Frequenzen passen am besten zu Ihrer Anwendung? Der Leitfaden unten wird Ihnen einen Einblick in das Potenzial der Induktion geben. Um mehr zu erfahren, kontaktieren Sie einfach die nächstgelegene ENRX Niederlassung.

Wieviel Energie benötigen Sie?

Bevor Sie Ihren Energiebedarf errechnen können, müssen Sie folgendes wissen:

- Die Art der Werkstoffe (Stahl, Kupfer, Messing, etc.)
- Die Abmessungen des Werkstückes
- Gewünschte stündliche Produktion
- Gewünschte Endtemperatur

Errechnen Sie Ihren Energiebedarf

Schritt 1 Bestimmen Sie die spezifische Wärmekapazität des Werkstoffs. Abb. 1 zeigt Kurven für einige weit verbreitete Werkstoffe.

Schritt 2 Multiplizieren Sie den Wärmeinhalt mit der von Ihnen gewünschten stündlichen Produktionsleistung (kg/h). Das Ergebnis ist Ihr spezifischer Energiebedarf.

Schritt 3 Sie können nun den Gesamtwirkungsgrad des Induktionsgeräts ermitteln. Einige typische Wirkungsgradbereiche der Induktionserwärmung für gängige Werkstoffe sind in der Abb. 2 aufgelistet. Dividieren Sie Ihren spezifischen Energiebedarf durch den Wirkungsgrad des Geräts. Das Resultat ist Ihr gesamter Energiebedarf.

Leistungsberechnung

Beispiel: Erwärmung von magnetischem Stahl

- Gewicht 0,5 kg
- Temp 20 °C to 1200 °C (68 °F – 2192 °F)
- Zeit: 60 Sekunden

Tabelle: Bei 1200 °C => Pxt = 0.250 kWh/kgm

$$\text{Leistung: } P_{wp} = \frac{0.25(\text{kWh/kg}) \times 0.5(\text{kg}) \times 3600\text{s}}{60 \text{ sec}} = 7.5\text{kW}$$

$$P_{\text{generator}} = \frac{7.5 \text{ k}}{n} = \frac{7.5 \text{ k}}{0.7} = 10.7 \text{ kW}$$

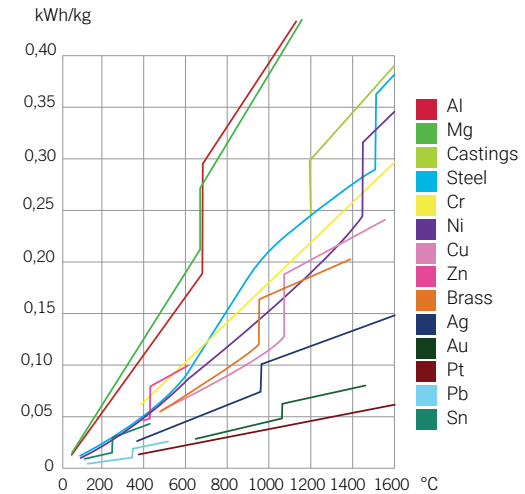


Abb. 1. Wärmeinhalt für verschiedene Werkstoffe.

Material	Zieltemp. °C	Wirkungsgrad
Stahl	1250	0.65
Stahl	700	0.80
Rostfreier Stahl	1250	0.60
Messing	800	0.50
Kupfer	900	0.40
Aluminium	500	0.40

Abb. 2 zeigt typische Wirkungsgrade der Induktionserwärmung. Die angegebenen Werte basieren auf umschließenden Induktionsspulen. Verschiedene Spulendesigns und Windungszahlen beeinflussen den Wirkungsgrad. Der Wirkungsgrad von Kupfer liegt üblicherweise bei 0,1 bis 0,2, abhängig von den verwendeten Induktoren.

Auswahl der richtigen Frequenz

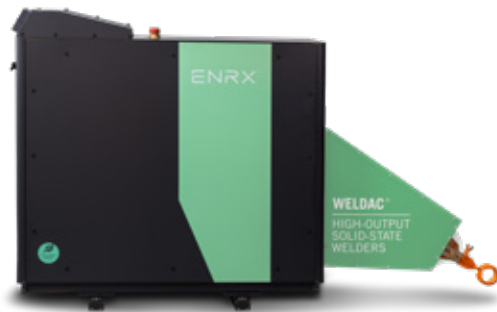
Bei der Induktionserwärmung ist die Wahl der Frequenz entscheidend, da die Frequenz die Eindringtiefe der Wärme bestimmt. Diese Tabelle zeigt den empfohlenen Frequenzbereich für die Erwärmung einiger gängiger Materialien.

Material					Frequenz
Stahl – nicht magnetisch	Stahl – magnetisch	Messing	Kupfer	Aluminium und Al-Legierungen	
Zieltemperatur. 1,200°C · Ø mm	700°C · Ø mm	800°C · Ø mm	850°C · Ø mm	500°C · Ø mm	Hz
150–500	27–75	110–	50–	50–	50
60–250	8–35	35–440	22–800	22–800	500
40–175	6–25	30–300	15–600	15–600	1,000
25–100	3.5–14	15–180	9–350	9–350	3,500
20–85	2.5–10.5	10–130	7–260	7–260	5,000
14–60	2–8.5	8–100	5–180	5–180	10,000
10–40	1.5–5.5	6–75	3–125	3–125	20,000
5–22	0.7–3.0	3.5–40	2–75	2–75	60,000
4–17	0.5–2.0	2.5–30	1.5–60	1.5–60	100,000
1.8–8	0.2–1.0	1.2–15	0.6–20	0.6–20	500,000

Eine Produktfamilie für jeden Bedarf

Unsere Induktionserwärmungsanlagen sind in fünf Produktfamilien gruppiert. Damit lassen sich praktisch alle Herausforderungen der industriellen Fertigung an eine induktive Erwärmung meistern. Sollte eine Anwendung doch einmal so speziell sein, dass wir keine fertige Lösung haben, entwickeln wir mit unseren Kunden gemeinsam ein eigenes Induktionserwärmungssystem.

HEATLINE
Industrielle Induktionserwärmungssysteme



WELDAC
Hochleistungs-Rohrschweißgeneratoren



MINAC
Universelle mobile Generatoren für die induktive Erwärmung



VENTAC
Mobil luftgekühlte Induktionserwärmungsanlage



SINAC
Universelle stationäre Generatoren für die induktive Erwärmung



HARDLINE
Anlagen zur induktiven Wärmebehandlung

Einige unserer Kunden

ENRX-Geräte wurden für den Bau und die Wartung von großen Lagerringen für Windkraftanlagen, bis hin zu winzigen Komponenten in Luxusarmbanduhren verwendet. Nachfolgend finden Sie eine unvollständige Liste einiger ENRX-Kunden. Fallbeispiele und Kundenreferenzen aus der ganzen Welt sind bei Ihrer nächstgelegenen ENRX-Niederlassung erhältlich.

ABB	CHESS	Fincantieri	IFAPowertrain	Mercedes Benz	S.N.R.	Swarovski
AirTac	CPOC	Ford	Indar	Metalor	SAAB	Technip
Alcatel	DAF	Fraunhofer-Institut	ISI Airbag	Miba	Saint Gobain	Tenaga National
Alstom	Daimler	GCME	Jaguar Land Rover	Mitec	Sandvik	Thyssenkrupp
Andritz Hydro	Danfoss	Gearbox del Prat	John Deere	Mitsubishi	Sauer Sundstrand	Tianjin Pipe International
Ansald	Delphi	Geislinger	Johnson Control	MTU	Savoilor	Timken
ArcelorMittal	Deutsche Bahn	Gelenkwellenwerk Stadtilm	Jos L. Meyer	Mubea	SCANIA	Toshiba
Ashok Leyland	DEUTZ	General Electric	Joseph Vögele	Nexans	Schaeffler	Toto
Aston Martin	Dongfang Electrical	General Motors	JTEKT	Nexteer	Schneeberger	TOYOTA
Audi	Machinery	Getrag	KBP Kettenwerk	Nippon Steel	Shanghai Baosteel	Transformer
Autocam	DongfangElectric	GKN	KmB Technologie	NIPPON OIL	Shanghai Turbine	TRW
Avesta Sandvik Tube	Dongfeng	Greatwall	KME	NISSAN	Generator	Vallourec
Baosteel	Dongfeng-Nissan	Gree	Kobelco	NSK	ShanghaiElectric	Vestas
Bartell Machinery	Dongying Dongyi	Grundfos	Komatsu	NTN	Shawcor	Visteon
Benteler	Doosan	Häggglunds	Kongsberg Automotive	OAO 'Electrosila'	SHELL	Voestalpine
BHEL	Dörrenberg Edelstahl	Hair	Koni	Opel	Showa	Voith
BMW	Dreister	Halberg Precision	KS Kolbenschmidt	Padana	Showcor	Volkswagen
Bodycote	Edelstahlwerke	Haldex Garphyttan	Lankhorst Indutech	PETRONAS	Siemens	Volvo
Boehler	Südwestfalen	Hanomag	Läppl	Pratt & Whitney	SKF	Vyksa Steel Works
Bombardier	Electricity generating	HarbinElectric	Linamar Antriebstechnik	PT Inti Gandi Perdana	Skoda	Wanxiang
Borg Warner	authority of Thailand EGAT	Heidelberg	Linde	Sulzer	SNR	Wanxiang Qianchao
Borusan	EMD Curtiss Wright	Druckmaschinen	LUK	PTT	Splintex	Wazhou
Bosch	Electro-Mecha. Corp.	Hilti	Magna	Renault	Sprimag	WEG
BPW	ENQUEST	Hitachi	Mahle	Retezarna	Stabilus	Weigl Antriebstechnik
Brakes India	EXXONMOBIL	Hoerbiger Antriebstechnik	Maillefer	Rieckermann	Stellantis	Whirlpool
Burseryds Bruk	FAG	Hörmann Industrietechnik	Malakoff Power	Rockinger	Stihl	XinqianglianSlewing
Busatis	Fardis	HQM Haertetechnik	MAN	Roctool	STX Europe	ZF
Caterpillar	FAW	Hydro Aluminium	Mannesmann	Roth Technik	Sumitomo	Zhuzhou Electric
Changzhou XD	Federal-Mogul	Hyundai	Marcegaglia	Rothe Erde	Suzlon	
Chery	Ferrovaz	I.S.R.	MAZDA	Rover Group	Suzuki	



Über ENRX

ENRX ist ein globales Green-Tech-Unternehmen, das auf Induktion basiert. Wir bieten induktive Erwärmung, kabelloses induktives Laden und berührungslose Leistungsübertragung mit geringem oder keinem CO₂-Fußabdruck für nahezu jede Anwendung in der Mobilität und Fertigung.

THE RIGHT ENERGY CAN TAKE YOU ANYWHERE • [ENRX.COM](https://enrx.com)

ENRX[®]