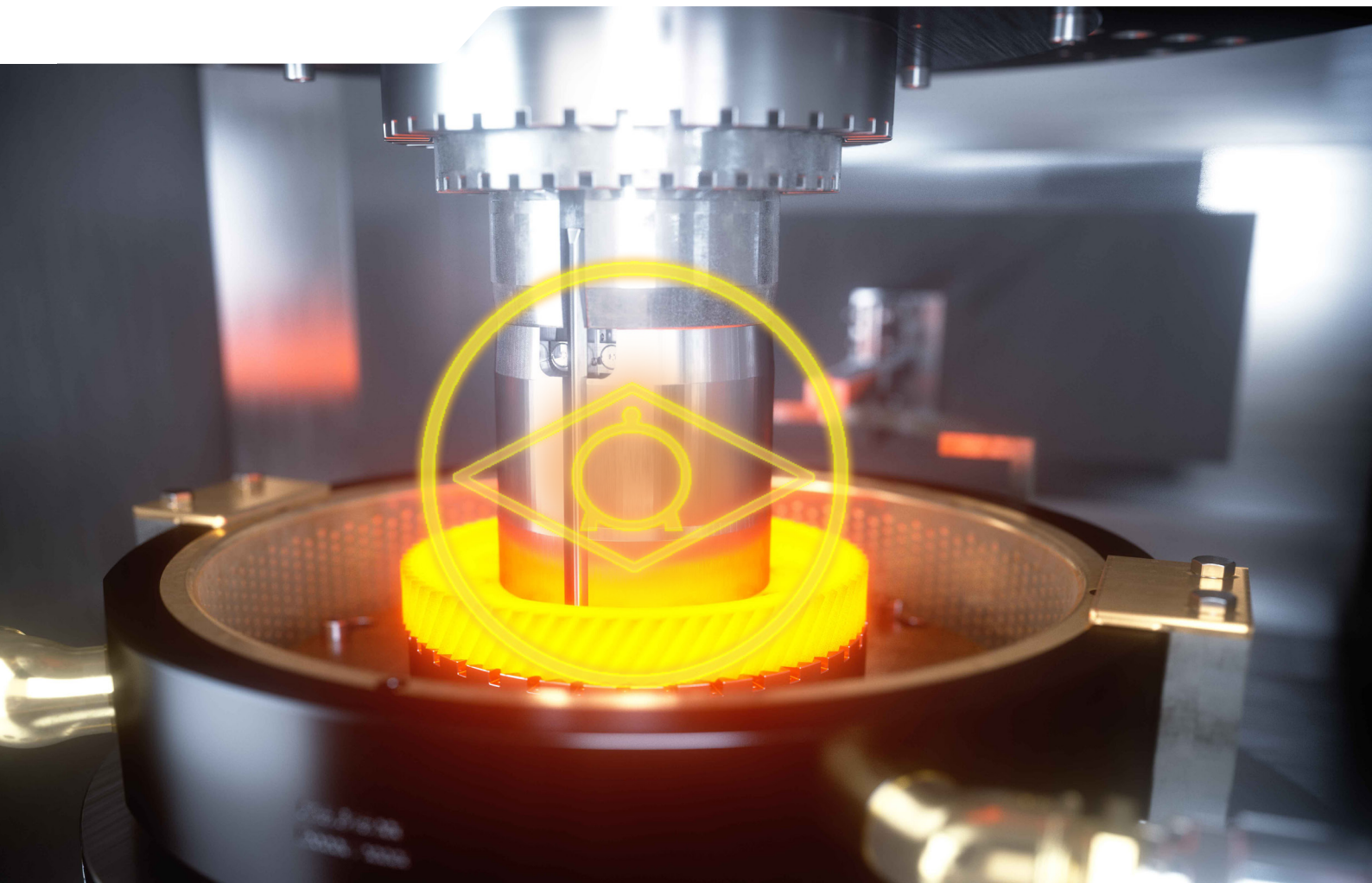


Grundlagen der Induktionserwärmung

Kundeninformation





Inhaltsverzeichnis

Vorwort	4	
EMA-Leistungsspektrum	5	
Induktionserwärmungs- und Härteanlagen		5
IGBT-Umrichter mit digitaler Wechselrichtersteuerung		5
After Sales Service	5	
EMA-Produkte: Induktionserwärmungsanlagen	6	
EMA-Produkte: Anwendungsbereiche für EMA-Umrichter	7	
Werkstoffkunde	8	
Kohlenstoffgehalt der Stähle	8	
Bezeichnungssystem für Stähle		8
Gefügearten von Eisenlegierungen		8
Eisen-Kohlenstoff-Zustandsdiagramm		9
Wärmebehandlung	10	
Gefüge der Stähle bei Erwärmung		10
Wärmebehandlungsarten		11
Glühen		11
Härten		12
Vergüten.....		12
Härten der Randzone		13
Induktive Erwärmung in Theorie und Praxis	14	
Elektromagnetische Induktion		14
Eindringtiefe (Skin-Effekt)	14	
Vorteile der Induktionserwärmung		14
Induktoren	15	
Induktionshärten mit EMA-Anlagen	16	
Hallenlogistik	18	
Aufstellort, Fundament und Platzbedarf		18
Umgebungsbedingungen		18
Energie- und Versorgungsanschlüsse		18
Kühlwasser- und Brauseverbindungen		19
Druckluft und Schutzgas		19
Kabelkanäle und Steuer- bzw. Leistungskabel, Online-Anbindung	19	
Energieversorgung	19	
Absaugung	19	
Transport und Lagerung	20	
Wartung, Instandhaltung und Kundendienst		20
Verfügbarkeit von Werkstücken und Ersatzteilen		20
Auffangwannen	20	
Sicherheit der Anlage	21	
Montage und Abnahme der Anlage		21
Kühlwasser und Abschreckmittel	22	
Kühlwasserspezifikationen		22
Abschreckmittel	23	
Produktsicherheit	24	
Umweltschutz	26	
Werkstückuntersuchung	27	
Personalbedarf und Schulungen	28	
Übersicht über Werkstoffe und Fertigungsverfahren		29
After Sales Service, Kontaktdaten	30	

Vorwort

Diese Broschüre soll allen, die keine oder wenig Erfahrungen mit Induktionserwärmungs- und Härteanlagen haben, den Einstieg in das Thema erleichtern und nützliche Informationen zu den wichtigsten Punkten geben.

Nach einem Überblick über das EMA-Leistungsspektrum erfolgt eine Einführung in die Werkstoffkunde der Stähle und die Wärmebehandlung. Danach wird das Thema „Induktion“ behandelt. Weiter geht es mit einer Beschreibung der wichtigsten Punkte der konkreten Produktion mit EMA-Produkten (Hallenlogistik, Hilfs- und Betriebsstoffe, Sicherheit an den Anlagen und Umweltschutz sowie die Werkstoffprüfung). Zum Schluss gibt es dann noch Informationen zu Personalbedarf, Qualifikationen und Schulungen.

Über uns

EMA Indutec ist Spezialist und Komplettanbieter von Induktionserwärmungsanlagen und Frequenzumrichtern. Bereits seit 80 Jahren ist unser Unternehmen Garant für Innovationskraft, Stärke und Kooperation. Aus einem ehemals kleinen Reparaturbetrieb in Hirschhorn im Neckartal bei Heidelberg hat sich im Laufe der Jahrzehnte ein international erfolgreiches Maschinenbauunternehmen mit weltweit rund 130 Beschäftigten und zwei Produktionsstandorten in Deutschland und China entwickelt.



Seit Anfang 2024 sind wir ein stolzer Teil der amerikanischen ParkOhio Gruppe.

An unserem heutigen Firmensitz in Meckesheim bei Heidelberg stehen wir für die Entwicklung von zukunftsweisenden induktiven Wärmebehandlungsprozessen und Verfahrensoptimierungen.

Als Komplettanbieter fertigt EMA Indutec Maschinen- und Sonderanlagen zum Härten, Anlassen und Vergüten sowie Frequenzumrichter für verschiedene Anwendungsfelder wie Erwärmen, Schmelzen, Schmieden und für Rinnenöfen. Abgerundet wird das Leistungsprogramm durch Nebenaggregate wie Rückkühlanlagen, Mess- und Steuersysteme, Waschanlagen sowie Be- und Entladeeinrichtungen.

Die weltweite Montage und Wartung der Anlagen ist bei EMA Indutec mit einer gut ausgestatteten Service-Abteilung in besten Händen.



EMA-Leistungsspektrum im Überblick

Induktionserwärmungs- und Härteanlagen

- seit ca. 80 Jahren Erfahrung in der induktiven Wärmebehandlung
- weltweit über 10.000 Induktionssysteme im Dauereinsatz
- Entwicklung und Herstellung aus einer Hand
- wirtschaftliche und hoch zuverlässige Systeme
- geringer Energieverbrauch
- präzise und reproduzierbare Härteergebnisse
- hoher Durchsatz
- exakt bestimmbare Erwärmungszonen
- sehr verzugsarme Wärmebehandlungsprozesse
- extrem zunderarme Härtezone durch Wärmebehandlung unter Schutzgas
- einfachste Integration in Produktionslinien
- Reduzierung von Fertigungsstückkosten
- benutzerfreundliche Einstellung, Umrüstung und Wartung
- FEM-Simulation
- Anwendungsbereiche
 - » Randschichthärten
 - » Anlassen und Vergüten
 - » Härten und Kalibrieren
 - » Härten unter Schutzgas
 - » Aufschrumpfen
 - » Fixturhärten
- weitere Anlagenteile
 - » IGBT-Umrichter
 - » Rückkühlanlage für das Kühlwasser
 - » Rückkühlanlage für das Abschreckmittel
 - » Mess- und Steuersysteme
 - » Be- und Endladesysteme (optional)
 - » Waschanlagen für Werkstücke (optional)
 - » Absaugeinrichtungen (optional)

IGBT-Umrichter¹ mit digitaler Wechselrichtersteuerung, Typ TIV²

- Leistungsbereich von einem Kilowatt bis zu mehreren Megawatt
- Frequenzen von einem Hz bis 400 kHz
- Arbeitsbereiche vom 0,5 bis zum 1,2 fachen der Nennfrequenz
- leichte Integration in unterschiedliche Fertigungssysteme
- alle üblichen Steuerungsschnittstellen erhältlich
- schnelle und einfache Bedienung
- hohe Energieeffizienz und hoher Wirkungsgrad
- präzise und reproduzierbare Energiedosierung
- schneller Austausch von Alt- und Fremdgeräten
- kundenspezifische Lösungen und Sonderanlagen
- geringe Service- und Instandhaltungskosten
- vielfältiges Zubehör
- Anwendungsbereiche (siehe Seite 7)

After Sales Service

- globaler Service mit Hotline
- leistungsstarkes und kompetentes Servicecenter
- präventiver Wartungsservice
- smarte Remote-Control-Lösungen
- effiziente Ersatzteil-Konzepte
- kundenspezifisches Anlagen-Retrofit
- Induktorentwicklung, Bau- und Reparaturservice
- Remote Assist
- Schulungen für Bediener, Wartungspersonal und Induktionsexperten – auch vor Ort

¹) IGBT = Insulated bipolar transistor
= Bipolartransistor mit isolierter Gate-Elektrode

²) TIV = Transistor inverter voltage

EMA-Produkte – Induktionserwärmungsanlagen (Beispiele)



Tucana



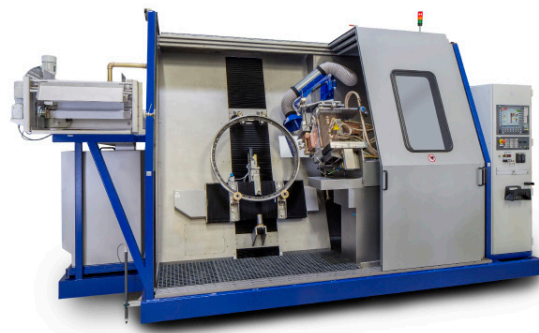
Taurus



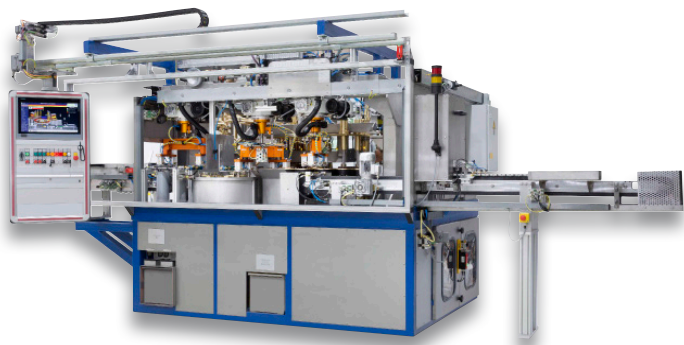
Lupus



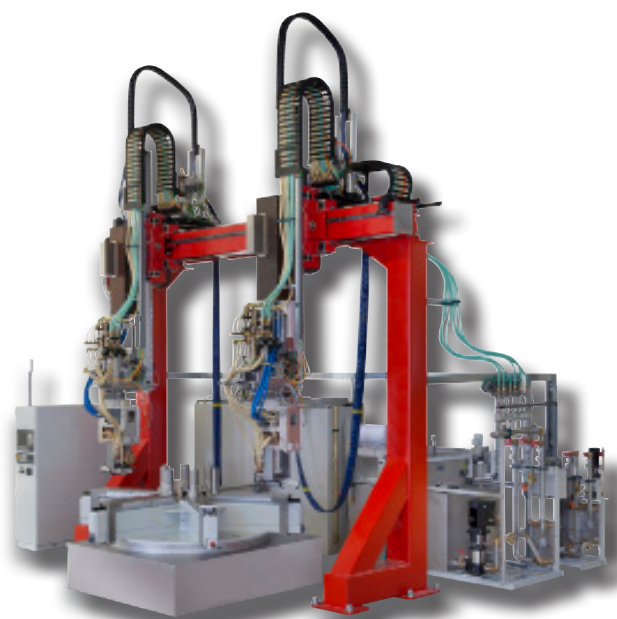
Vela



Libra – schrägestellt



Aquila

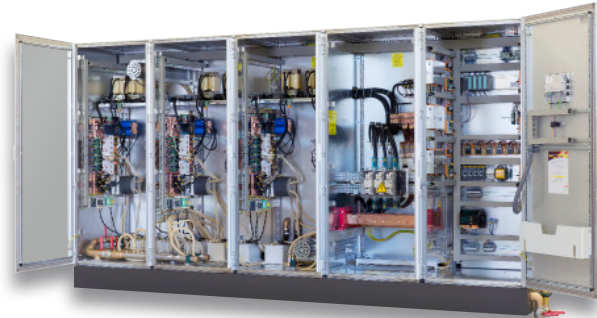
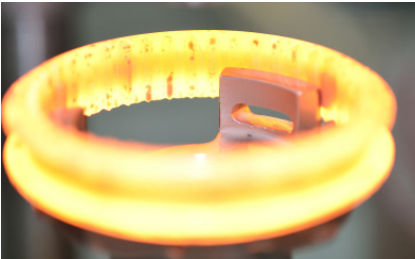


Libra – horizontal

EMA-Produkte – Anwendungsbereiche für EMA-Umrichter

Härten, Anlassen, Vergüten

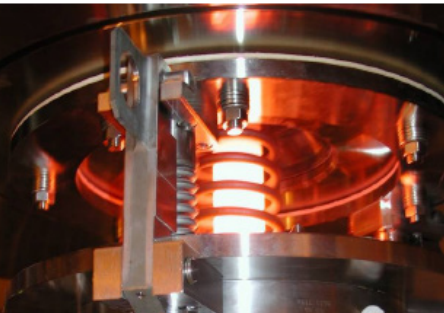
- Beispiele siehe Seiten 16 bis 17



IGBT-Umrichter

Erwärmen

- Schrumpfen
- Glaserwärmung
- Beschichten und Trocknen
- Bänder, Kabel und Drähte



Schmelzen

- Tiegel-Öfen
- Labor-Öfen
- Vakuum-Öfen



Rinnenöfen

- Kupfer- und Kupferlegierungen
- Aluminium und Aluminiumlegierungen
- Stähle



Schmieden und Umformen

- Blöcke und Stangen
- Rohre und Rohrenden
- Schienen



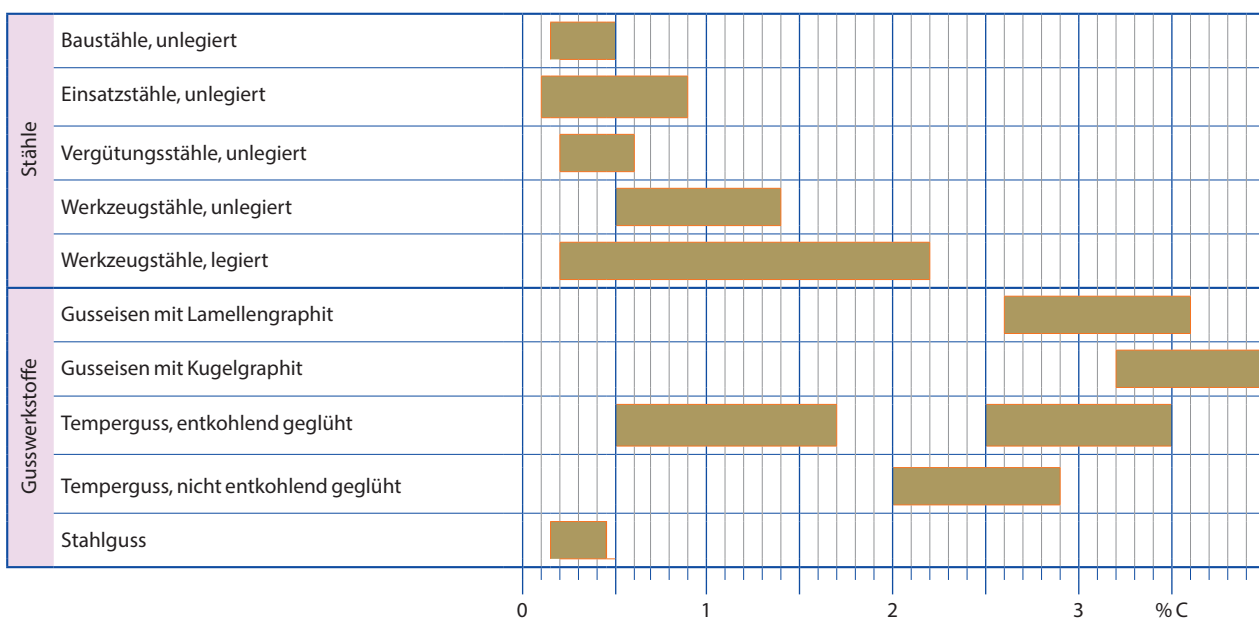
billetXpress

Kohlenstoffgehalt der Stähle

Der Kohlenstoffgehalt der Stähle und Eisengusswerkstoffe beeinflusst zusammen mit den anderen Legierungselementen das Gefüge. Das Gefüge ist maßgebend für die mechanischen Eigenschaften (z.B. Zähigkeit, Sprödigkeit, Härte, Zugfestigkeit oder Verschleißfestigkeit) und für die fertigungstechnischen Eigenschaften (z. B. Umformbarkeit, Zerspanbarkeit, Schweißbarkeit oder Härbarkeit).

Bezeichnungssystem für Stähle

Die Bezeichnung der Stähle ist in Europa einheitlich durch die Normen SN EN 10027 festgelegt. Teil 1 legt den Aufbau der Kurznamen, Teil 2 den Aufbau der Werkstoffnummern fest. Die Kurznamen richten sich entweder nach dem Verwendungszweck und den Eigenschaften oder nach der chemischen Zusammensetzung der Stähle.



Gefügearten von Eisenlegierungen

Kohlenstoff ist das wichtigste Legierungselement des Eisens und der Stähle. Fast alle technisch genutzten Eisenlegierungen enthalten Kohlenstoff. Schon relativ geringe Kohlenstoffgehalte reichen aus, um das Gefüge und die Eigenschaften des Eisens deutlich zu verändern. Kohlenstoff kann in Eisenlegierungen in verschiedener Form vorkommen: gelöst im Mischkristall oder ausgeschieden in Form von elementarem Kohlenstoff (Graphit) oder in Form von Carbiden (= Zementit = Fe_3C).

Untersucht man das Gefüge von langsam abkühlendem Eisen stellt man fest, dass es je nach C-Gehalt unterschiedliche Gefügearten besitzt:

Technisches reines Eisen bildet ein Gefüge, das Ferrit genannt wird. Es ist weich, leicht umformbar und magnetisierbar.

Eisen mit 0,1 % bis 2,06 % Kohlenstoff nennt man Stahl. Stahl enthält den Kohlenstoff nicht in reine

Form, sondern als Eisencarbid (Fe_3C). Man nennt diesen Gefügebestandteil Zementit. Er ist hart und spröde.

Bei geringem C-Gehalt in Stahl von weniger als 0,8 % scheidet sich der Zementit in Form dünner Streifen (Streifen-Zementit) aus, die einzelne Ferritkörner durchziehen. Dieses Gefüge heißt wegen seines perlmuttartigen Aussehens Perlit. In Stahl mit 0,8 % Kohlenstoff sind alle Ferritkörner mit Streifen-Zementit durchzogen. Stähle mit weniger als 0,8 % Kohlenstoff haben ein Gefüge, das Ferrit- und Perlitkörner enthält. Man bezeichnet es als Ferrit-Perlit-Gefüge.

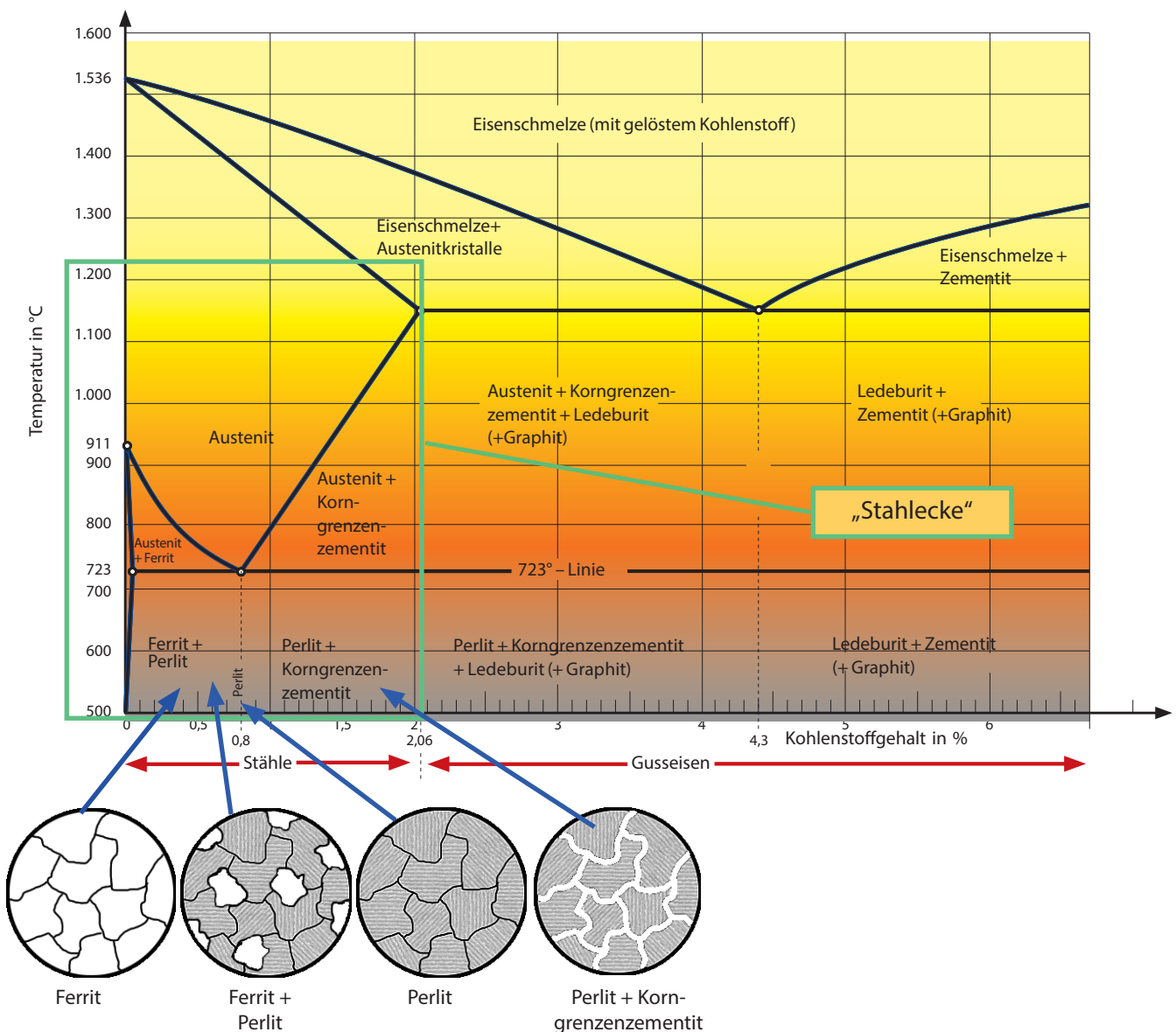
Stähle mit mehr als 0,8 % Kohlenstoff enthalten soviel Kohlenstoff, dass sich zusätzlich zum Streifen-Zementit in den Perlitkörnern auch noch Zementit an den Korngrenzen ablagert (Korngrenz-Zementit). Je größer der Zementitanteil ist, umso härter, aber auch spröder ist der Stahl.

Werkstoffkunde

Eisen-Kohlenstoff-Zustandsdiagramm

Beim Erwärmen von Eisenwerkstoffen über 723 °C treten, zusätzlich zu den schon genannten Gefügearten, weitere Arten auf. Einen Überblick welche Gefügeart bei einer bestimmten Temperatur und einem bestimmten C-Gehalt auftritt, gibt das Eisen-Kohlenstoff-Zustandsdiagramm. Beim Überschreiten bzw. Unterschreiten einer Gefügebegrenzungslinie wandelt sich das Gefüge um.

Gefügeart	Gefügeeigenschaft
Ferrit	max. 0,02 % Kohlenstoff, weich, zäh, gut verformbar, geringe Festigkeit, magnetisch, korrosionsunbeständig
Perlit	Gemisch aus 88 % Ferrit und 12 % Zementit (dunkle Streifen) mit 0,83 % Kohlenstoff, hohe Festigkeit
Zementit = Fe ₃ C = Eisencarbid	ab 4,3 % Kohlenstoffanteil, hart, spröde, nicht verformbar
Austenit	kann bei 1.147 °C bis zu 2,06 % an Kohlenstoff lösen; austenitischer Stahl ist bei Raumtemperatur stabil, wenn genügend Legierungselemente (Cr, Ni, Mn) enthalten sind; sehr zäh, gut verformbar, hochwarmfest, unmagnetisch, korrosionsbeständig



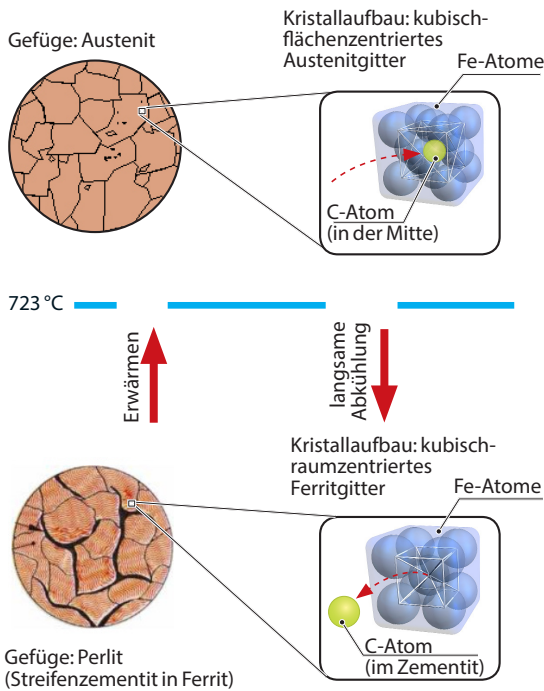
Wärmebehandlung

Durch Wärmebehandlung können die Eigenschaften von Stählen und Eisen-Gusswerkstoffen in gewünschter Weise verändert werden.

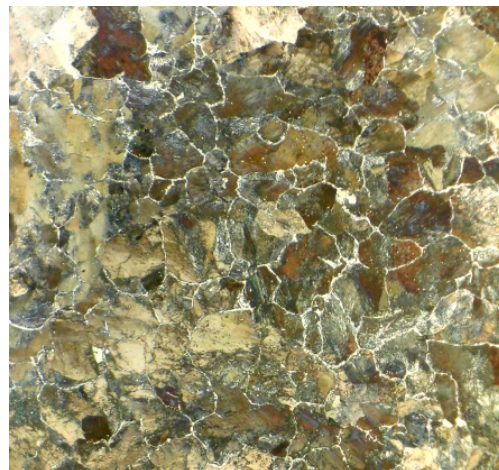
Besonders die Härte, Festigkeit, Bearbeitbarkeit und Haltbarkeit von Werkstoffen lassen sich verbessern. Die Ursache für diese Verbesserungen liegt in der Veränderung des Werkstoffgefüges.

Gefüge der Stähle bei Erwärmung

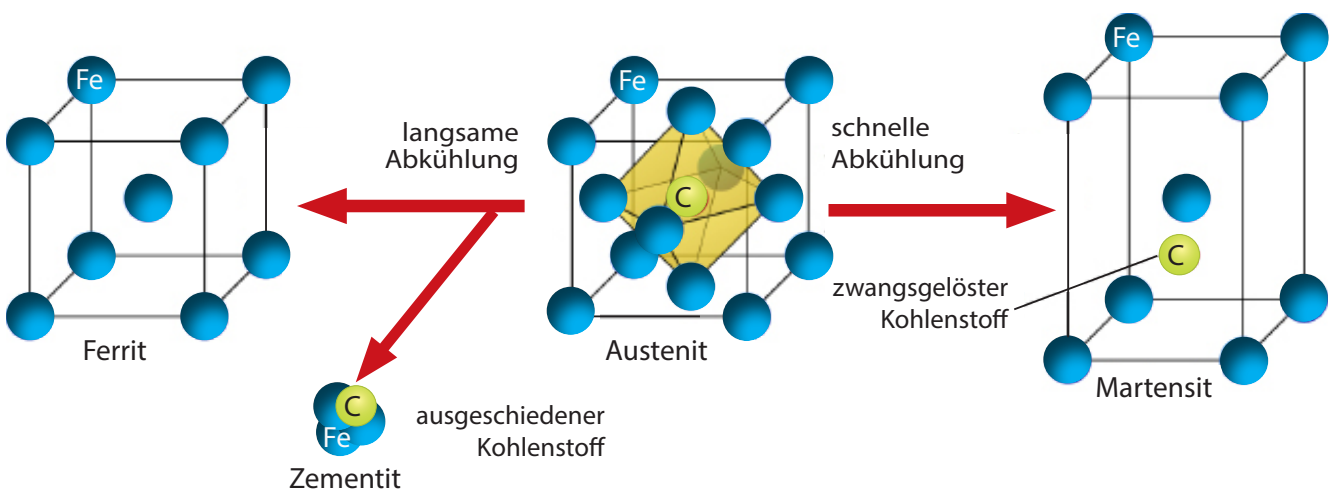
Stähle werden wärmebehandelt, um bestimmte Eigenschaften zu verbessern. Dabei laufen im Werkstoff vielfältige Vorgänge ab. Erwärmt man Stahl auf über 723 °C wandelt sich sein Gefüge um. Ursache dafür sind Veränderungen des Kristallgitters. Aus dem kubisch-raumzentrierten Perlit-Gitter entsteht das kubisch-flächenzentrierte Austenitgitter. In die frei werdende Würfelmittle lagert sich ein C-Atom ein und es entsteht ein Mischkristall. Austenit ist zäh, leicht umformbar und nicht magnetisierbar. Bei langsamer Abkühlung laufen die beschriebenen Vorgänge umgekehrt ab.



Gitter- und Gefügeänderung eines Stahls mit 0,8 % Kohlenstoff bei 723 °C



Schliffbild von Perlit (Streifenzenit in Ferrit)



Gefügeänderungen beim Abkühlen

Wärmebehandlung

Wärmebehandlungsarten

Als Wärmebehandlung bezeichnet man eine durch Wärmeeinwirkung hervorgerufene bleibende Gefüge- und Eigenschaftsänderung.

Die wichtigsten Verfahren sind: Glühen, Härten, Vergüten, Nitrieren (wird hier nicht beschrieben) und das Härten der Randzone.

Unter Glühen versteht man die Wärmebehandlung eines Werkstücks bei festgelegter Temperatur unter Berücksichtigung einer bestimmten Haltedauer und anschließender langsamer Abkühlung.

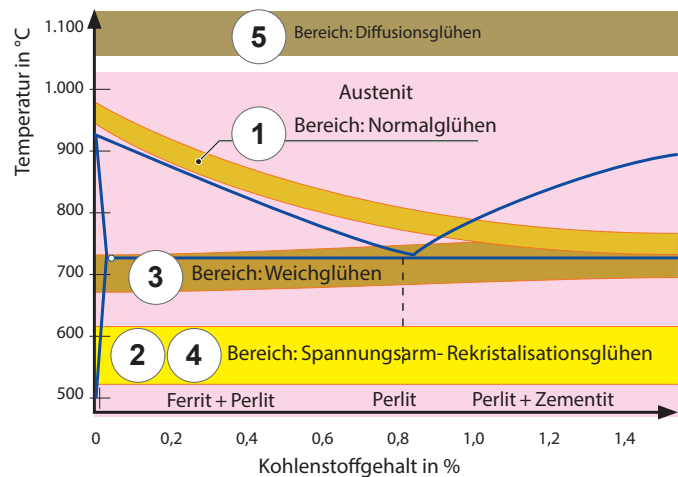
Man unterscheidet zwischen folgenden Glühverfahren:

Das Normalglühen (1) wird hauptsächlich nach vorausgegangener Warmumformung von Bauteilen vorgenommen. Durch das Normalglühen soll die Einstellung eines feinkörnigen Ferrit-Perlit-Gefüges erreicht werden. Dadurch können grobkörnige und ungleichmäßige Gefügestrukturen in neue, homogene und feine Strukturen überführt werden. Man glüht je nach C-Gehalt bei 750 °C bis 950 °C.

Das Spannungsarmglühen (2) dient dem Abbau von Eigenspannungen im Werkstück als Folge von Kaltverformung, Gefügeumwandlung, thermischer Beanspruchung oder spannabhebender Bearbeitung. Das Spannungsarmglühen wird üblicherweise zwischen 550 °C und 650 °C bei ausreichend langen Haltezeiten und nachfolgender sehr langsamer Abkühlung durchgeführt.

Wesentliche Änderungen des Gefüges und der mechanischen Eigenschaften finden nicht statt.

Unter Weichglühen (3) versteht man ein Glühen bei einer Temperatur von 680 °C bis 750 °C und einem danach folgendem langsamen Abkühlen, um einen möglichst weichen Zustand zu erzielen. Hierbei soll körniger Perlit entstehen, ein weiches Gefüge, welches die beste Verarbeitbarkeit bei spanloser Umformung und bei Zerspanung ergibt.



Glühtemperaturen unlegierter Stähle, eingezeichnet im Eisen-Kohlenstoff-Zustandsdiagramm

Das Rekrystallisationsglühen (4) wird angewandt, wenn ein durch Kaltverformung verzerrtes Gefüge wieder in einen unverzerrten Gefügezustand zurückgeführt werden soll.

Unter Diffusionsglühen (5) versteht man ein langzeitiges Glühen bei 1.050 °C bis 1.250 °C. Es dient dazu, beim Vergießen von großen Eisengusswerkstücken eingetretene Konzentrationsunterschiede zu reduzieren.



Induktive Rohrglühanlage

Wärmebehandlung

Härten

Härten ist eine Wärmebehandlung die Stähle hart und verschleißfest macht. Vor allem Werkzeuge und auf Verschleiß beanspruchte Bauteile werden gehärtet. Das Härten besteht aus mehreren Arbeitsgängen. Zuerst wird das Werkzeug auf Härtetemperatur erwärmt und ggf. bei dieser Temperatur gehalten. Dann wird es abgeschreckt, das heißt in Wasser oder Öl getaucht. Dadurch wird der Stahl sehr hart, aber auch spröde und bruchempfindlich. Deshalb wird das Werkstück anschließend angelassen, das heißt auf Anlassstemperatur erwärmt. Im Allgemeinen ist das Ziel einer Anlassbehandlung die Erhöhung des Formänderungsvermögens gehärteter Bauteile sowie eine Verminderung des Rissrisikos. Danach lässt man das Werkstück an der Luft abkühlen.

Innere Vorgänge beim Härten (siehe auch untere Grafik auf der Seite 10):

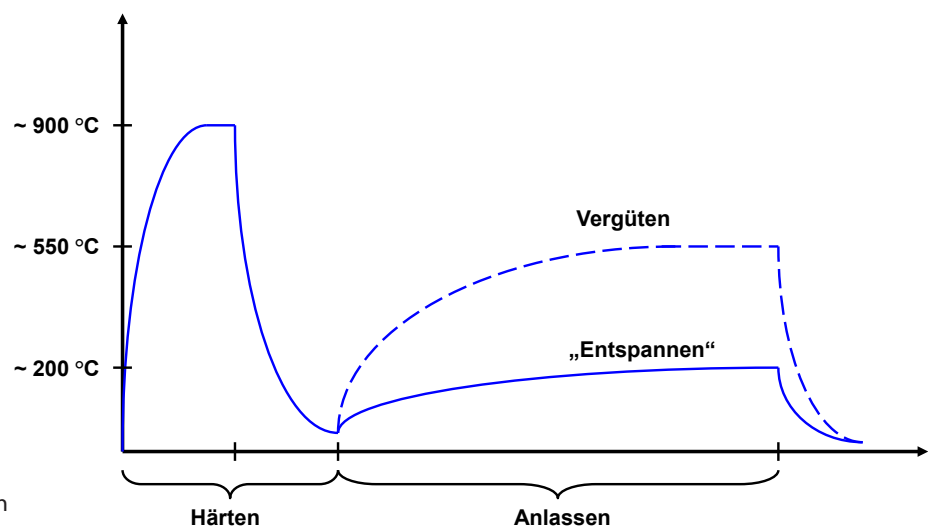
Beim Erwärmen wandelt sich das kubisch-raumzentrierte Ferrit-Gitter in das kubisch-flächenzentrierte Austenit-Gitter um. Der freiwerdende Platz in der Kristallmitte wird von einem C-Atom besetzt. Wird der austenitische Stahl sehr rasch abgekühlt (abgeschreckt), klappt das kubisch-flächenzentrierte Austenit-Gitter schlagartig in das kubisch-raumzentrierte Ferrit-Gitter um. Das C-Atom in der Mitte hat keine Zeit aus dem Gitter herauszuwandern. Es befindet sich nun ein C-Atom und zusätzlich ein Eisenatom in der Gittermitte. Dadurch wird das Kristallgitter stark verzerrt. Es entsteht ein nadeliges Gefüge, das man Martensit nennt. Martensit ist sehr hart, aber spröde und entsteht nur, wenn im Stahl mindestens 0,2 % Kohlenstoff enthalten sind. Bei bestimmten hochlegierten Stähle führt schon die Abkühlung an der Luft zur Martensit-Bildung.

Vergüten

Bauteile, die hoher und schlagartiger Belastung ausgesetzt sind, benötigen hohe Festigkeit und gleichzeitig große Zähigkeit. Diese Eigenschaften erzielt man durch Vergüten der dazu geeigneten Vergütungsstähle mit einer Wärmebehandlung aus Härten und anschließendem Anlassen auf Temperaturen zwischen 500 °C und 700 °C. Die Anlasstemperaturen liegen deutlich höher als beim Anlassen nach dem Härten. Zum Vergüten werden unlegierte und legierte Stähle verwendet. Unlegierte Vergütungsstähle enthalten 0,2 % bis 0,6 % Kohlenstoff, legierte Vergütungsstähle zusätzlich geringe Anteile an Chrom, Molybdän, Nickel oder Mangan.

Innere Vorgänge beim Vergüten:

Nach dem Abschrecken liegt nadelartiger Martensit vor. Beim Anlassen auf 400 °C zerfällt ein Teil davon in feinstverteilten Ferrit und Zementit-Nadeln, die sich im restlichen Martensit ausscheiden. Mit zunehmender Anlassstemperatur schreitet der Martensit-Zerfall voran. Beim Anlassen auf 550 °C zerfällt er vollständig in Ferrit und Zementit-Nadeln. Bei 700 °C schließlich ballen sich die Zementit-Nadeln zu Zementit-Körnern.



Vergleich Härten, Anlassen und Vergüten

Wärmebehandlung

Härten der Randzone

Das Härten der Randzone eines Werkstückes wird angewandt, wenn das Werkstück eine harte und verschleißfeste Randzone, aber einen hochfesten und zähen Kern benötigt. Dies ist bei Werkstücken erforderlich, deren Oberflächen auf Verschleiß beansprucht sind und die stoßartige und wechselnde mechanische Belastungen tragen müssen, wie z. B. Wellen, Bolzen, Zahnräder oder Gleitbahnen.

Beim Randschichthärten wird eine dünne Außenschicht des Werkstücks aus härtbarem Stahl durch eine starke Wärmezufuhr rasch erwärmt und durch sofortiges Abschrecken gehärtet. Es entsteht dadurch Martensit. Die tiefer liegenden Werkstückbereiche sind in der kurzen Aufwärmzeit noch nicht genügend erwärmt und bleiben ungehärtet. Die Randschichterwärmung erfolgt mit unterschiedlichen Verfahren:

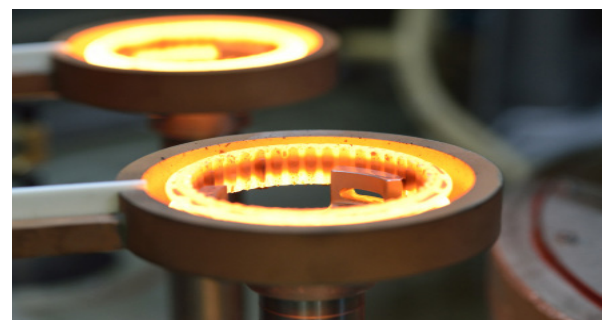
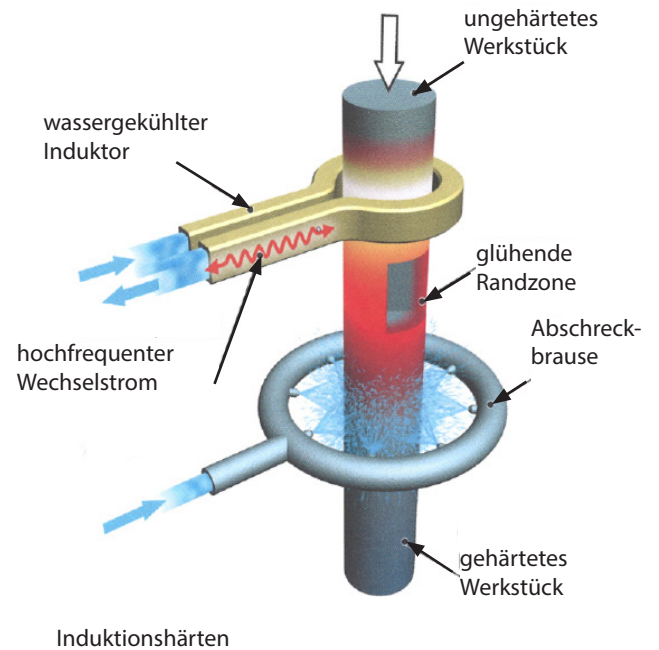
Beim **Induktionshärten** mit EMA-Anlagen wird die Wärme durch Wirbelströme in der Randschicht des Werkstücks erzeugt. Die Wirbelströme werden durch das Feld einer Induktionsspule hervorgerufen, in der ein hochfrequenter Wechselstrom fließt. Die Eindringtiefe kann durch die Wechselfrequenz des Stromes eingestellt werden. Zum Induktionshärten eignen sich insbesondere dreh-symmetrische Bauteile.

Das Laserhärten ab ca. 0,3 % C-Anteil wird zum Randschichthärten kleiner Bereiche, wie z. B. den Lagerzapfen einer Welle, eingesetzt.

Beim Flammhärten wird die Randschicht mit starken Brennerflammen erwärmt und mit einer Wasserbräuse abgeschreckt.

Beim Einsatzhärten wird die Randschicht eines kohlenstoffarmen Stahls mit Kohlenstoff angereichert (aufgekohlt) und anschließend gehärtet. Man erhält dadurch ein Werkstück mit gehärteter kohlenstoffreicher Randschicht und einem kohlenstoffarmen, ungehärteten und zähen Werkstückkern.

Zum Aufkohlen werden Stähle mit 0,1 % bis 0,2 % C-Gehalt verwendet, die eigentlich nicht härtbar sind. Die Werkstücke werden in kohlenstoffabgebenden Einsatzmitteln über mehrere Stunden bei 880 °C bis 980 °C geglüht. Dabei diffundiert Kohlenstoff in die Randschicht ein, die dadurch härtbar wird. Als Einsatzmittel verwendet man feste Stoffe (Koks-Holz-kohle-Granulat), flüssige Stoffe (stark giftige Cyansalzschmelzen) oder Gase (Mischungen aus CO und H₂). Durch das anschließende Härten und Anlassen erhalten die aufgekohlten Werkstücke dann die gewünschten Gebrauchseigenschaften. Nur die Randschicht wird gehärtet, der Werkstückkern bleibt ungehärtet und zäh.

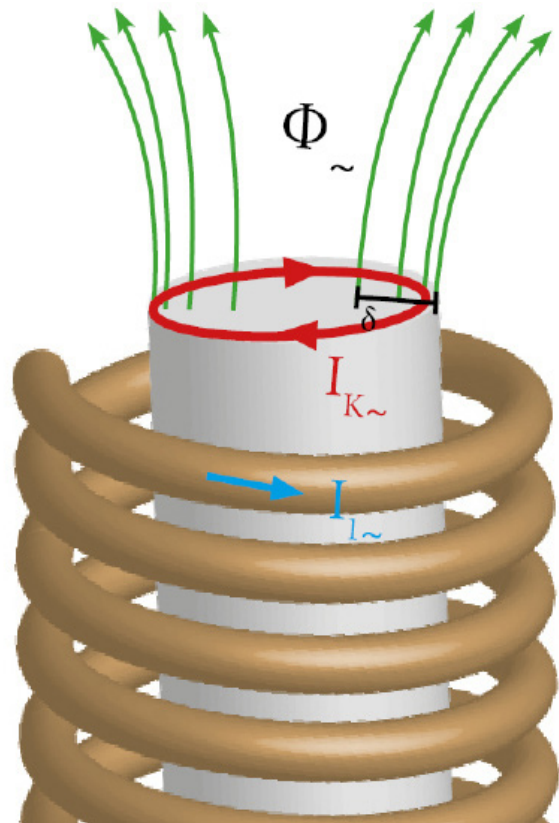


Wärmebehandlung

Elektromagnetische Induktion

Bewegt man einen elektrischen Leiter so durch ein ruhendes magnetisches Feld, dass der Leiter die Feldlinien schneidet, so wird im Leiter eine elektrische Spannung induziert. Oder: Ändert sich das Magnetfeld um den elektrischen Leiter, so wird ebenfalls im Leiter eine elektrische Spannung induziert. Induktion entsteht also infolge eines Magnetfeldes, welches von einer Spule erzeugt wird.

Um das Werkstück herum befindet sich eine Spule aus Kupfer (Induktor), durch die unter hohem Druck Kühlwasser läuft. Wird am Induktor eine Wechselspannung angelegt, fließt ein Strom I_{\sim} und dadurch entsteht ein magnetisches Wechselfeld Φ_{\sim} . Dieses induziert im leitfähigen Werkstück einen ringförmigen Wirbelstrom $I_{K\sim}$ und das Werkstück wird bei genügend hoher Intensität erhitzt. Der Strom fließt immer am Außenumfang eines Werkstücks. Der Grad der Erwärmung kann über die Stromstärke in der Spule und über die Dauer der Stromzufuhr beeinflusst werden.



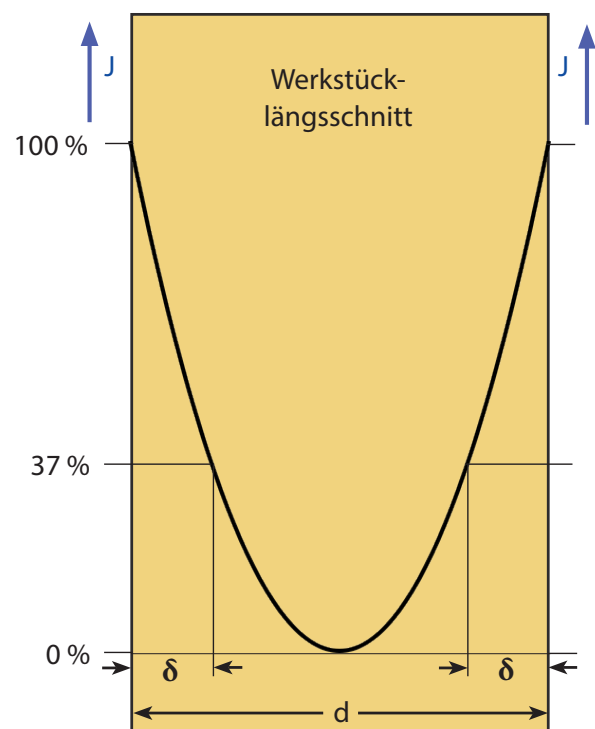
Eindringtiefe (Skin-Effekt)

Der Skin-Effekt (von engl. Skin für Haut) ist ein Effekt in von höherfrequentem Wechselstrom durchflossenen elektrischen Leitern. Durch ihn ist die Stromdichte J im Inneren eines Leiters niedriger als in äußeren Bereichen.

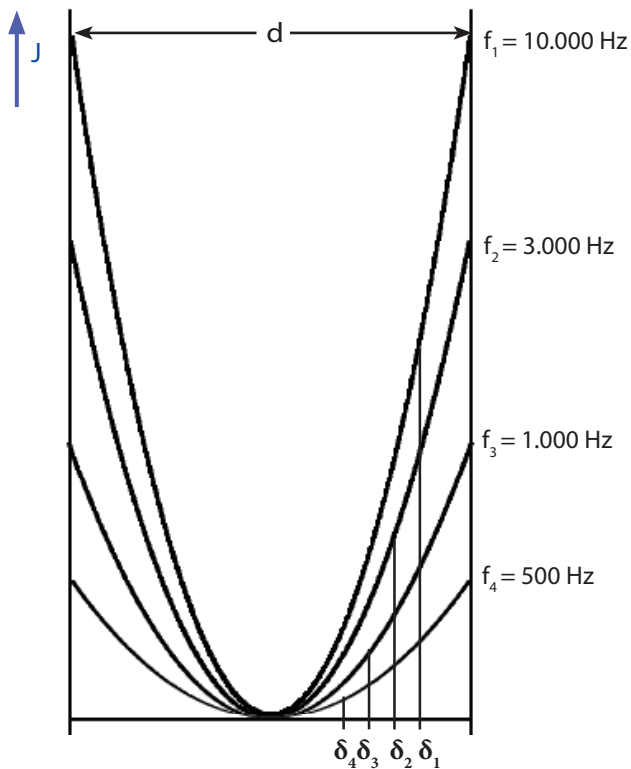
Die Ursache für den Skin-Effekt ist, dass die in den Leiter eindringenden Wechselfelder aufgrund der hohen Leitfähigkeit des Materials schon vor dem Erreichen des Leiterinneren weitgehend gedämpft werden.

Der induzierte Wirbelstrom nimmt exponentiell zum Zentrum hin ab. Die Stromeindringtiefe oder Skin-Tiefe δ ist die Entfernung von der Oberfläche, bei der die Stromdichte auf 37 % ihres Maximalwertes abgesunken ist. Im Zentrum ist der induzierte Strom immer Null.

Die Eindringtiefe δ lässt sich aus folgenden Parametern berechnen: werkstückspezifische Parameter wie spezifischer elektrischer Widerstand und Permeabilitätszahl (Maß für magnetische Stärke) sowie der Wechselfrequenz der Energieversorgung.



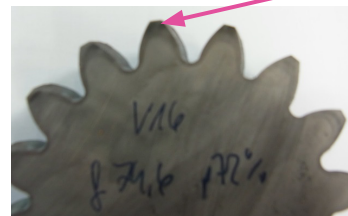
Induktive Erwärmung in Theorie und Praxis



Die Eindringtiefe der Induktion hängt vor allem von der Frequenz der Wechselfspannung ab: Je hochfrequenter der Strom, umso geringer die Eindringtiefe und somit auch die Einhärtetiefe.
 Praxisorientierte Richtwerte der richtigen Frequenz für die benötigte Eindringtiefe können mit Hilfe von Tabellen ermittelt werden.

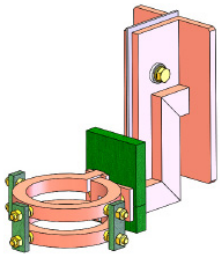


Frequenz: 20 kHz
 Leistung: 170 kW

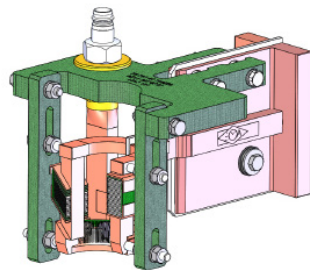


Frequenz: 70 kHz
 Leistung: 145 kW

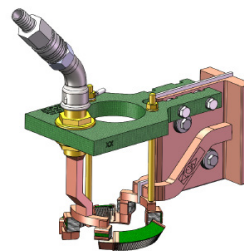
EMA-Induktoren (Beispiele)



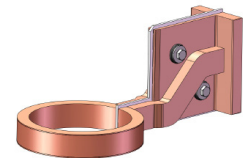
für Gelenknaben



für Gelenkgehäuse



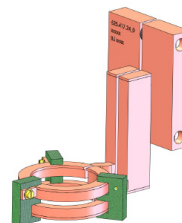
für Radlagerflansche



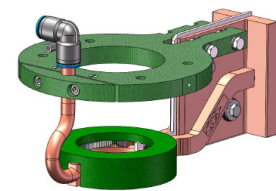
für Schiebemuffen

Vorteile der Induktionserwärmung:

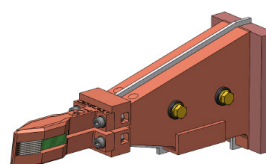
- direkte Wärmeerzeugung im Werkstück,
- keine Übertragungsverluste,
- Energieeinsparung,
- höchste Produktionsraten,
- exakte Steuerung,
- keine Emissionen,
- hohe Leistungsdichten,
- hohe Prozesstemperaturen,
- große Aufheizgeschwindigkeiten.



für Einzelnocken



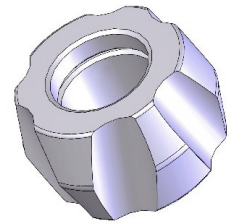
für Nockenwellen



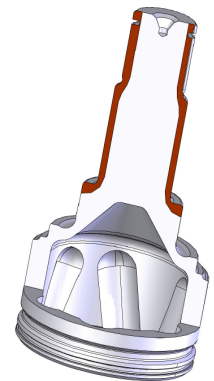
für Einzelzahnhärtungen

Induktionshärten mit EMA-Anlagen (Beispiele)

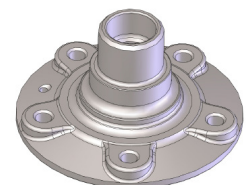
Gelenknaben können in sehr kurzen Taktzeiten vollautomatisch an Laufbahnen und Innenverzahnung gehärtet und angelassen werden. Die Gelenknabe kann auch unter Schutzgas in einem Gehäuse bearbeitet werden. Auf diese Weise wird die Verzunderung der Bauteiloberfläche stark reduziert. Die Einheit ist auch für bestehende Anlagen jederzeit nachrüstbar. EMA Indutec bietet Konzepte zum Härten und Anlassen von einer bis drei Gelenknaben gleichzeitig an, angepasst an die Bedürfnisse des Kunden. Auf einer dreibahnigen Härteanlage können bis zu drei unterschiedliche Bauteile gleichzeitig bearbeitet werden. Dies garantiert höchste Flexibilität bei bestmöglicher Ausbringung und Stellfläche.



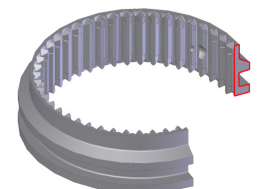
Das Gelenkgehäuse und die Gelenknabe bilden gemeinsam den Grundbaustein für ein homokinetisches Gelenk. Wie bei der Gelenknabe sind kurze Taktzeiten und hohe Produktivität gefragt. Auch hier kann das Gelenkgehäuse mit den EMA Indutec-Härteanlagen unter Schutzgas bearbeitet werden. Ein Vorteil der sich auszahlt, denn die Nachbearbeitung der Glocke wird dadurch deutlich vereinfacht. Zur Bearbeitung von Gelenkgehäusen bietet EMA Indutec ausgereifte Konzepte zum Härten oder zum Härten mit Anlassen. Die Anlagen werden an die Bearbeitungsaufgaben angepasst und können verschiedenste Prozesse reproduzierbar ausführen. Die kompakten Anlagen lassen sich optimal in die vorhandene Fertigungslinie integrieren. Ausgestattet sind die Anlagen mit einer Waschbox und einer Bauteiltrocknung, die für beste Ergebnisse und schnelle Weiterbearbeitung sorgen.



Die Anlagen zum Härten und Anlassen von Radlagerkomponenten zeichnen sich durch hohe Flexibilität und sehr gute Ausbringung aus. So besteht die Möglichkeit, in einer Anlage Radlagerflansche und Außenringe induktiv zu härten und mit einem speziellen Verfahren ebenso induktiv anzulassen. Durch modularen Aufbau der Anlagen werden sie den hohen Anforderungen an die Taktzeit optimal gerecht. Zur Taktzeitreduzierung können die Bauteile zum Beispiel auch vorgewärmt werden. Die vollautomatisierten Anlagen verfügen über Puffer und Möglichkeiten zum Ausschleusen von Prüfteilen.



Schiebemuffen können in einer Schutzgasatmosphäre induktiv erwärmt und kalibriert werden. Die Toleranzen der Bauteile an den kalibrierten Flächen liegen unter 0,05 mm. Oftmals entfällt durch dieses Verfahren die weitere Nachbearbeitung der Schiebemuffen. Ein weiterer großer Vorteil ist, dass mit dem speziellen Verfahren von EMA Indutec auch komplexe Verzahnungsgeometrien an Schiebemuffen bearbeitet werden können. Hervorstehende sowie fehlende Zähne und unterschiedliche Kopfkreisdurchmesser sind in der induktiven Kalibrieranlage des Typs Vela problemlos bearbeitbar. Pufferspeicher und Automationsanbindung sowie Prozess-Know-how runden das Angebot ab. Für Prozessentwicklung oder Prototypenteile steht im Kompetenzzentrum in Meckesheim eine universelle Versuchsmaschine zur Verfügung.



Induktionshärten mit EMA-Anlagen (Beispiele)

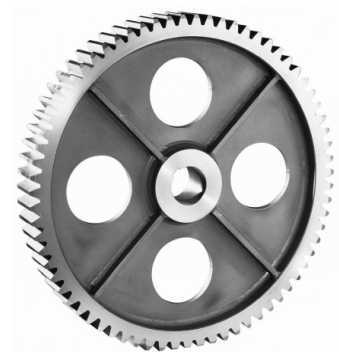
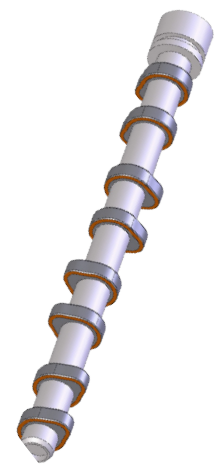
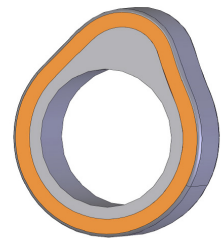
Bei gebauten Nockenwellen werden Einzelnocken auf einem Präzisionsrohr in den gewünschten Positionen fixiert. Die Einzelnocken werden vor der Montage separat wärmebehandelt. Um den großen Stückzahlen und hohen Qualitätsanforderungen gerecht zu werden, hat EMA Indutec eine Anlage mit besonders geringen Taktzeiten und optimaler Zugänglichkeit für Wartung und Service zur Serienreife entwickelt.

Die Anlage des Typs Aquila lässt sich durch die integrierte Automation optimal in die bestehende Fertigungslinie integrieren. Prozessüberwachung und robuste Mechanik stellen die hohe Qualität der induktiv bearbeiteten Werkstücke sicher. Die Aquila bietet weiterhin die Möglichkeit, verschiedenste Nockengeometrien wie Bundnocken aus dem Bereich der Zylinderabschaltung oder Pumpennocken zu bearbeiten.

Das klassische Fertigungsverfahren von Nockenwellen ist das Gießen und das nachfolgende mechanische Bearbeiten. Die Lagerflächen und die Nocken werden nach der Vorbearbeitung induktiv wärmebehandelt. EMA Indutec bietet ein spezielles Verfahren zum Härten der Nockenwellen an. Die Nocken werden rotatorisch per CNC-Achse ausgerichtet und der Induktor entsprechend positioniert, bevor das Bauteil induktiv erwärmt wird. Dies garantiert ein homogenes Härtebild über die gesamte Nocke. Die Maschine des Typs Lupus lässt sich sowohl als Stand-Alone-Lösung als auch in einer Fertigungslinie integriert betreiben. Alle Komponenten der Anlage sind auf einem Grundrahmen vereint. Daraus resultieren eine schnelle Inbetriebnahme und eine einfache Aufstellung der Anlage. Der EMA-Umrichter mit digitaler Steuerung garantiert wirtschaftliches Bearbeiten und Prozessüberwachungen auf höchstem Niveau.

XXL-Komponenten werden insbesondere an mechanisch hoch beanspruchten Stellen wie Verzahnungen oder Laufbahnen bei Kugel- oder Rollenlagern induktiv gehärtet. Die Anwendungen beruhen in der Regel auf speziellen Kundenwünschen. Somit sind die Stückzahlen eher gering und das Hauptaugenmerk wird auf Flexibilität und Wirtschaftlichkeit der Anlage gelegt. Die Anlagen des Typs Libra sind genau für diese Anforderungen konzipiert. Aufgrund eines sehr steifen Bearbeitungsportals können auch unterschiedlichste Werkstückdimensionen bearbeitet werden.

Um die Werkstückdefinition beim Rüsten zu vereinfachen, hat EMA Indutec eine leicht zu bedienende Parametereingabemaske für die Steuerung entwickelt. Hier werden lediglich Abmessungen des Werkstückes und des Werkzeugs definiert. Das Bearbeitungsprogramm wird durch die Steuerung selbst erstellt, damit entfallen die Programmierarbeiten. Die hohe Flexibilität und der hohe Wirkungsgrad der EMA-Umrichter ergänzen die Maschine ideal. Die Anlagen sind über die Anzahl der Induktoren konfigurierbar. Der große Vorteil: beim Verzahnungshärten lassen sich zwei Zähne gleichzeitig bearbeiten, was die Bearbeitungszeit halbiert.



Aufstellort, Fundament und Platzbedarf

Die Aufstellung der Anlage erfolgt in der vom Kunden vorgesehenen Fertigungslinie. Bei der Auswahl des Aufstellorts ist darauf zu achten, dass der dafür vorgesehene Bereich trocken und frostfrei ist.

Die Aufstellung, Funktionsprüfung und Inbetriebnahme der gelieferten Anlage muss unter Mitwirkung von EMA-Fachpersonal erfolgen.

Besondere Fundamente sind für die Aufstellung von Erwärmungsanlagen im allgemeinen nicht erforderlich. Der Betreiber ist jedoch verpflichtet, die Tragfähigkeit des Bodens am Aufstellort auf seine statische Belastbarkeit gemäß dem Anlagengewicht und den Informationen von EMA Indutec zu überprüfen.

Die freie Fläche am Arbeitsplatz muss so bemessen sein, dass sich die Beschäftigten bei ihrer Tätigkeit ungehindert bewegen können. Dazu gehört, dass für jeden Beschäftigten eine freie Bewegungsfläche von mindestens 1,5 m² zur Verfügung steht. Die Bewegungsfläche darf an keiner Stelle weniger als einen Meter breit sein.

Die Fußböden dürfen keine Unebenheiten, Löcher, Stolperstellen oder Schrägen aufweisen. Sie müssen tragfähig, trittsicher und rutschhemmend sein.

Umgebungsbedingungen

Die Umgebungsbedingungen für den Betrieb der Anlage sind auf europäische Verhältnisse ausgelegt. Alle eventuell auftretenden äußeren Einflüsse wie Schmutz, Staub, Hitze, Kälte etc. sind vom Kunden auf das mögliche Mindestmaß zu beschränken. Dadurch wird der störungsarme Betrieb der Anlage unterstützt. Die Umgebungstemperatur darf keinesfalls während des Betriebs sowie während der Stillstandszeiten unter den Gefrierpunkt sinken, da sonst die Gefahr des Einfrierens der Kühlkreisläufe besteht. Dies kann zur Zerstörung der Anlage führen.

Temperaturen während des Betriebs:	maximal zulässige Temperatur:	+45 °C
	minimal zulässige Temperatur:	+10 °C
	maximale relative Luftfeuchtigkeit:	80 %

Diese Umgebungstemperaturen müssen unbedingt eingehalten werden und sollten nicht wesentlich von den Medientemperaturen abweichen, da sonst mit Kondenswasserbildung zu rechnen ist. Dieses kann zur Zerstörung von Anlagenteilen und im Extremfall dadurch zu Personenschäden führen.

Energie- und Versorgungsanschlüsse

Die Montage bzw. Installation besteht darin, die Anlagenkomponenten aufzustellen und die Übertragungsleitungen, wie z. B. die Wasserzu- und Wasserableitungen oder die elektrischen Kabel an die gekennzeichneten Anschlüsselemente zu montieren. Die Montage muss auf jeden Fall durch oder unter der Aufsicht von EMA-Fachpersonal durchgeführt werden. Das Anschließen darf nur druck- und stromlos durchgeführt werden, mit entsprechend zugelassenem Material und unter Einhaltung der geltenden Sicherheitsnormen.

Kühlwasser- und Brauseverbindungen

Steht die Anlage in Position und sind die einzelnen Komponenten (Induktionserwärmungsanlage, Rückkühler für Wasser und Abschreckmittel, Umrichter, ggf. Schrägbettfilter, Abluftreinigung, Roboter, Werkstoffzuführung etc.) zueinander ausgerichtet, werden die Kühlwasser- und Brauseverbindungen verlegt. Der Anschluss des Netzwassers wird vom Endkunden hergestellt. Alle Informationen zu den Kühlwasser- und Brauseverbindungen (z. B. minimale und maximale Wassertemperaturen, -mengen und -drücke, Tankinhalte) findet man in folgenden mitgelieferten Plänen: Aufstellungsplan/Layout, Wasserplan, Pneumatikplan, Betriebsanleitungen der Rückkühler, des Umrichters und der Anlage sowie ggf. Schutzgasplan.

EMA-Kühlsystem:	Wasserdruck am Eingang:	minimal 4,0 bar, maximal 8,0 bar
	Differenzdruck:	minimal 4,0 bar
	Druckerhöhungspumpe:	maximal 12,0 bar
	Eintrittstemperatur:	maximal 30 °C

Auf Wunsch bietet EMA Indutec auch geeignete Kältemaschinen an. Die minimale Eintrittstemperatur ist von der Umgebungstemperatur und von der vorhandenen Luftfeuchte abhängig. Die minimale Eintrittstemperatur ist so zu wählen, dass eine Kondens- oder Tauwasserbildung vermieden wird.

Druckluft und Schutzgas

Nach der Verlegung der Druckluft- und ggf. Schutzgaszuleitungen ist vom Kunden der netzseitige Betriebsdruck herzustellen. Für den Betrieb der Anlagen wird wasser- und ölfreie Druckluft von mindestens 6 bar vorausgesetzt. Für das Fluten des Härteraums mit Schutzgas reicht ein Druck von 3 bar. Falls auch Werkstücke abgeblasen werden sollen, werden mindestens 5 bar benötigt.

Kabelkanäle und Steuer- bzw. Leistungskabel, Online-Verbindung

Nach erfolgter Montage der Kabelkanäle erfolgt die Verkabelung der Anlagenteile untereinander durch EMA-Fachpersonal nach dem Kabelverbindungsplan und Klemmen- bzw. Steckerplan.

Der Kunde muss ab dem Zeitpunkt des Montagebeginns auf der Baustelle eine Online-Verbindung an der Maschine zur Verfügung stellen, so dass EMA Indutec per Fernwartung auf die Maschine zugreifen kann. Nur so kann eine schnelle Hilfestellung geboten werden.

Energieversorgung

Die benötigte Energiemenge ist abhängig von der zu erwärmenden Masse, der Materialart und der benötigten Zeit sowie von der Effizienz der Energieübertragung. Detaillierte Informationen hierzu erhält man in den bei EMA Indutec regelmäßig stattfindenden Schulungen.

Absaugung

Rauch, Dämpfe, Gase oder Staub entstehen beim Erwärmen der Werkstücke. Ein System zur Absaugung der ggf. belasteten Luft muss entweder vom Kunden bereitgestellt oder bei EMA Indutec erworben werden.

Transport und Lagerung

Informationen zu einem firmeninternen Transport findet man in der Betriebsanleitung.

Sollte die Maschine oder Teile davon eine Zeit lang zwischengelagert werden, ist darauf zu achten, dass der Lagerort gegen Feuchtigkeit und gegen Temperaturen unter dem Gefrierpunkt geschützt ist, sowie einen ebenen Boden hat.

Abladen und Einbringen der Anlage erfolgt durch den Kunden in seiner Verantwortung.
Kran, Stapler, Hebezeuge etc. sind vom Kunden bereit zu stellen.

Wartung, Instandhaltung und Kundendienst

Informationen hierzu findet man in der Betriebsanleitung und im Schmier- und Wartungsplan. Hier befindet sich auch eine Beschreibung des EMA-Wartungssiegels (regelmäßige Anlagenwartung durch geschultes EMA-Fachpersonal).

Änderungen an der Anlage sowie An- oder Umbauten sind nur in Rücksprache mit EMA Indutec erlaubt. Eigenmächtige Veränderungen der Anlage schließen eine Haftung des Herstellers für dadurch verursachte Sach- und Personenschäden aus. Weitere Informationen zur Gewährleistung und Haftung findet man in der Betriebsanleitung.

Verfügbarkeit von Werkstücken und Ersatzteilen

Der Kunde muss EMA Indutec rechtzeitig Werkstücke in ausreichender Anzahl zur Verfügung stellen.
Die Anzahl muss abhängig vom Bauteil und Verfahren festgelegt werden.

Die Werkstücke werden benötigt für:

- Vorversuche,
- das Einfahren der Maschine im Hause EMA Indutec,
- die Vorabnahme,
- das Einfahren der Maschine auf der Baustelle und die Endabnahme.

Diese Werkstücke müssen genau den Zustand haben wie die Teile, die der Kunde später auf der Maschine fahren will (sauber, öl- und fettfrei, ohne Späne, Geometrie und Werkstoff nach Zeichnungsvorschrift etc.).

Der Kunde muss Ersatzteile für die Maschine oder Anlage bevorraten, wenn er eine hohe Verfügbarkeit sicherstellen will. Eine Ersatzteilleiste erhält der Kunde in der mitgelieferten Dokumentation.

Auffangwannen

Der Kunde sorgt für eine oder mehrere Auffangwannen zum Auffangen von Leckageverlusten.
Auf Wunsch bietet auch EMA Indutec geeignete Auffangwannen an.

Sicherheit der Anlage

Für den Zeitraum zwischen Anlieferung der Anlage oder Maschine und Montagebeginn durch EMA Indutec ist der Kunde für die Sicherheit der Anlagenteile verantwortlich.

Die Anlage oder Maschine ist vom Kunden gegen Verschmutzung, Diebstahl und Beschädigung zu schützen.

Montage und Abnahme der Anlage

Sofern diese Leistungen Bestandteil des Vertrages sind, stellt der Kunde für die Dauer der Montage, Inbetriebnahme, Abnahme und Produktionsbegleitung folgendes unentgeltlich zur Verfügung:

- die benötigten Energien und Medien, wie Strom, Wasser und Druckluft in ausreichender Menge und erforderlicher Qualität,
- abschließbare Räumlichkeiten zur Lagerung von Montagematerial und Werkzeugen,
- Bauleitungs-, Umkleide-, Wasch- und Aufenthaltsräume,
- Telefon- und Internetanschlüsse,
- Gerüste, Podeste und Leitern,
- Kräne und Stapler.

Der Kunde sollte sich darauf vorbereiten, die Maschine oder Anlage innerhalb von 2 bis 3 Tagen an die benötigten Versorgungsmedien (Strom, Kühlwasser, Druckluft, Schutzgas etc.) anzuschließen, damit Montage und Inbetriebnahme auf der Baustelle nicht behindert werden.

Dabei gelten folgende Liefergrenzen:

- elektrische Energie: die Einspeiseklemmen im Maschinen-Steuerschrank bzw. Umrichter,
- Kühlwasser: an den vorgesehenen Übergabepunkten, Erstabspernung bauseits,
- Druckluft: Wartungsstation an der Maschine/am Umrichter, Erstabspernung bauseits,
- Datenverbindung: Service-Laptop (wenn im Lieferumfang enthalten) oder Anschlusspunkt im Maschinensteuerschrank bzw. Umrichter,
- Schnittstellensignale zu vor- oder nachgeschalteten Maschinen und Anlagen: Anschlusspunkte im Maschinensteuerschrank bzw. dem Umrichter.

Direkt nach dem Einfahren der Maschine oder Anlage beim Kunden erfolgt eine Endabnahme oder mindestens eine betriebsfertige Übergabe.

Wichtig: Eine Anlage ohne betriebsfertige Übergabe oder Endabnahme darf vom Kunden nicht betrieben werden.

EMA Indutec stellt das Verfahren bei der Inbetriebnahme der Anlage so ein, dass das Härtebild und die Härtetiefe innerhalb des Toleranzfeldes der Härtevorschrift liegen. Eine weitere Optimierung, z. B. auf Toleranzmitte, sowie Grenzwertermittlungen bzw. Grenzwertbetrachtungen (z. B. für Energiemenge, Frequenz, Abschreckmittelmenge etc.) sind aufwendig und deshalb vom Kunden durchzuführen. Die Maßhaltigkeit von wärmebehandelten Bauteilen kann sich aus physikalischen Gründen verändern. Deshalb kann EMA Indutec keine Garantien bezüglich der Maßhaltigkeit und der Toleranzen von wärmebehandelten Bauteilen übernehmen.

Kühlwasser und Abschreckmittel

Kühlwasserspezifikationen

Die Kühlwasserspezifikation ist gültig für die Kühlung von Umrichtern und Induktionserwärmungsanlagen der EMA Indutec. Wir empfehlen zur Aufbereitung des notwendigen Kühlwassers eine Fachfirma heranzuziehen, wenn keine eigenen Spezialisten zur Verfügung stehen.

Die Nichtbeachtung dieser Spezifikation kann kürzeste Durchrostungszeiten, Schlauchzerstörungen und massive kühlleistungsmindernde Ablagerungen zur Folge haben, welche zu erheblichen Störungen und Betriebsausfällen führen können. EMA Indutec setzt in ihren Anlagen ausgewählte Materialien ein, über die langjährige Betriebserfahrungen vorliegen. So wird sichergestellt, dass die Ursache von Rost oder Kalkablagerungen in den seltensten Fällen bei den eingesetzten Materialien zu suchen ist.

Die angegebenen Grenzwerte für die Kühlwasser-Inhaltsstoffe bilden zusammen ein System. Deshalb müssen alle Werte eingehalten werden. Abweichungen können durch wirksame und nachvollziehbare Maßnahmen ausgeglichen werden.

Zur Einhaltung der vorgeschriebenen Grenzwerte können systemabhängig unterschiedliche Maßnahmen erforderlich sein. Die Kühlwasserbeschaffenheit muss regelmäßig überprüft werden. Bezüglich der Konditionierung und Überwachung des Kühlwassers empfiehlt EMA Indutec mit einer Fachfirma für Wasseraufbereitung zusammenzuarbeiten. Bei der Festlegung der Grenzwerte orientierte man sich an den Empfehlungen der VDI 3803 für Rückkühlwerk-Umlaufwasser.

Zur Minimierung mikrobiologischer Verkeimung, muss das System quasi geschlossen betrieben werden. Ein Kontakt zur Atmosphäre darf nur wegen des notwendigen Druckausgleichs und zur Systementlüftung bestehen. Die regelmäßige Kontrolle der mikrobiologischen Belastung des Systemwassers ist gemäß VDI 6022 vorzunehmen. Das System sollte vorzugsweise mit demineralisiertem Wasser nachgefüllt werden.

Beschaffenheit	Grenzwerte	Bemerkungen
Aussehen	möglichst farblos, klar, ohne Bodensatz	
Partikelgröße	< 150 µm	Wichtig: Schmutzfänger werksseitig vor dem Zulauf installieren!
pH-Wert	7,5 bis 8,5	Bei Einsatz von Konditionierungschemikalien sind Abweichungen möglich. Achtung: mit Fachfirma abstimmen!
Gesamtsalzgehalt	< 250 mg/l	
Elektrische Leitfähigkeit	< 30 mS/m	
Gesamthärte*	1 bis 2 mmol/l	= 1 bis 2 mol/m ³ = 5,6 bis 11,2 °dH
Chlorid (Cl ⁻)	< 50 mg/l	
Sulfat (SO ₄ ²⁻)	< 50 mg/l	
Nitrit (NO ₂ ⁻)	< 0,04 mg/l	
KMnO ₄ -Verbrauch	< 100 mg/l	
Metallgehalt (Fe, Mn, Cu, Al)	< 0,2 mg/l	
Keimzahl	< 1.000 ml ⁻¹	

Kühlwasser und Abschreckmittel

Abschreckmittel

Die Wirkstoffe einer Abschrecklösung werden bei hohen Temperaturen reversibel unlöslich und scheiden sich während des Abkühlvorgangs aus der Lösung an der heißen Stahloberfläche ab.

In Abhängigkeit von der Konzentration wird so ein isolierender Film unterschiedlicher Dicke gebildet, das heißt in Abhängigkeit der Konzentration ist die Abkühlintensität in weiten Grenzen steuerbar. Kühlen die Teile bis auf die Temperaturen der Flüssigkeit wieder ab, so löst sich der Film wieder vollständig auf und die gehärteten Werkstücke fallen mit sauberer Oberfläche an. Die Ausschleppung und damit der Verbrauch bleiben dabei gering.

Die Polymer-Lösung wird durch Verdünnen des Abschreckkonzentrats mit sauberem, nicht zu hartem Leitungswasser angesetzt. Um eine intensive und homogene Durchmischung des Konzentrats mit dem Wasser zu erreichen, hat es sich als zweckmäßig erwiesen, entweder zuerst das Wasser in den Abschreckbehälter einzufüllen und bei laufender Umwälzung das Konzentrat zuzusetzen oder die abgemessene Menge an Konzentrat in den beim Befüllen des Behälters einlaufenden Wasserstrahl hineinzugeben.

Folgendes ist bezüglich der Anforderungen an die Qualität von Polymer-Lösungen zu beachten:

- Generell wird die Stabilität der Lösung nur gering durch die Wasserhärte beeinflusst. Jedoch darf bei einem Neuansatz die Gesamthärte nur zwischen 1 und 2 Millimol pro Liter (mmol/l) = ca. 5 °dH bis 11 °dH liegen.
- Alte Reste im Leitungssystem sind gründlich durch Spülen mit Wasser zu entfernen. Das gilt besonders für Rohrleitungen, Kühler und Filter.
- Weiterhin ist zu bedenken, dass an unzugänglichen Stellen oft Schmutzpolster sind, die stark mit Mikroorganismen durchsetzt sein können. Ein ausführliches Zwischenspülen mit einem Desinfektionsmittel ist deshalb unbedingt zu empfehlen.
- Besonders bei schwankender Wasserqualität ist vor dem Einsatz eine komplette Analyse des Wassers zu empfehlen.
- Das Ansetz- und Nachfüllwasser muss bakterien- und pilzfrei sein.
- Der Chloridgehalt sollte idealerweise weniger als 50 mg/l besser noch 30 mg/l betragen. Sollte das Wasser höhere Chloridgehalte aufweisen, so ist der Verschnitt mit demineralisiertem Wasser zu empfehlen, um den Langzeit-Korrosionsschutz nicht negativ zu beeinflussen.
- Sulfate können ebenfalls den Korrosionsschutz beeinflussen. Hier sollte ggf. auch eine Prüfung durchgeführt werden. Es gelten die Grenzwerte wie beim Chlorid.
- Die Anwendungskonzentrationen liegen im Bereich von ca. 3 % bis 6 % für schwach- und unlegierte Stähle sowie bei einfach geformten Teilen. Bei mittel- und höherlegierten Stählen sowie bei formschwierigen Werkstücken sollten 12 % bis 25 % eingesetzt werden.
- Die Anwendungstemperatur sollte zwischen 20 °C und 35 °C gehalten werden und 45 °C nicht überschreiten. Bei extrem niedrigen Umgebungstemperaturen sollte die Lösung ggf. auf ca. 20 °C angewärmt werden.
- Um beim Nachfüllen eine fortschreitende Aufhärtung der Polymer-Lösung zu vermeiden, empfiehlt es sich nur demineralisiertes Wasser zu verwenden.
- Der pH-Wert der Lösung liegt je nach Konzentration zwischen 8,5 und 9,5. Er sollte häufig kontrolliert werden. Ein pH-Wert von 8,0 sollte nicht unterschritten werden, da ansonsten ein ausreichender Korrosionsschutz nicht mehr gegeben ist.
- Es empfiehlt sich die Polymer-Lösung täglich z. B. mit einer Messung des Brechungsindex mit einem Refraktometer nach einem vorgegebenen Prüfplan zu kontrollieren.

Sicherheitstechnische Hinweise für EMA-Erwärmungsanlagen

Die EMA-Erwärmungsanlage ist nach dem neuesten Stand der Technik und den anerkannten sicherheitstechnischen Regeln gebaut. Dennoch können bei ihrer Verwendung Gefahren für den Benutzer oder Dritte bzw. Beeinträchtigungen an der Maschine oder an anderen Sachwerten bestehen.

Die Maschine ist nur zu benutzen:

- für die bestimmungsgemäße Verwendung,
- in sicherheitstechnisch einwandfreiem Zustand,
- wenn sich die Schutzeinrichtungen in ordnungsgemäßem Zustand befinden,
- wenn die persönliche Schutzausrüstung getragen wird,
- wenn die Betriebsanleitung sorgfältig gelesen wurde,
- wenn Störungen, die die Sicherheit beeinträchtigen können, umgehend beseitigt wurden.

Induktionserwärmungsanlagen führen während des Betriebes gefährliche elektrische Spannungen. Zu öffnende Gehäuse und Schaltschränke sind deshalb vor Beginn von Instandhaltungs-, Wartungs-, Reinigungs- oder Reparaturarbeiten spannungslos zu schalten und gegen Wiedereinschalten zu sichern. Der Zustand der elektrischen Anlage muss kenntlich gemacht werden, damit keine nichtqualifizierten Personen Zugang zu stromführenden Teilen haben.

Es ist möglich, dass die abgegebenen elektromagnetischen Felder elektronische Herzimplantate oder Metallimplantate beeinflussen. Personen mit solchen Implantaten sollen sich während des Betriebes der Anlage nicht in deren Umgebung aufhalten.

Die für das Erwärmungsverfahren notwendigen Bearbeitungsmaschinen bestehen aus sich bewegenden und rotierenden Teilen. Bei unzulässigem Entfernen der erforderlichen Abdeckungen, falscher Bedienung oder bei unzureichender Wartung besteht die Gefahr der Verursachung schwerer gesundheitlicher sowie materieller Schäden. Schutzhandschuhe und -brillen sind bei bestimmten Arbeiten unbedingt zu tragen.

Werden Schutzeinrichtungen während oder nach einem Aufheizvorgang geöffnet, kann man sich an den vom Induktor aufgeheizten Teilen und Werkstücken Verbrennungen zuziehen. Zur Vermeidung sind eine Abkühlphase bis auf Raumtemperatur abzuwarten oder geeignete Schutzhandschuhe zu tragen. Ebenfalls sind bei mangelnder Kühlung Verbrennungen an stromführenden Teilen (z. B. Induktor, Zwischenbacken und Stromschienen) oder an durch erwärmten Werkstücken möglich.

Abhängig von den örtlichen Bedingungen kann ein Schalldruckpegel von größer als 85 dB(A) entstehen, der Schwerhörigkeit verursachen kann. Bei einem solchen Pegel ist das Bedienpersonal angewiesen, einen Gehörschutz zu tragen.

Bei der Bearbeitung von schweren Metallstücken sind Sicherheitsschuhe zu tragen.

Das Kühlmittel steht unter Druck. Vor dem Filterwechsel ist die Pumpe abzuschalten.

Vor Arbeiten an der Wartungseinheit der Druckluft ist die Hauptleitung zu schließen und das System zu entlüften.

Der Aufbau der Anlage erfolgt durch Fachpersonal, das in eine EMV-gerechte Installation unterwiesen wurde. Für die Zulieferteile liegen die Herstellererklärungen vor.

Produktsicherheit

Für die Sicherheit auf der Baustelle ist der Kunde verantwortlich. Auf der Baustelle eingesetztes Personal von EMA Indutec muss eine Sicherheitsunterweisung durch den Kunden erhalten.

Es besteht Verletzungsgefahr durch unter Druck austretende Flüssigkeiten (Kühlwasser, Abschreckmittel). Zu öffnende Systemabschnitte und Druckleitungen sind vor Beginn von Reparaturarbeiten drucklos zu machen.

Vorgeschriebene Instandhaltungs- und Wartungsarbeiten sind regelmäßig durchzuführen. Das Bedienpersonal ist vor Beginn der Instandhaltungs-, Einstell-, Reparatur- und Wartungsarbeiten zu informieren. Nach Beendigung der Wartungsarbeiten sind alle Sicherheitseinrichtungen auf Funktion zu überprüfen.

Es besteht Vergiftungsgefahr durch Essen und Trinken am Arbeitsplatz. Essen und Trinken am Arbeitsplatz ist deshalb verboten. Das Abschreckmittel und das demineralisierte Wasser dürfen nicht getrunken oder zur körperlichen Reinigung verwendet werden. Das Sicherheitsdatenblatt und Anwendungsvorschriften des Abschreckkonzentrats sind zu beachten.

Es besteht Rutschgefahr durch das Abschreckmittel oder durch Öl (z. B. Schmierstoffe) im Arbeitsbereich der Anlage. Begehbare Flächen sind zu sichern, z. B. durch rutschsichere Bodenbeläge. Abschreckmittel oder Öl auf dem Fußboden sind sofort zu beseitigen. Bindemittel, Auffanggefäße und Absauggeräte sind stets bereit zu halten.

Mechanische Bauteile mit sicherheitsgerichteten Funktionen müssen getauscht werden, sobald die Anzahl ihrer Betätigungen eine vorgegebene Grenze überschreitet.

Anlagen von EMA Indutec sind so konstruiert und gebaut, dass jedes Brandrisiko vermieden wird, das von der Maschine selbst oder von Gasen, Flüssigkeiten, Stäuben, Dämpfen und anderen von der Maschine freigesetzten oder verwendeten Stoffen ausgeht. Durch die prozessbedingt entstehende Hitze am Induktor und an den bearbeiteten Werkstücken gibt es im Bearbeitungsraum der Anlage bei bestimmungsgemäßer Verwendung kein Brandrisiko. Da nicht alle Zufälligkeiten, Fehlverhalten und Brandgefahren in der Nähe der Anlage vorausgesehen werden können, wird empfohlen, Brandbekämpfungsmaßnahmen (Feuerlöscher, Löschdecke, Wasserschlauch etc.) bereit zu halten. Außerdem wird empfohlen, die Bediener über Brandvermeidung und -bekämpfung zu schulen. Trotz der Benutzung der persönlichen Schutzausrüstung kann es bei einer Verkettung unglücklicher Vorgänge zu Verletzungen des Bedieners oder anderer sich an der Anlage aufhaltenden Personen kommen. Deshalb müssen alle an der Anlage arbeitenden Personen über Erste-Hilfe-Maßnahmen informiert sein. Weiterhin müssen alle Personen die sich verletzt haben eine anschließende professionelle medizinische Behandlung aufsuchen.

An elektrischen Einrichtungen darf nur Personal mit entsprechender Ausbildung und Erfahrung als Elektrofachkraft gemäß DIN VDE 0105 Teil 1 (Betrieb von Starkstromanlagen) arbeiten. Dieses Fachpersonal muss mit allen Sicherheitshinweisen und -maßnahmen vertraut sein, die in der Betriebsanleitung für das Transportieren, Aufstellen, Bedienen, Warten, Reinigen und Demontieren der Anlage gegeben werden. Zu öffnende Gehäuse und Schaltschränke sind vor Beginn von Instandhaltungs-, Wartungs-, Reinigungs- oder Reparaturarbeiten spannungslos zu schalten und gegen Wiedereinschalten zu sichern. Zusätzlich ist auf Restspannung zu prüfen.

Umweltschutz

Der Betreiber muss für eine verantwortungsvolle Beseitigung und Verwertung der Abfälle sorgen. Bei der Entsorgung muss auf sortenreine Trennung geachtet werden.

Verbrauchte Abschreckmittel, Hydrauliköl, Schmierstoffe, Reinigungsmittelreste und -materialien, Zunderabfälle sowie Filter und Filterrückstände müssen vorschriftsmäßig zwischengelagert und von zugelassenen Abfallentsorgungsbetrieben entsorgt werden.

Für die Entsorgung von Reinigungs-, Schmier- und Kühlmitteln, elektrischen Bauteilen, Kabeln etc. sowie von mechanischen Komponenten gelten die einschlägigen Verordnungen über Verschrottung von Müll bzw. Sondermüllentsorgung.

Die Demontage der Anlage muss im Hinblick auf etwaige mechanische bzw. elektrische Gefahren von geschultem fachmännischem Personal vorgenommen werden. Dies gilt auch für den Abbau und Wiederaufbau in anderen Räumlichkeiten.

Der Betreiber hat dafür Sorge zu tragen, dass im Falle einer Verschrottung alle Bestandteile der Anlage ordnungsgemäß entsorgt werden. Die hierfür geltenden nationalen Verordnungen sind einzuhalten.

Nach dem Ablassen, der Anwendung oder der Entnahme von Reinigungs-, Schmier- und Kühlmitteln sind die verunreinigten Stellen zu säubern. Der Gefahrenbereich ist ggf. mit dem Schild „Achtung Rutschgefahr“ entsprechend zu kennzeichnen.

Insbesondere bei Installations-, Reparatur- und Wartungsarbeiten dürfen wassergefährdende Stoffe wie z. B. Schmierfette und -öle, Emulsionen und lösemittelhaltige Flüssigkeiten nicht den Boden belasten oder in die Kanalisation gelangen. Diese Stoffe müssen in geeigneten Behältern aufbewahrt, transportiert, aufgefangen und entsorgt werden.

Öl und ölhaltige Abfälle, sowie Schmierfette stellen ein hohes Gefahrenpotenzial für die Umwelt dar. Deshalb erfolgt ihre Entsorgung durch Spezialfirmen.

Unterschiedliche Metalle sind zu trennen und zu entsorgen. Die Entsorgung muss durch eine autorisierte Firma erfolgen.



Geräte mit diesem Zeichen auf der Verpackung oder auf dem Gerät müssen getrennt werden und dürfen nicht über den normalen Hausmüll entsorgt werden.

Bei der Entnahme aus der Härteanlage ist das Werkstück bedingt durch den Abschreckprozess mit Abschreckmedium benetzt. Vertiefungen oder Bohrungen am Werkstück können mit Abschreckmittel gefüllt sein. Dadurch kommt es zu einem Austrag von Abschreckmittel aus der Maschine. Maßnahmen zur Reduzierung des Austrags von Abschreckmittel müssen speziell zwischen dem Kunden und EMA Indutec besprochen werden.

Werkstückuntersuchung

Folgende Arbeiten fallen bei der Untersuchung von Werkstücken in einem metallographischen Labor in dieser Reihenfolge an:

1. Trennen mit einer Trennschleifmaschine mit Wasserkühler, um ein Erhitzen der Probe zu vermeiden.
2. Manuelles Vorschleifen der Schnittproben mit einem Bandschleifgerät mit Wasserkühlung, um ein Erhitzen der Probe zu vermeiden.
3. Einbetten (halbautomatisch) in Kunstharz mit einer Einbettpresse, um die Probe in den Schritten 4 bis 7 besser handhaben zu können. Auch ein manuelles Einbetten ohne Presse ist möglich. In diesem Fall muss man noch die Aushärtezeit mitberücksichtigen.
4. Schleifen und Polieren (manuell oder halbautomatisch) in mehreren Stufen mit Schleif- und Polierscheiben mit feiner werdender Körnung.
5. Ätzen der Probe um den Kontrast der Gefügebestandteile für die mikroskopische Untersuchung zu erhöhen.
Ätzmittel: Salpetersäure, Pikrinsäure, V2A-Beize oder Kupferammoniumchlorid. Das Verdünnen erfolgt mit Alkohol oder Glycerin, um ein zu starkes Ätzen zu verhindern.

6. Härteprüfung nach Vickers oder Rockwell
Bei der Härteprüfung nach Vickers wird die Spitze einer vierseitigen Pyramide aus Diamant mit einer Prüfkraft in die Probe eingedrückt und die Diagonale des entstandenen Pyramideneindrucks gemessen.

Eine Härteprüfung nach Rockwell besteht aus vier Arbeitsschritten: Ein Prüfkörper wird zunächst mit einer Prüfvorkraft in die Probe gedrückt und dann die Messuhr auf 0 gestellt. Danach wird die eigentliche Prüfkraft aufgegeben und nach kurzer Zeit wieder weggenommen. Die bleibende Eindringtiefe des Prüfkörpers in die Probe wird an einer Messuhr direkt als Rockwell-Härte abgelesen.



Werkstückuntersuchung, Personalbedarf und Schulungen

7. Mikroskopie mit einem Auflichtmikroskop mit 50 bis 1.000facher Vergrößerung; ein PC-Anschluss mit Kamera und einer geeigneten Software ermöglichen die präzise Auswertung.



Wichtig:

Der Kunde benötigt bauseits ein Labor, in dem er schon während des Einfahrens der Maschine und der Endabnahme Bauteile auswerten kann.

Das Labor benötigt einen Abzug und einen Giftschrank sowie als persönliche Schutzausrüstung Schutzbrillen, Schutzhandschuhe sowie eine Augenspülflasche. Alle Chemikalien müssen richtig und vollständig beschriftet und gekennzeichnet werden.



Personalbedarf und deren Qualifikation

Für den sicheren Betrieb einer Induktionserwärmungsanlage werden Mitarbeiter mit unterschiedlichen Qualifikationen benötigt:

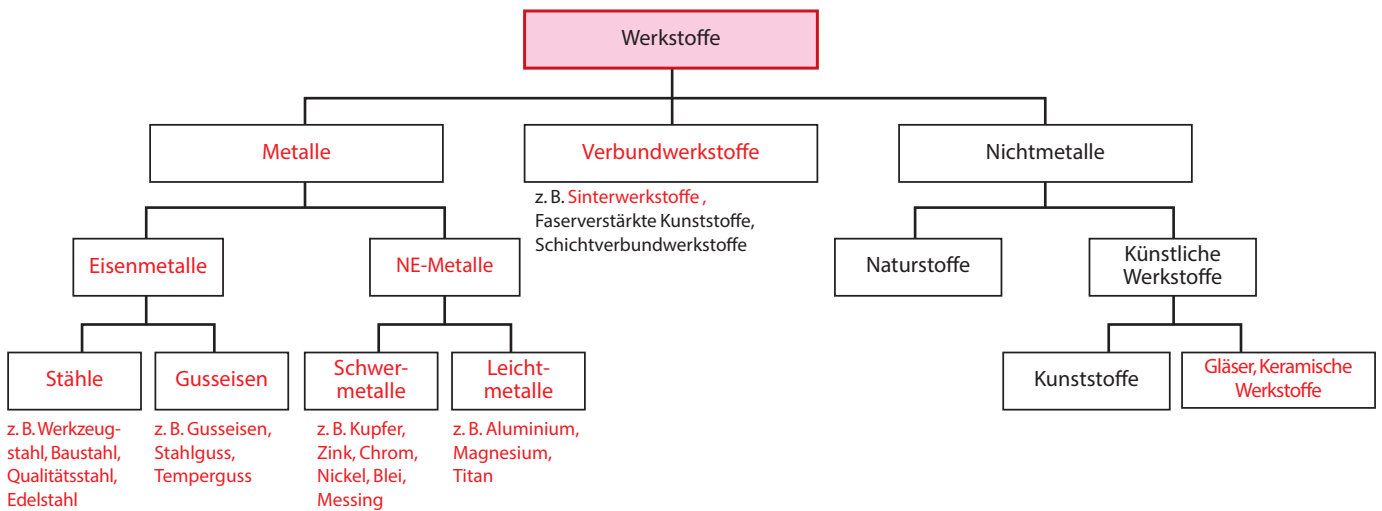
- mehrere geschulte Bediener mit Erfahrungen in der Metallbearbeitung und Induktionserwärmung sowie Kenntnissen in der CNC-Programmierung (Anzahl abhängig von der Anzahl der Schichten),
- Instandhalter und Einrichter mit entsprechender Ausbildung und Erfahrung als Elektrofachkraft,
- ggf. einen im Induktorbau geschulten Mitarbeiter; komplizierte Induktoren sollten auf jeden Fall bei EMA Indutec gekauft werden,
- Werkstoffprüfer oder Laborant für das Labor mit metallurgischen Kenntnissen.

Schulungen

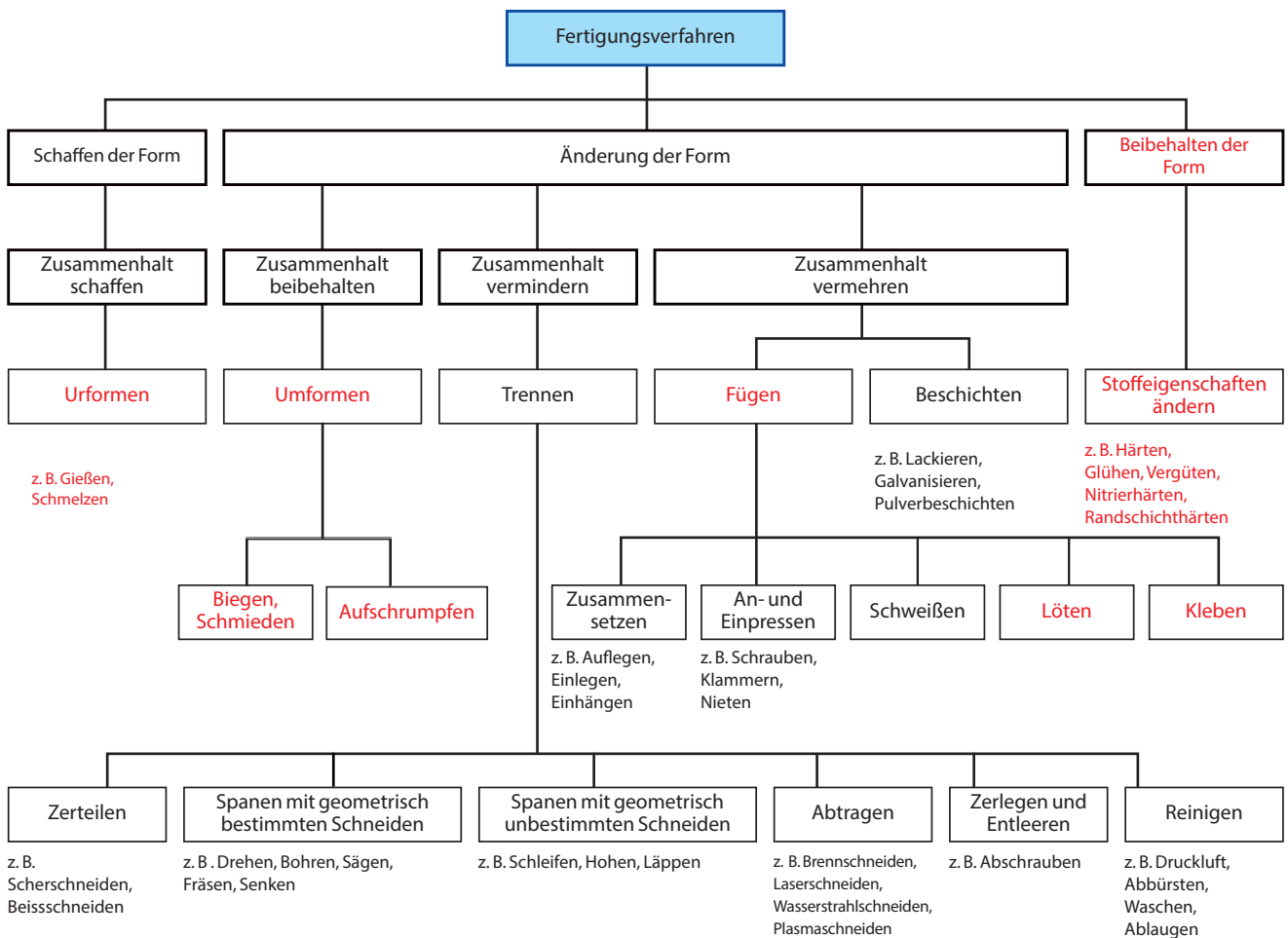
Von EMA Indutec werden folgende Kundens Schulungen angeboten:

- Grundlagen der Induktionstechnik,
- Umrichtertechnik,
- Grundlagen des Induktorbaus,
- Schulung für Bediener,
- Schulung für Einrichter,
- Schulung für Wartungspersonal und Instandhalter.

Übersicht über Werkstoffe und Fertigungsverfahren



rote Schrift: Werkstoffe, die mit Produkten vom EMA Indutec behandelt werden können.



rote Schrift: Fertigungsverfahren, in denen induktive Erwärmung mit EMA-Anlagen angewendet wird.

After Sales Service

Um die Wünsche seiner Kunden vorwegzunehmen, hat EMA Indutec die Produktpalette ihrer verschiedenen Dienstleistungen erheblich erweitert. Berührungslose Analysen, Überprüfungen mit der Wärmebildkamera oder eine Maschinen-Datenanalyse über den Remote Service bieten die Möglichkeit, schleichende Defekte und Veränderungen in der Anlage vorzeitig zu erkennen und präventiv zu beheben. Außerdem wird ein Abruf-Service für Ersatzteile und Präzisionswerkzeuge zur Verfügung gestellt.

Durch proaktive Wartungen wird die Lebensdauer und Betriebssicherheit der EMA-Anlagenpalette deutlich erhöht.

Bei Maschinenstillständen und zur Klärung technischer Fragen ist EMA Indutec über die Service-Hotline erreichbar.

Sollen Induktionsanlagen in Teilbereichen oder komplett modernisiert werden, ist EMA-Retrofit die richtige Wahl. Mit qualifiziertem Fachpersonal aus allen Fachbereichen wird die Überholung oder Modernisierung von älteren Induktionsanlagen übernommen.

Zusätzlich bietet EMA Indutec einen Remote Service, extrem kurze Reaktionszeiten und die passenden Schulungsprogramme, damit Kunden den größtmöglichen Nutzen aus den Anlagen ziehen können.

Kontakt

Kontaktieren Sie uns, wenn Sie Fragen oder technische Probleme haben. Durch unsere telefonische Beratung und unseren Teleservice profitieren Sie vom Expertenwissen unserer qualifizierten Fachkräfte bei der Fehlerdiagnose und -behebung. Wir helfen Ihnen, Fehler gezielt und so rasch wie möglich zu beheben.

Tel.: +49 6226 788 111

Fax: +49 6226 788 112

E-mail: service@ema-indutec.com

Unsere Servicezeiten:

Montag bis Donnerstag: 8 – 16 Uhr

Freitag: 8 – 12 Uhr

Zusätzliche Rufbereitschaftszeiten:

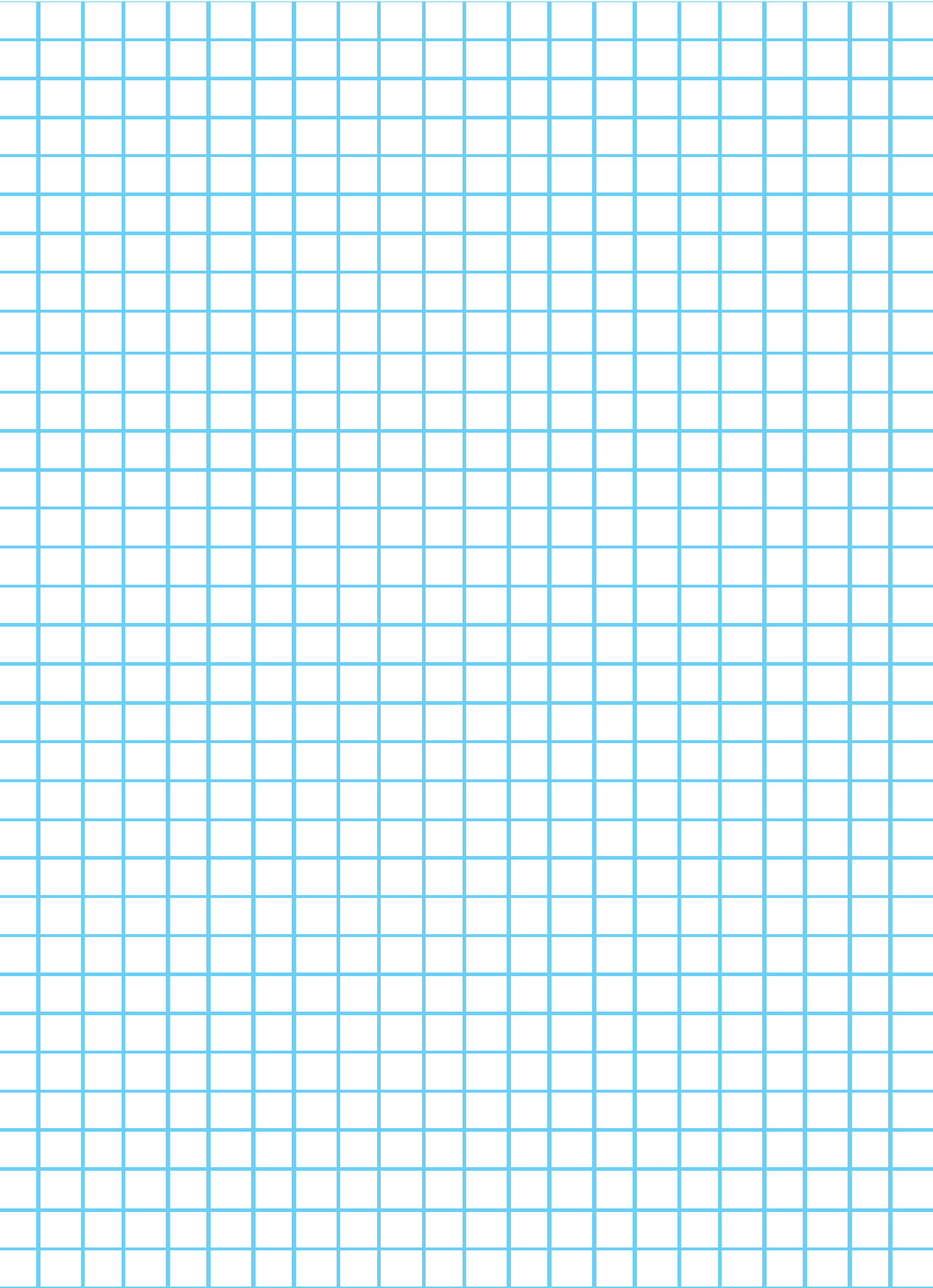
Montag bis Donnerstag: 16 – 20 Uhr

Freitag: 12 – 20 Uhr

Samstag: 8 – 12 Uhr



Notes



Komplettlösungen für die Wärmebehandlung

Induktionserwärmungs- und härteanlagen

- wirtschaftliche und hoch zuverlässige Systeme
- geringer Energieverbrauch pro Werkstück
- präzise und reproduzierbare Härteergebnisse
- hohe Durchsätze
- exakte Erwärmungszonen und -zeiten
- verzugsarme Wärmebehandlungsprozesse
- zunderfreie Härtezone durch Wärmebehandlung unter Schutzgas
- einfachste Integration in Produktionslinien
- Reduzierung von Fertigungsstückkosten
- maßgeschneiderte Induktionssysteme
- benutzerfreundliche Einstellung, Umrüstung und Wartung
- modernes Engineering mit FEM-Simulation
- Anwendungsgebiete: Randschichthärten, Anlassen und Vergüten, Aufschumpfen, Fixturhärten

IGBT-Umrichter

- digitale Wechselrichtersteuerung
- Leistungen von 10 kW bis zu mehreren Megawatt
- Frequenzen von 5 Hz bis zu 400 kHz
- Erwärmen und Schmelzen
- Härten, Anlassen und Vergüten
- Schmieden und Umformen
- hohe Energieeffizienz
- hoher Wirkungsgrad
- leichte Integration in bestehende Fertigungslinien
- kundenspezifische Lösungen und Sonderanlagen
- schneller Austausch von Alt- und Fremdgeräten

After Sales Service

- leistungsstarkes und kompetentes Servicecenter
- Servicehotline zur Störungsbeseitigung
- präventive Instandhaltung
- smarte Remote-Control-Lösungen
- effiziente Ersatzteilkonzepte
- kundenspezifisches Anlagen-Retrofit
- Induktorentwicklung, Bau- und Reparaturservice
- Schulungen für Bediener, Wartungspersonal und Induktionsexperten (auch vor Ort)

Top Qualität aus einer Hand

- über 80 Jahre Erfahrung in der Wärmebehandlung
- weltweit über 10.000 Induktionssysteme im Dauereinsatz
- Entwicklung und Herstellung in einem Haus
- DIN EN ISO 9001:2015 zertifiziert
- effizientes Projekt- und Qualitätsmanagement von der Anfrage bis zum Service



EMA Indutec GmbH
Petersbergstraße 9
D-74909 Meckesheim
Telefon: +49 6226 788 0
sales@ema-indutec.com



EMA Induction Technology
Beijing Co., Ltd.
No. 17th, Xing Gu development
zone (EMA Plant area)
Pinggu District
101200 Beijing/China
Telefon: +86 10 8070 2110
ema@ema-indutec.com.cn