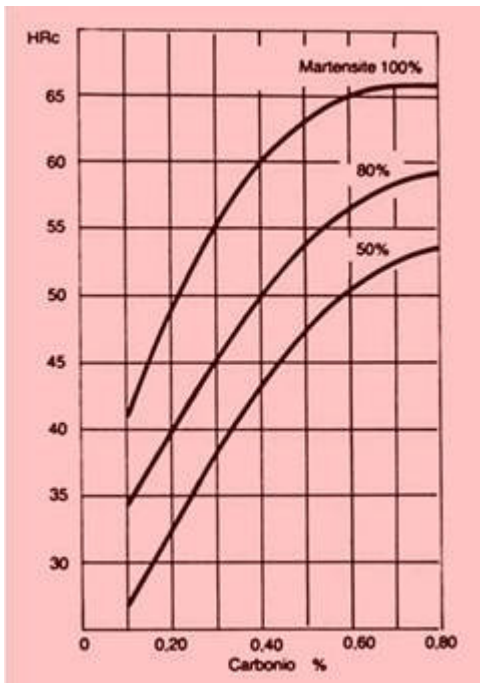


DIE RICHTIGE WAHL EINER INDUKTIONSHÄRTUNGSANLAGE

Wie berechnet man die notwendige Leistung



Welche Betriebsfrequenz wählt man am besten

Geometrie des zu behandelnden Teils und dessen elektromagnetische Eigenschaften

Geometrie des Heizinduktors

Variable Faktoren

Wenn ein Betrieb beabsichtigt, eine Induktionshärtungsanlage anzuschaffen, muss er den eventuellen Lieferanten ein technisches Leistungsverzeichnis vorlegen; die erhaltenen technischen Antworten sind oft so unterschiedlich, dass fachliche „Nicht-Insider“ desorientiert sind.

Noch häufiger liegt ein Nichtverstehen der vorgebrachten Probleme und nur die klare Absicht vor, ein verfügbares Produkt zu verkaufen, da es der Mangel an technischen Mitteln dem Lieferanten unmöglich macht, die eigentlich notwendige Anlage herzustellen.

Es ist notwendig, die Dinge klarzustellen.

Luca Bello

Giorgio Mazzola

Massimo Mosca

Die Leistung ist die Energie pro Zeiteinheit, die die Anlage auf das Teil übertragen können

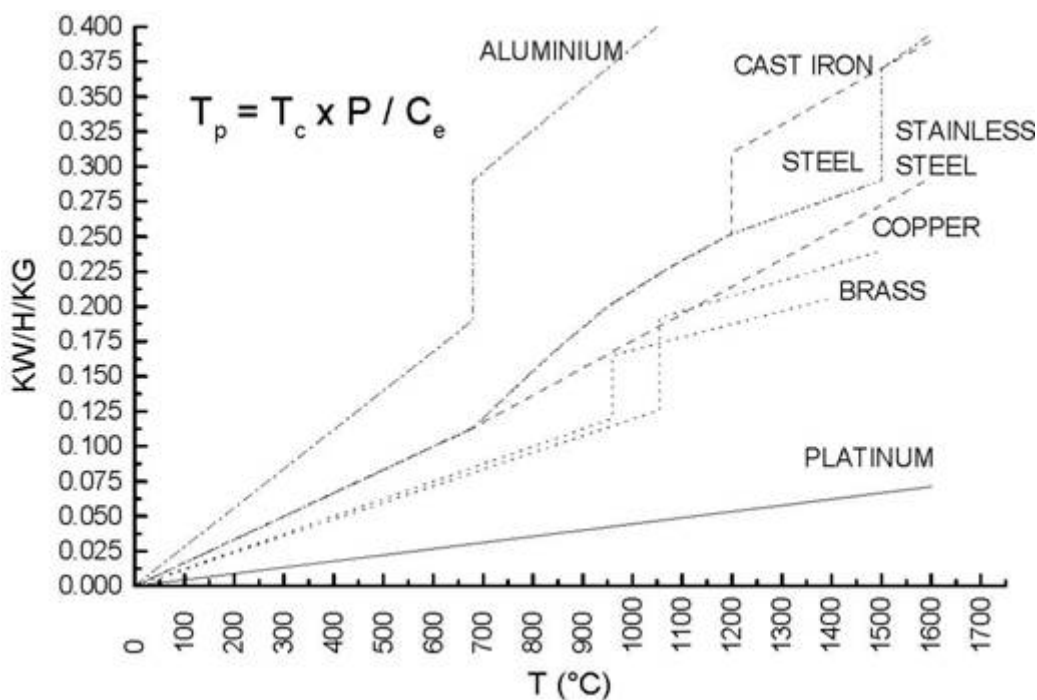
muss.

Bei einer Heizinduktionsbehandlung ergibt sich die Heizleistung aus dem Schwingkreis, d.h. genauer gesagt aus der reaktiven Leistung.

Auf der Grundlage der physikalisch-geometrischen Eigenschaften des Teils und der zu erreichenden Temperatur ermöglicht die Wahl eines optimalen Hauptfaktors eine Maximierung der Generatorleistungen bei Minimierungen der Verbrauchswerte.

Sie werden sagen „Mag ja alles richtig sein, aber ich bin kein Techniker; wie kann ich also mehr oder weniger verstehen, welche Leistung zum Härten eines bestimmten Teils erforderlich ist?“

Lassen wir uns von der Physik helfen



T_p = theoretische Leistung in kW/h/kg

T_c = aus der Grafik resultierende Wärmeleistung in kW/h/kg

P = stündlich zu verarbeitende Materialmenge in kg

C_e = Wirkungsgrad des Induktors als absoluter Wert

Machen wir ein praktisches Beispiel

Wir müssen die folgende Welle aus C 40-Stahl mit einem \varnothing von 30 mm und einer Länge von 300 mm härten.



Berechnen wir dessen Gewicht: 1,660 kg.

Wir müssen davon 60 Teile/Std. Härten.

Die Zyklusdauer von 60s besteht aus verschiedenen passiven Zeiten (Beladen, Entladen, Positionieren des Induktors, Schließen der Schutzvorrichtungen, zusätzliches Kühlen bei Zyklusende) und aus einer aktiven Zeit, die dem Erwärmen gewidmet ist.

Von insgesamt 60s sind nur 30s dem Erwärmen gewidmet.

Errechnen wir die stündlich zu erwärmende Produktmenge, die wie folgt sein wird:

3.600 s geteilt durch 30 = 120 Zyklen/Std. multipliziert mit 1,660 kg = 199,2 kg

Wir wissen, dass die optimale Temperatur für diesen Stahl 900°C beträgt.

Aus der Grafik lesen wir an der "steel"-Kurve ab, dass wir 0,18 kW/h für jedes Kilogramm Material benötigen; folglich ist die notwendige Leistung 36 kW.

Nun müssen wir die theoretische Leistung durch den Wirkungsgrad des Induktors pro Teil dividieren.

Dieser hängt von unterschiedlichen Faktoren ab und verändert sich auch in Abhängigkeit von der Temperatur des Teils während des Erwärmens (bei Temperatur Curie = 720° verliert das Material seinen Magnetismus).

Um nicht zu technisch zu werden, berechnen wir einen Wirkungsgrad von 0,5, bei dem man immer richtig liegt!

Die korrekte Leistung beträgt daher 36 kW geteilt durch 0,5 = 72 kW.

Da das Teil nicht bis in den Kern zu härten ist, braucht man eine höhere Leistung nur zum schnellen Aufwärmen und Erreichen der Umwandlungstemperatur der uns interessierenden Oberflächenschicht.

Nehmen Sie einen weiteren Rat aus der Praxis an.

Wenn Sie eine Härtung bis zu einer Tiefe von 4-6 mm wünschen, multiplizieren Sie die Leistung mit 2,

d.h. $72 \times 2 = 144 \text{ kW}$.

Wenn Sie eine Härtung bis zu einer Tiefe von 2-3 mm wünschen, multiplizieren Sie die Leistung mit 1,5,

d.h. $72 \times 1,5 = 108 \text{ kW}$

Es handelt sich natürlich um eine Rechnung, bei der die Spezialisten der Induktion sich die Haare raufen würden, da sie nicht die Betriebsfrequenz und viele andere wichtige Faktoren berücksichtigtsie erlaubt es Ihnen jedoch, zu verstehen, ob Ihr Lieferant Ihnen die richtige Anlage anbietet.



Welche Betriebsfrequenz wählt man am besten

Die vom Schwingkreis erzeugte Frequenz beeinflusst die Eigenschaften der

Wärmebehandlung in zwei Punkten:

1) Eindringtiefe durch "Hauteffekt"

2) Intensität der elektromagnetischen Feldlinien

(1) definiert die Heizinduktionstiefe; diese ist unabhängig von der zeitlichen Dauer und der bei der Behandlung angewendeten Leistung.

Zusammen mit der Wärmeleitung (in Funktion der Erwärmungszeit, der angewendeten Leistung und der thermischen Leitfähigkeit des behandelten Materials) definiert diese die tatsächliche Tiefe der Wärmebehandlung.

(1) kann in erster Annäherung wie folgt ausgedrückt werden:

$$D_{pen} \cong 75000/f \text{ [mm]}$$

Beispiele:

- Für eine Frequenz von 100 kHz : $D_{pen} \cong 0,75$ mm

- Für eine Frequenz von 10 kHz : $D_{pen} \cong 7,5$ mm

Aus den Beispielen geht klar der Einfluss der Frequenz auf die Tiefe der behandelten Zone hervor.

(2) ist ein für jede elektromagnetische Emission charakteristischer physikalischer Parameter, der die Dichte der Feldlinien des besagten elektromagnetischen Feldes angibt.

Ausgehend von der gleichen Leistung sind die Feldlinien umso konzentrierter, umso höher die Frequenz ist.

Aus diesen Analysen geht klar hervor, dass man für diejenigen Wärmebehandlungen hohe Frequenzen braucht, bei denen man nur kleinere Materialzonen behandeln möchte (oberflächliche Härtungen mit Übergangszonen zwischen gehärtetem und nicht gut definiertem Material).

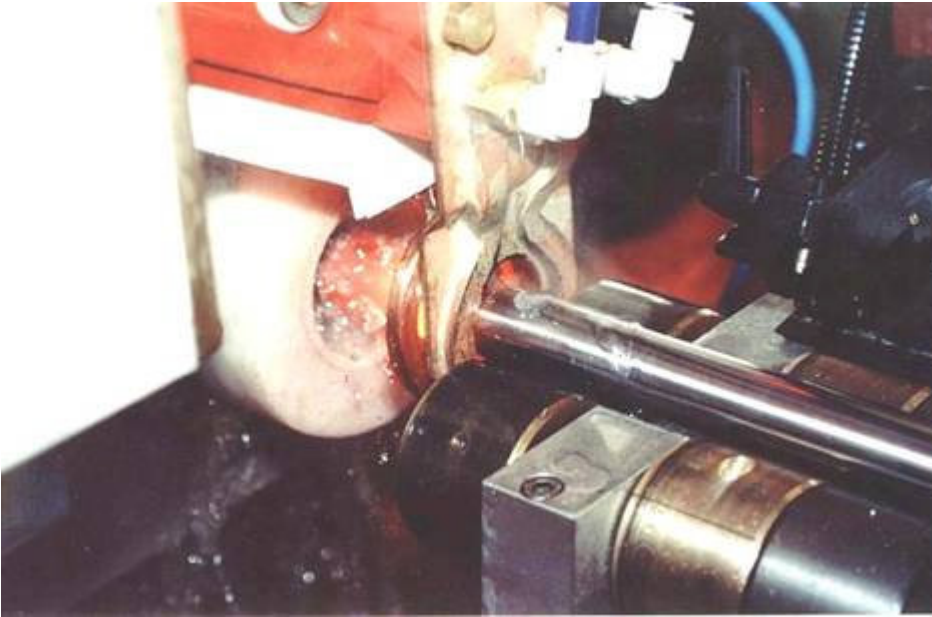
Geometrie des zu behandelnden Teils und dessen elektromagnetische Eigenschaften

Die Geometrie des Teils und das gewünschte Profil der Wärmebehandlung sind zwei wesentliche Parameter für die Wahl der Leistung und der Betriebsfrequenz.

Andere wichtige Parameter sind die metallurgisch-physikalischen Eigenschaften des zu behandelnden Materials und deren Evolution während der Temperaturvariation sowie der Typ des verwendeten Induktors, der häufig einen Kompromiss zwischen mechanischen und elektrischen Erfordernissen darstellt.

Ein ebenso wichtiger Parameter stellt die physikalische Kopplung zwischen Induktor und dem zu behandelnden Teil dar; unter rein energetischem Gesichtspunkt gilt: je kleiner der

Abstand zwischen Induktor und Teil, umso größer der Wirkungsgrad.



Variable Faktoren, die einen Einfluss auf die Wahl einer Induktionshärtungsanlage haben können

Nachdem Sie nun lernten, wie man die Leistung der Anlage dimensioniert, wie man die beste Frequenz wählt und erkennt, welcher Induktor sich am besten eignet, stellt sich das Problem, bei welchem Lieferant einkaufen.

Welche und wie viele Faktoren müssen bei der Wahl eine Rolle spielen?

Betrachten wir einige davon:

Kontrolle der Kühlflüssigkeit

Der Generator erwärmt, aber die Härtung wird durch Kühlen des Teils erreicht!

Die korrekte Kontrolle der Härtingsflüssigkeit ist von grundlegender Bedeutung; es ist notwendig, die Flüssigkeit zu kühlen (in bestimmten Fällen zu Beginn des Zyklus zu erwärmen), gründlich zu filtern und die Förderleistung und den Druck zu steuern.

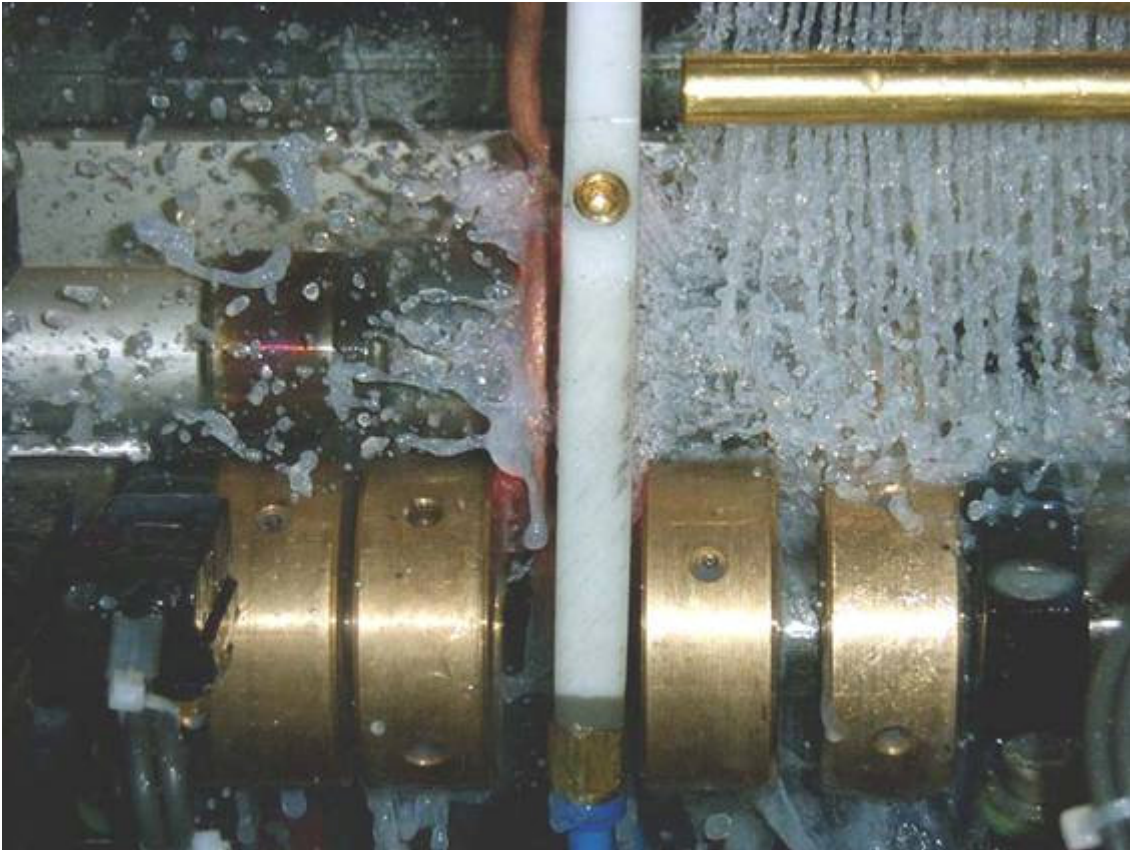


Kühldusche

Die Härtingsflüssigkeit ist unter Verwendung einer korrekt konstruierten Dusche auf das Teil zu spritzen; nicht mit dem „üblichen Schlauch und ein Paar Düsen“

Die Austrittslöcher der Flüssigkeit sind so anzufertigen, dass der Sprühstrahl perfekt im rechten Winkel zum Teil gerichtet ist.

Die Dusche ist so zu konzipieren, dass eine gute zeitliche Effizienz und eine Konstanz der Ergebnisse erzielt wird; es sind daher oxydationsbeständige Materialien zu verwenden.



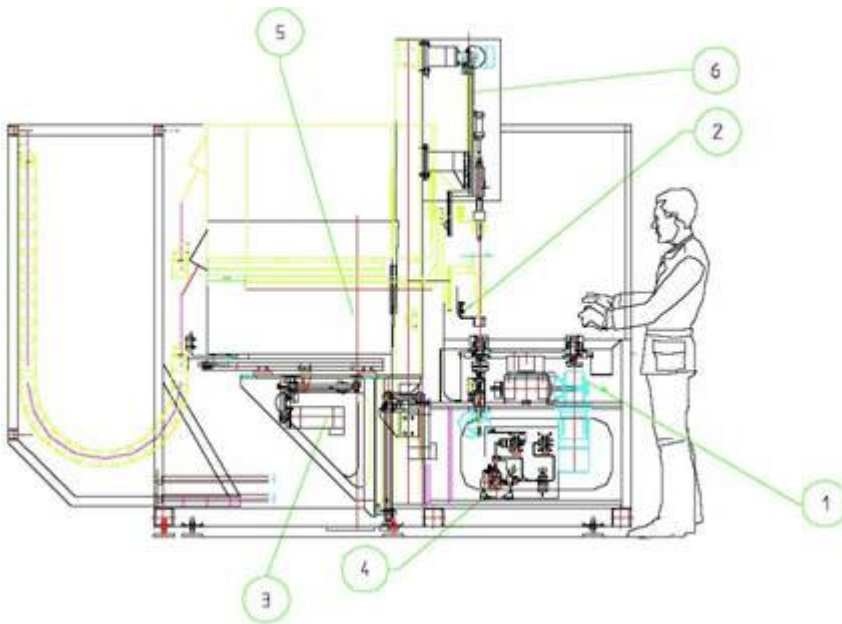
Zum Anlagenbau verwendete Komponenten.

Früher oder später werden Sie ein Ersatzteil oder einen Techniker zur Reparatur benötigen.

Wählen Sie Hersteller, die tatsächlich im Besitz des erforderlichen Know-hows sind und keine Betriebe, die den Heizgenerator fertigen und den mechanischen Bereich Drittfirmen anvertrauen.

Fordern Sie die Verwendung von Komponenten erstrangiger Lieferanten, die über ein Verkaufsnetz in Ihrer Gegend verfügen.

Verlangen Sie ein klares und ein Verzeichnis der Komponenten enthaltendes Benutzer- und Wartungshandbuch, eine Kopie der Betriebssoftware und des Wartungsplans.



Sicherheit

Der Lieferant muss Ihnen ein Messzertifikat der Emissionen des elektromagnetischen Feldes aushändigen.