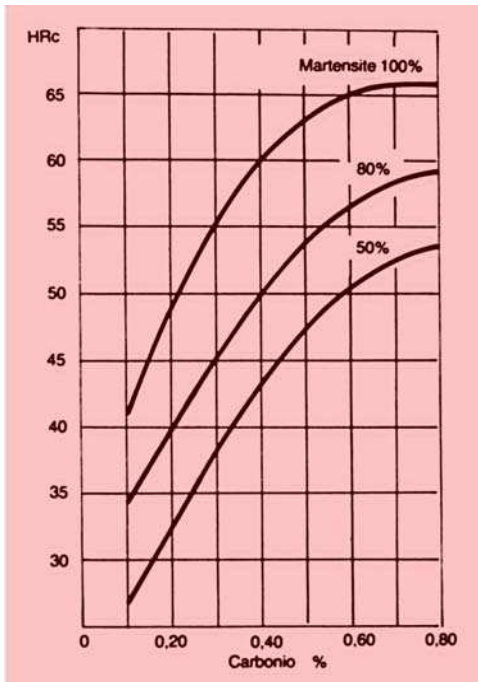


# LA CORRETTA SCELTA DI UN IMPIANTO PER LA TEMPRA AD INDUZIONE

## Come calcolare la potenza necessaria



## Quale frequenza di lavoro scegliere

## Geometria del pezzo da trattare e sue caratteristiche elettromagnetiche

## Geometria dell'induttore di riscaldamento

## Fattori variabili

Quando un'azienda deve acquistare un impianto per tempra ad induzione, sottopone agli eventuali fornitori un capitolato tecnico; spesso le risposte tecniche ricevute sono così contrastanti da disorientare non poco chi, ovviamente, non sia "addetto ai lavori"

Ancora più spesso non c'è logica correlazione con il problema sottoposto ma solo il chiaro intento di vendere il prodotto disponibile perché la pochezza dei mezzi tecnici non consente al fornitore di produrre l'impianto che effettivamente sarebbe necessario.

E' necessario fare chiarezza.

*Luca Bello*

*Giorgio Mazzola*

*Massimo Mosca*

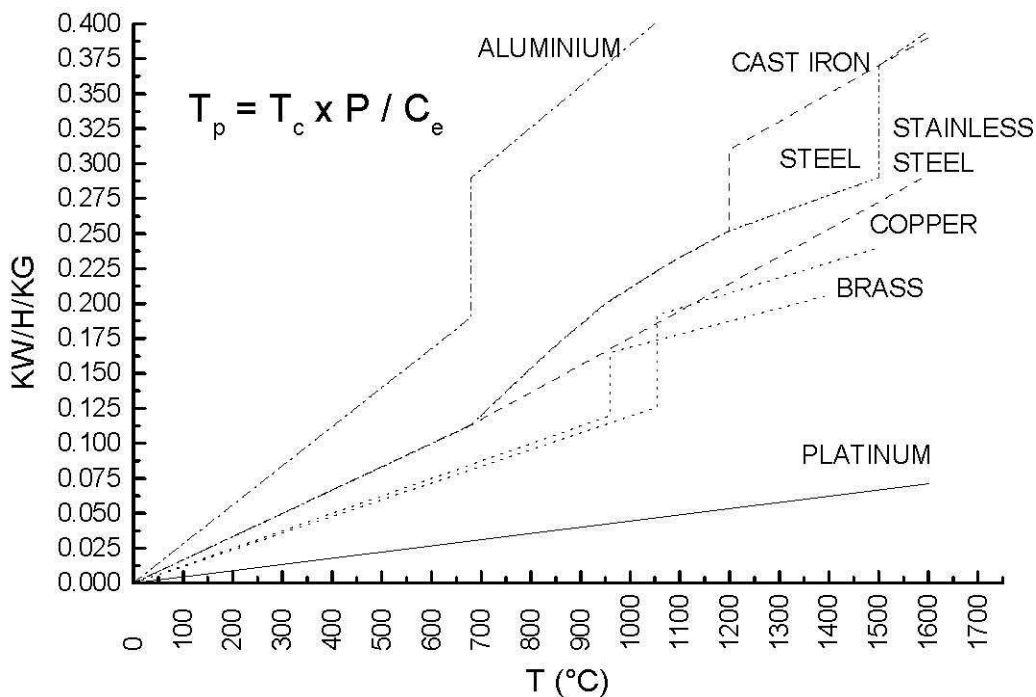
La potenza rappresenta l'energia nell'unità di tempo che l'impianto deve essere in grado di trasferire sul pezzo

In un trattamento termico ad induzione, la potenza riscaldante è quella determinata dal circuito oscillante e più correttamente denominata potenza reattiva

In base alle caratteristiche fisico geometriche del pezzo e alla temperatura da raggiungere la scelta di un fattore di merito ottimale permette di massimizzare le prestazioni del generatore minimizzando i consumi

Tutto giusto; ma io non sono un tecnico, come faccio a capire “più o meno” la potenza che serve per temprare un certo pezzo?

Facciamoci aiutare dalla Fisica



$T_p$  = potenza teorica in KW/H/KG

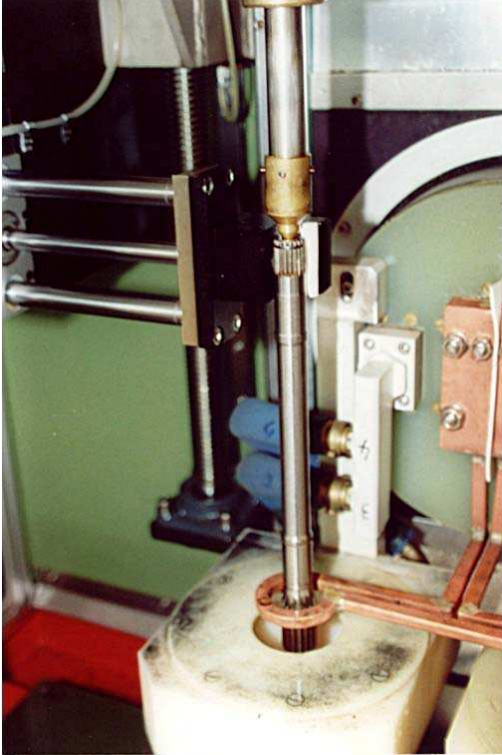
$T_c$  = capacità termica in KW/H/KG dedotta dal grafico

$P$  = quantità oraria di materiale da processare in KG

$C_e$  = efficienza induttore in valore assoluto

### Facciamo un esempio pratico

Dobbiamo temprare questo albero in acciaio C 40 che ha un  $\varnothing$  30 mm e una lunghezza di 300 mm



Calcoliamo il suo peso: 1,660 Kg

Ne dobbiamo temprare 60 pezzi / H

Il tempo ciclo di 60 sec sarà composto da vari tempi passivi (carico, scarico, posizionamento dell'induttore, chiusura delle protezioni, raffreddamento supplementare a fine ciclo) e da un tempo attivo da dedicare al riscaldamento

Su un totale di 60 sec solo 30 saranno dedicati al riscaldamento

Calcoliamo la quantità oraria di prodotto da riscaldare che sarà di:

$3.600 \text{ sec} \div 30 = 120 \text{ cicli/H}$  moltiplicati per 1,660 Kg = 199,2 Kg

Sappiamo che la temperatura di tempra ottimale per questo acciaio è di 900°C

Dal grafico leggiamo sulla curva "steel" che ci servono 0,18 Kw/H per ogni chilogrammo di materiale; quindi la potenza necessaria è di 36 KW

Ora dobbiamo dividere la potenza teorica per il rendimento induttore pezzo

Che dipende da svariati fattori e che cambia anche in funzione della temperatura del

pezzo durante il riscaldamento (alla temperatura di Curie = 720° il materiale perde magnetismo)

Per non addentrarvi in argomenti troppo tecnici calcolate un rendimento di 0,5 non sbaglierete mai!

Quindi la potenza corretta diventa di 36 KW diviso 0,5 = 72 Kw

Poiché il pezzo non va temprato a cuore bisogna avere più potenza per scaldare rapidamente e portare a temperatura di trasformazione solo lo strato superficiale che ci interessa

Accettate un altro consiglio che viene dalla pratica

Se volete una tempra con profondità 4-6 mm moltiplicate la potenza per 2

Cioè  $72 \times 2 = 144$  KW

Se volete una tempra con profondità 2-3 mm moltiplicate la potenza per 1,5

Cioè  $72 \times 1,5 = 108$  KW

Si tratta naturalmente di un calcolo che farà inorridire i teorici dell'induzione perché non tiene conto della frequenza di lavoro e di molti altri fattori importanti.....ma vi permetterà di capire se il Vs. fornitore ha proposto l'impianto giusto.



Quale frequenza di lavoro scegliere

**La frequenza** generata dal circuito oscillante influenza le caratteristiche del trattamento termico per due aspetti:

- 1) Profondità di penetrazione per “effetto pelle”**
- 2) Intensità delle linee di campo elettromagnetico**

La **(1)** definisce la profondità di riscaldamento per induzione; essa è indipendente dalla durata temporale e dalla potenza applicata

nel trattamento.

Unitamente alla conduzione termica (funzione del tempo di riscaldamento, della potenza applicata e della conducibilità termica del materiale trattato) definisce la profondità effettiva del trattamento termico

La **(1)** può essere espressa, in prima approssimazione, come:

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

Esempi:

- Per una frequenza di 100 kHz :  $D_{pen} \approx 0,75 \text{ mm}$

- Per una frequenza di 10 kHz :  $D_{pen} \approx 7,5 \text{ mm}$

Dagli esempi traspare in modo evidente l'influenza della frequenza sulla profondità della zona trattata

La  $(\delta)$  è un parametro fisico caratteristico di ogni emissione elettromagnetica ed indica la densità delle linee del campo elettromagnetico stesso.

A parità di potenza, le linee di campo risultano tanto più concentrate quanto più la frequenza è elevata.

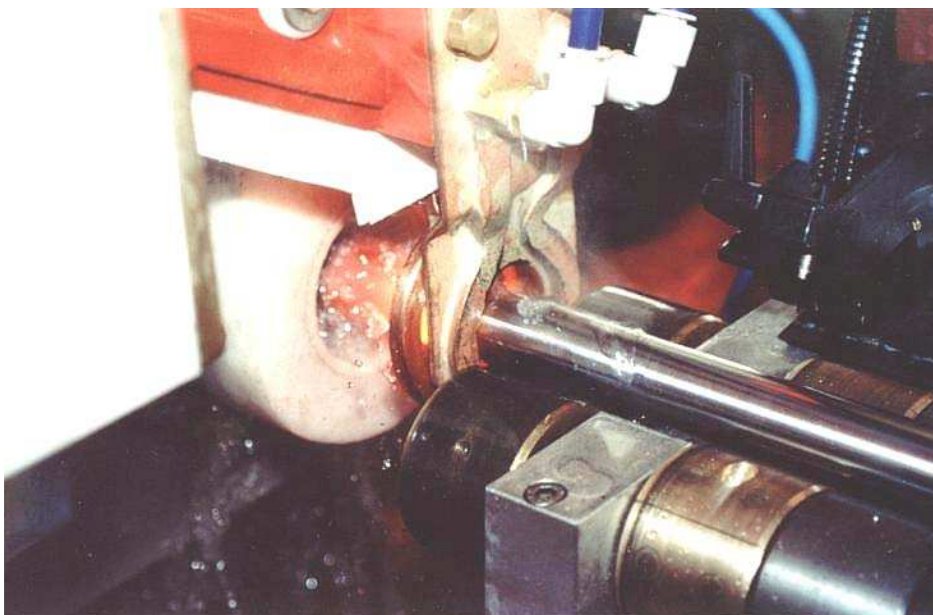
Da queste analisi risulta evidente che le alte frequenze sono indicate per i trattamenti termici dove si vuole interessare zone di materiale poco estese (tempre superficiali con zona di transizione tra materiale temprato e non ben definite).

### Geometria del pezzo da trattare e sue caratteristiche elettromagnetiche

La geometria del particolare ed il profilo del trattamento termico che si vuole ottenere sono due parametri fondamentali per la scelta della potenza e della frequenza di lavoro

Altri parametri importanti sono le caratteristiche metallurgico-fisiche del materiale da trattare e la loro evoluzione al variare della temperatura nonché il tipo di induttore impiegato che rappresenta spesso un compromesso tra esigenze meccaniche e elettriche.

Un parametro altrettanto importante è l'accoppiamento fisico tra l'induttore ed il pezzo da trattare; da un punto di vista solamente energetico minore è la distanza tra induttore e pezzo tanto migliore è la resa.



## Fattori variabili che possono influire sulla scelta di un impianto per tempra ad induzione

Adesso che avete imparato a dimensionare la potenza dell'impianto, a scegliere la frequenza più giusta e a riconoscere quale sia l'induttore più adatto si pone il problema di scegliere da quale fornitore acquistare.

Quali e quanti sono gli elementi che devono influenzare la scelta?

Vediamone alcuni:

### Gestione liquido di raffreddamento

Il generatore riscalda ma la tempra si ottiene raffreddando il pezzo!

La corretta gestione del liquido di tempra è fondamentale; è necessario raffreddare (in certi casi anche riscaldare all'inizio del turno) il liquido, filtrarlo accuratamente, gestirne portata e pressione.



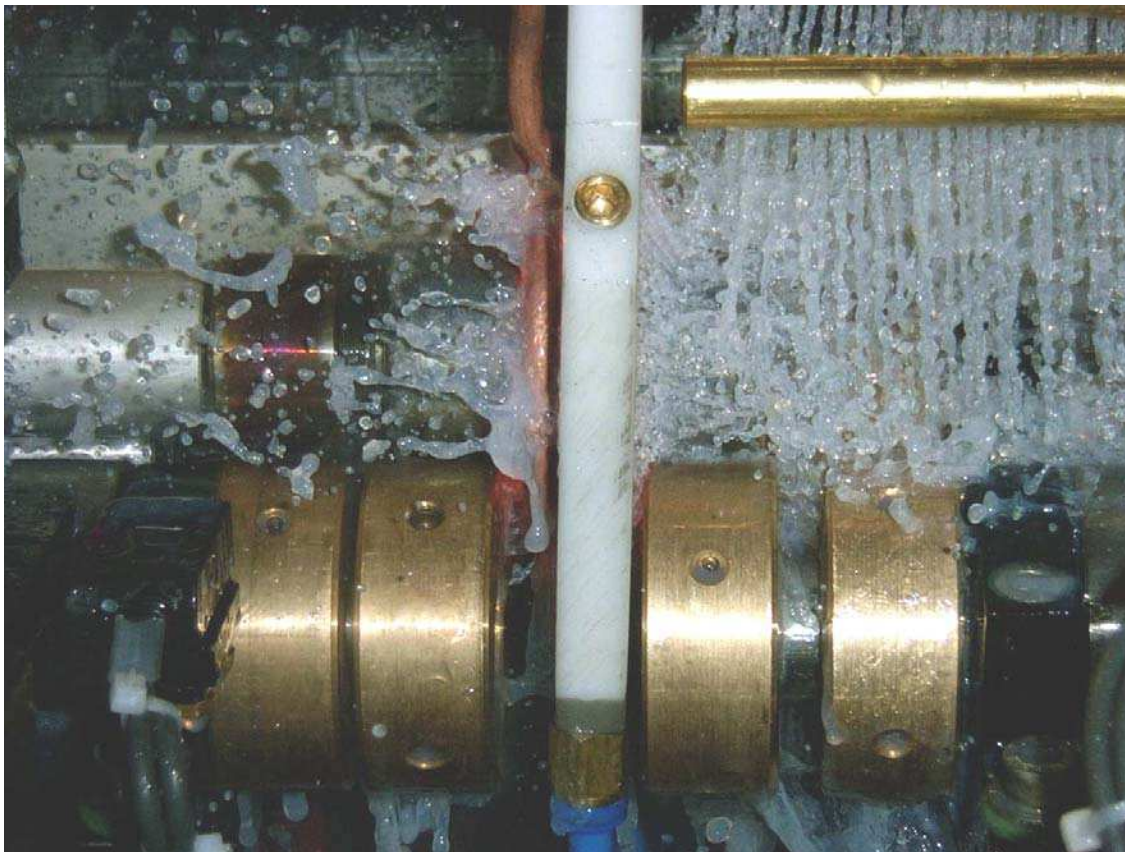
### Doccia di raffreddamento

Il liquido di tempra deve essere spruzzato sul pezzo usando una doccia correttamente costruita; non con il “solito tubo e un paio di ugelli”

I fori da cui fuoriesce il liquido devono essere eseguiti in modo che i getti siano

perfettamente ortogonali al pezzo.

La doccia deve essere pensata per mantenere una buona efficienza nel tempo e garantire costanza di risultati; quindi vanno usati materiali resistenti all'ossidazione



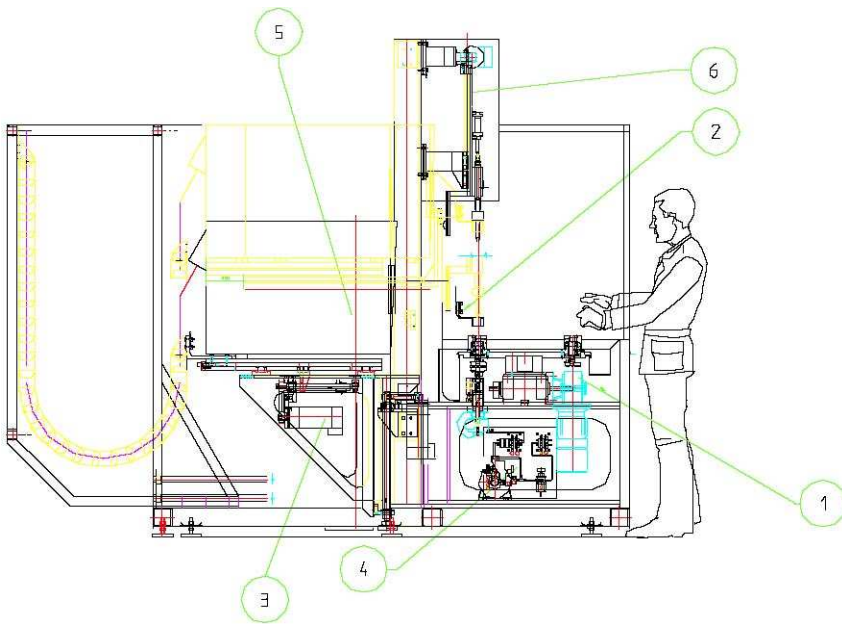
Componenti usati per la costruzione dell'impianto

Prima o poi avrete bisogno di un ricambio e di un tecnico riparatore

Scegliete costruttori che possiedano veramente il know-how e non aziende che producono il generatore di riscaldamento e commissionano la parte meccanica a terzi

Pretendete che sia usata componentistica di primari fornitori con rete di vendita sul Vs. territorio.

Esigete un manuale di uso e manutenzione chiaro completo di distinta componenti, copia del software di gestione e piano di manutenzione



## Sicurezza

Il fornitore deve consegnare un certificato di misura delle emissioni di campo elettromagnetico