



Materiali Magnetici Sinterizzati:

PROPRIETA' ED APPLICAZIONI

O. Morandi - D. Ornato

Parma 22/03/07





Materiali magnetici e metallurgia delle polveri

- La metallurgia delle polveri consente di ottenere un ampio spettro di prodotti con buone caratteristiche magnetiche, mediante una scelta corretta di materiali e, soprattutto, mediante un corretto processo delle polveri stesse.
- Ancora più importante è la fase di presviluppo e co-design tra fornitore e cliente: in questo momento il fornitore con il suo know – how sulle proprietà dei materiali e forme ammissibili può aiutare il progettista a sviluppare un' applicazione veramente competitiva e prestazionale





Materiali magnetici dolci: confronto materiali convenzionali - sinterizzati

- Scelta dei materiali:
 - Composizioni simili ad eccezione di poche leghe speciali (sia compatte che sinterizzate)
- Vantaggi del sinterizzato
 - Forme complesse
 - Facile variazione del contenuto di lega
 - Costi ridotti
 - Prestazioni buone soprattutto in seguito a nuova ingegnerizzazione dell'applicazione
 - Libertà di forma per poter integrare anche funzioni di tipo meccanico
 - Proprietà magnetiche
 - Resistività più elevata 0-100%
 - Caratteristiche costanti
- Svantaggi del sinterizzato
 - Proprietà magnetiche più basse dovute principalmente alla porosità
 - Induzione – 10-30 %
 - Permeabilità – 20-40%
 - Forza coercitiva + 0-100%
 - Resistenza meccanica più bassa





Caratterizzazione di un materiale magnetico

Per confrontare ed analizzare i vari materiali magnetici abbiamo preso in considerazione:

- Resistività
- Induzione di saturazione e forza coercitiva
- Permeabilità magnetica





1. Caratteristiche magnetiche: resistività

Il primo parametro da valutare per fare una scelta del materiale più idoneo per una data applicazione magnetica è la frequenza di lavoro:

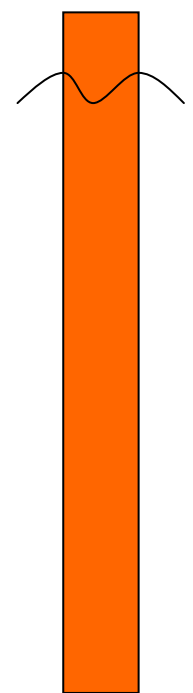
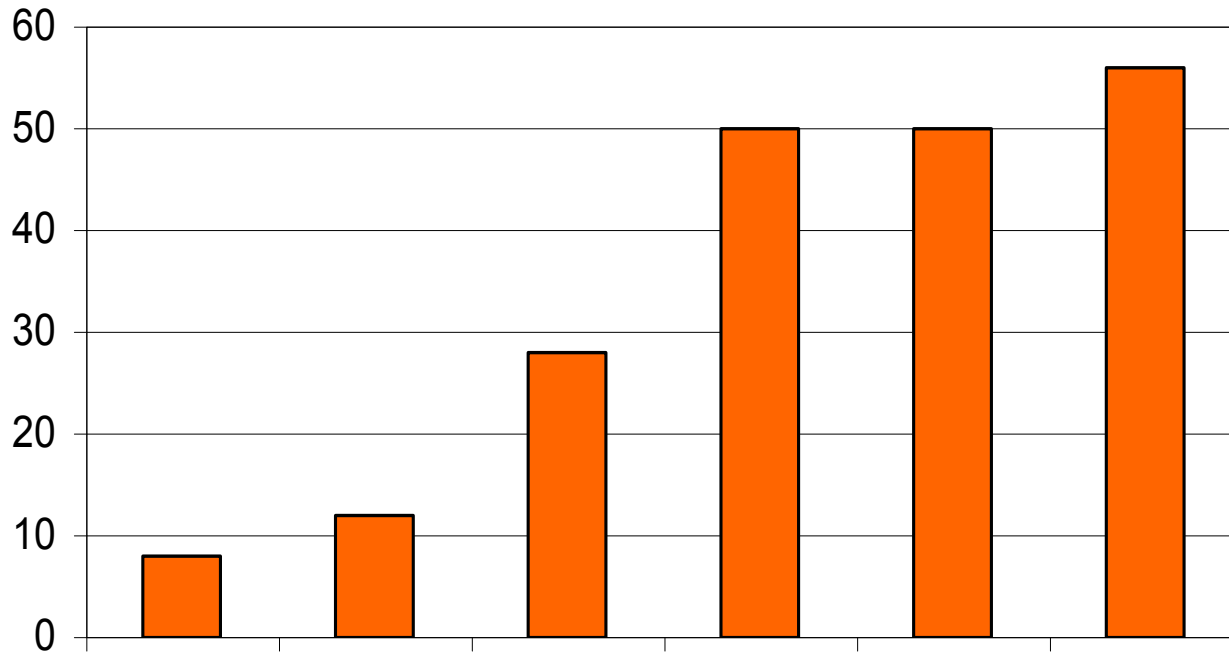
- Corrente continua e basse frequenze – materiali a bassa resistività
- Basse e medie frequenze – leghe a media resistività
- Alte frequenze – alta resistività



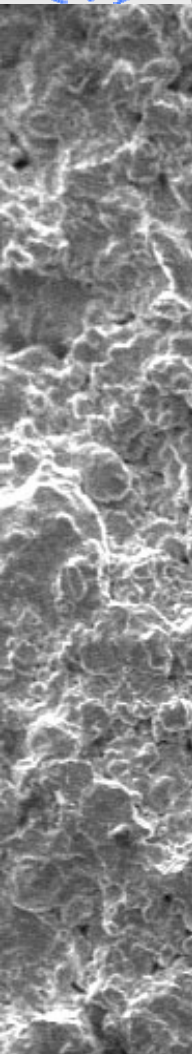


Confronto resistività sinterizzati

RESISTIVITA' ρ ($\mu\Omega$ cm)

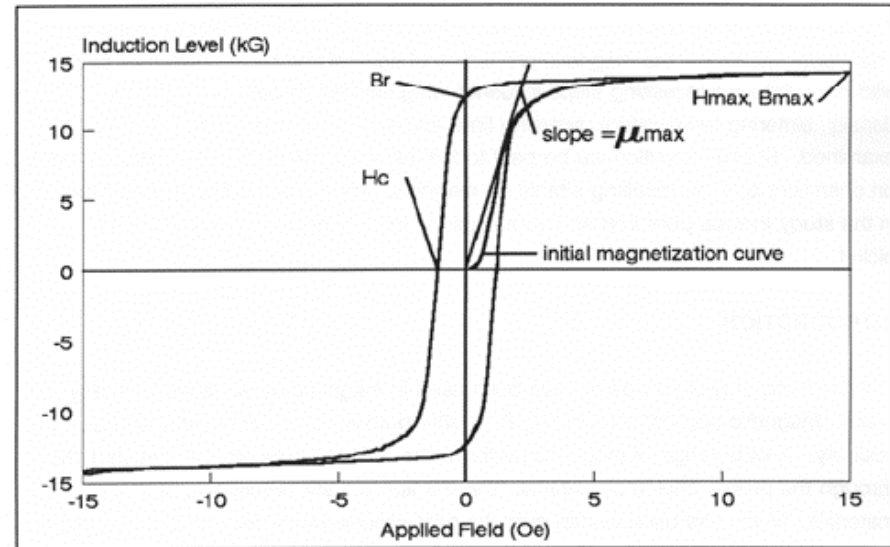


Fe/Co	Fe	Fe/P	Fe/Si	Fe/50%Ni	410L	SMC
CC – 100 Hz		Fino a ~200 Hz		Fino a ~ 300 Hz		Fino a ~ 10.000 Hz



2. Caratteristiche magnetiche: induzione di saturazione B_s - forza coercitiva H_c

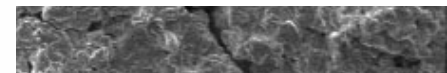
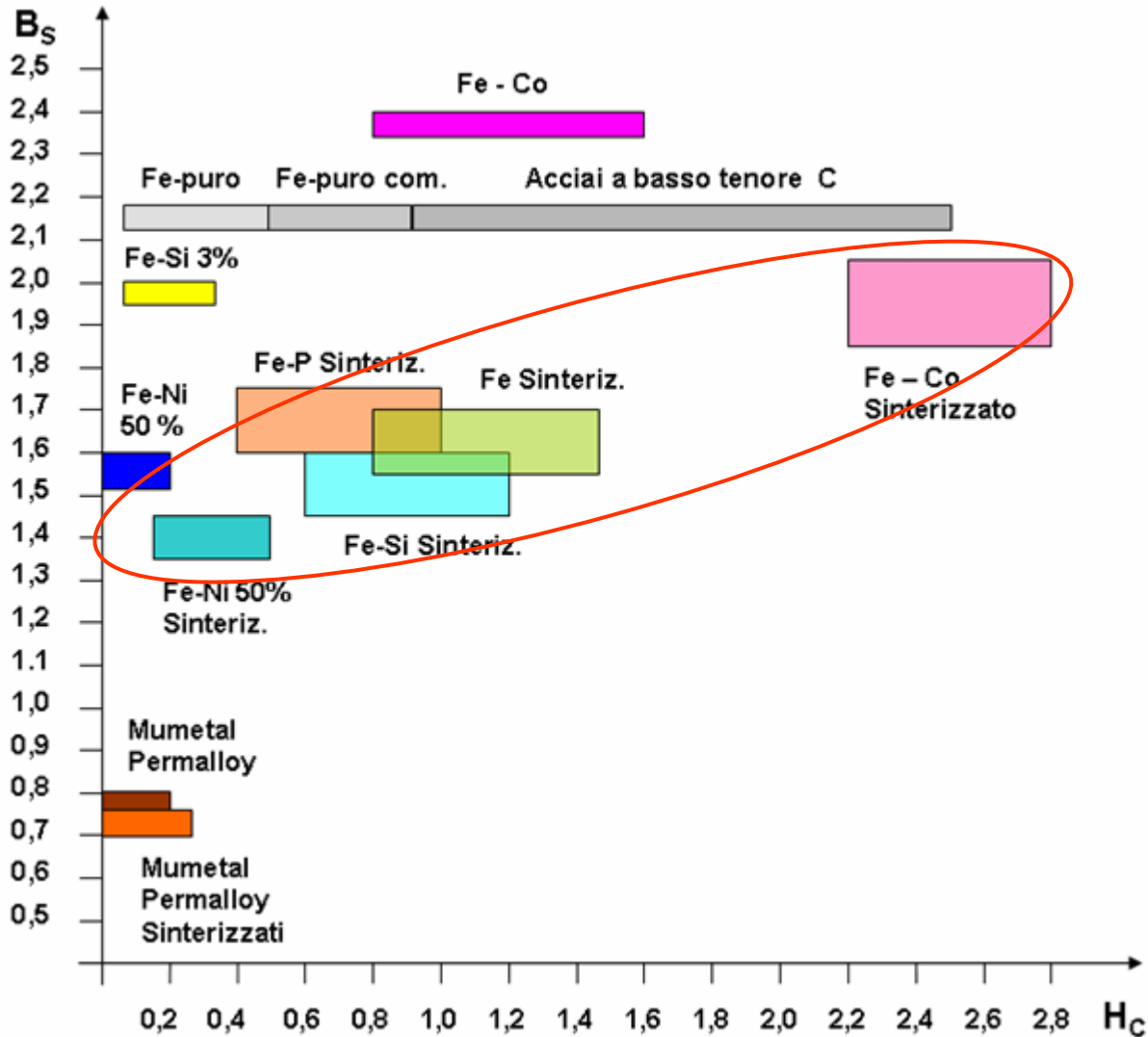
Il ciclo di isteresi correla la risposta di un materiale all'induzione magnetica (B) in conseguenza di un campo magnetico applicato (H). L'induzione di saturazione è quel valore al di là del quale un ulteriore incremento del campo applicato non genera incremento nell'induzione.



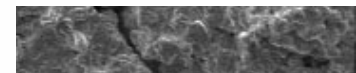
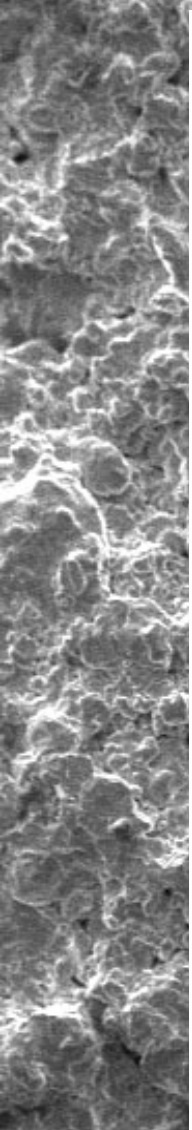
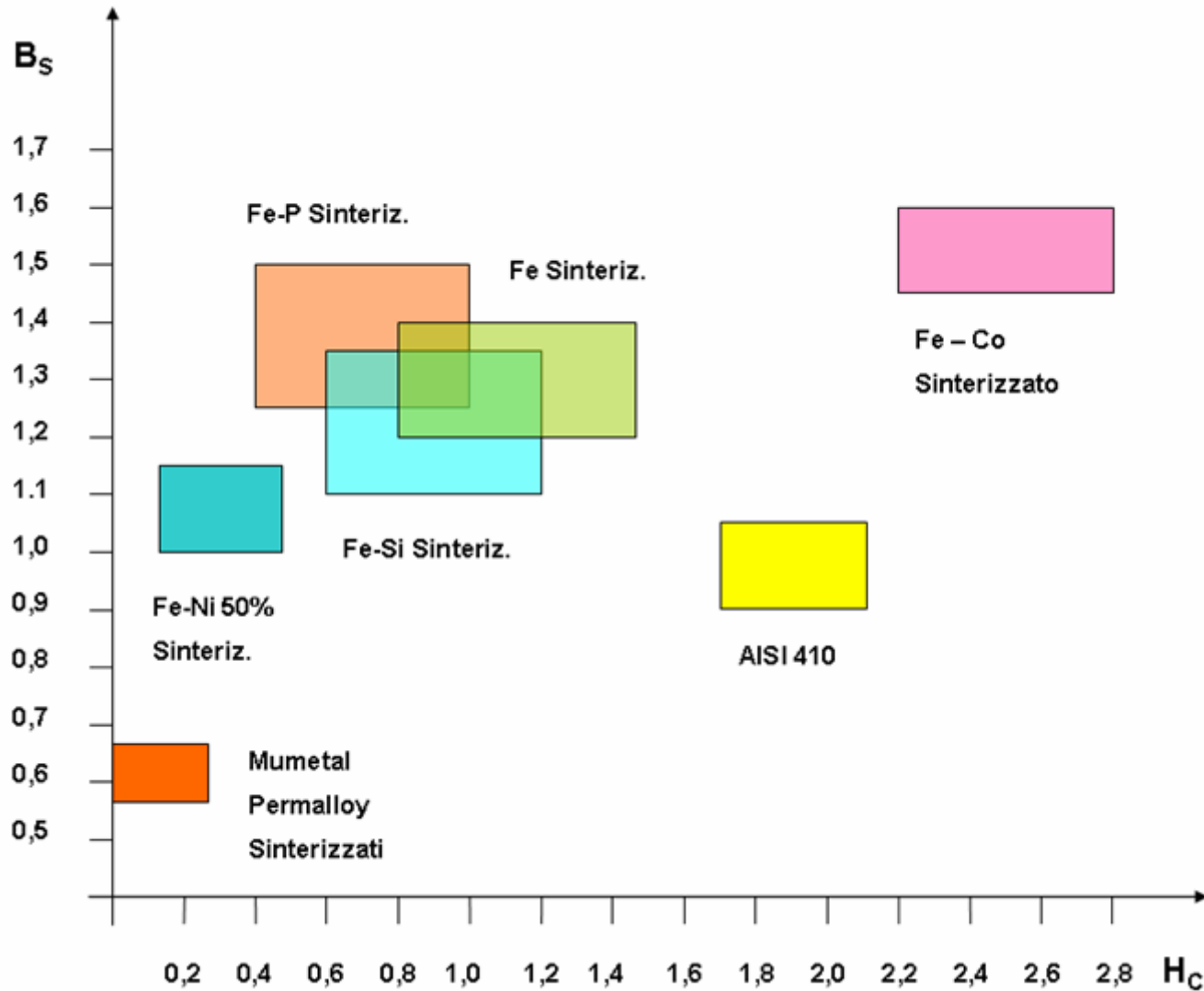
La forza coercitiva (H_c) è il campo magnetico inverso che è necessario applicare per riportare l'induzione magnetica di un materiale a zero dopo che questo è stato esposto ad un campo diretto. L'induzione residua (B_r) è quell'induzione che rimane nel materiale dopo che il campo magnetico è stato rimosso ($H=0$)
Quando il materiale è sottoposto ad un campo che determina la saturazione la forza coercitiva prende il nome di coercitività



Materiali magnetici dolci: confronto materiali convenzionali - sinterizzati

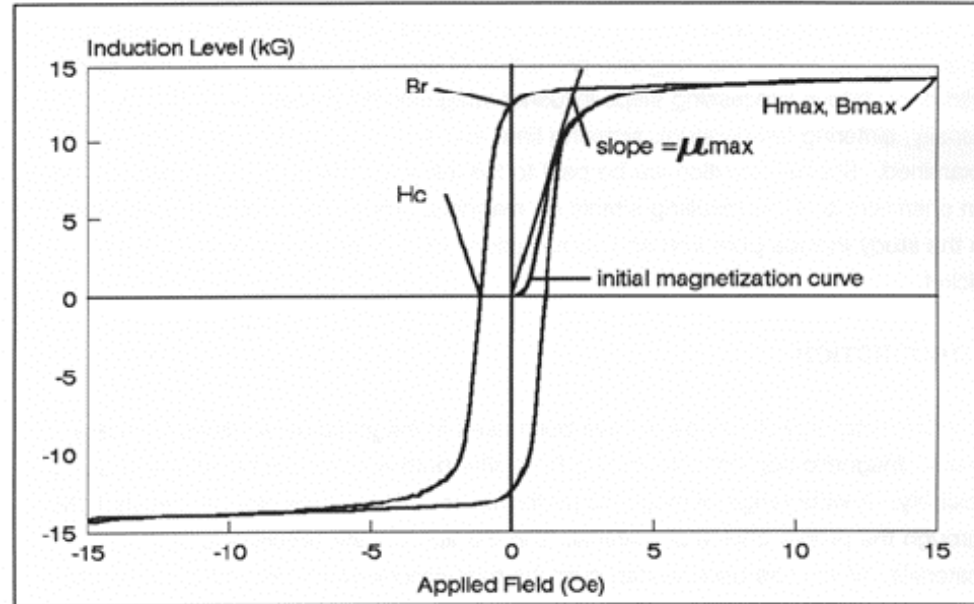


Materiali magnetici dolci: confronto tra materiali sinterizzati



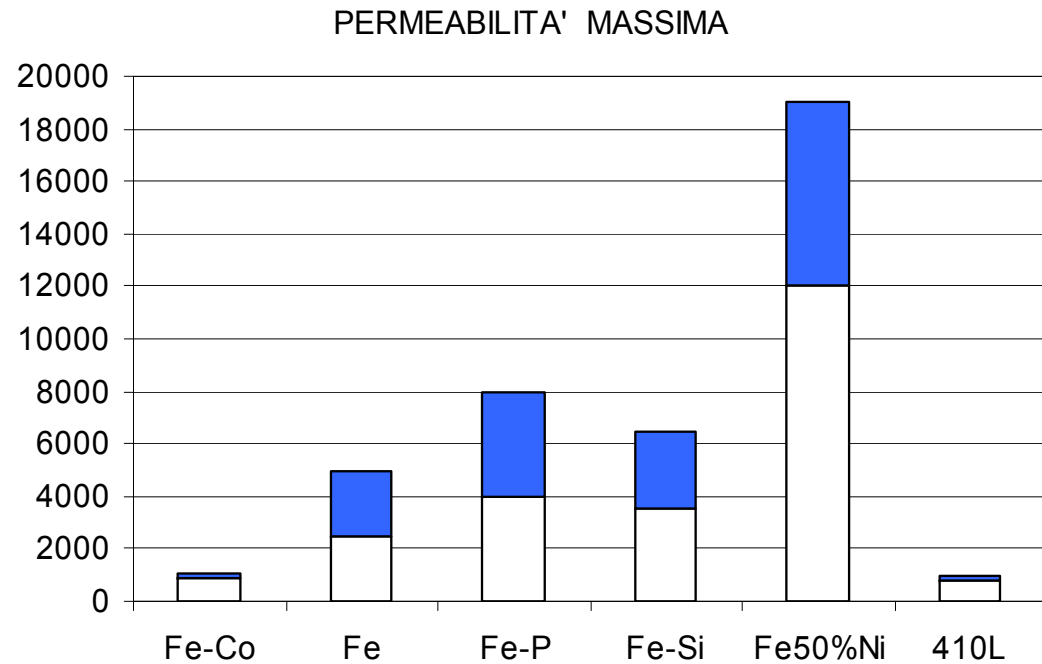
3. Caratteristiche magnetiche: permeabilità μ_{\max}

La permeabilità μ è la misura di quanto facilmente un materiale possa essere magnetizzato ed è definita come il rapporto tra l'induzione magnetica e il campo applicato (B/H)



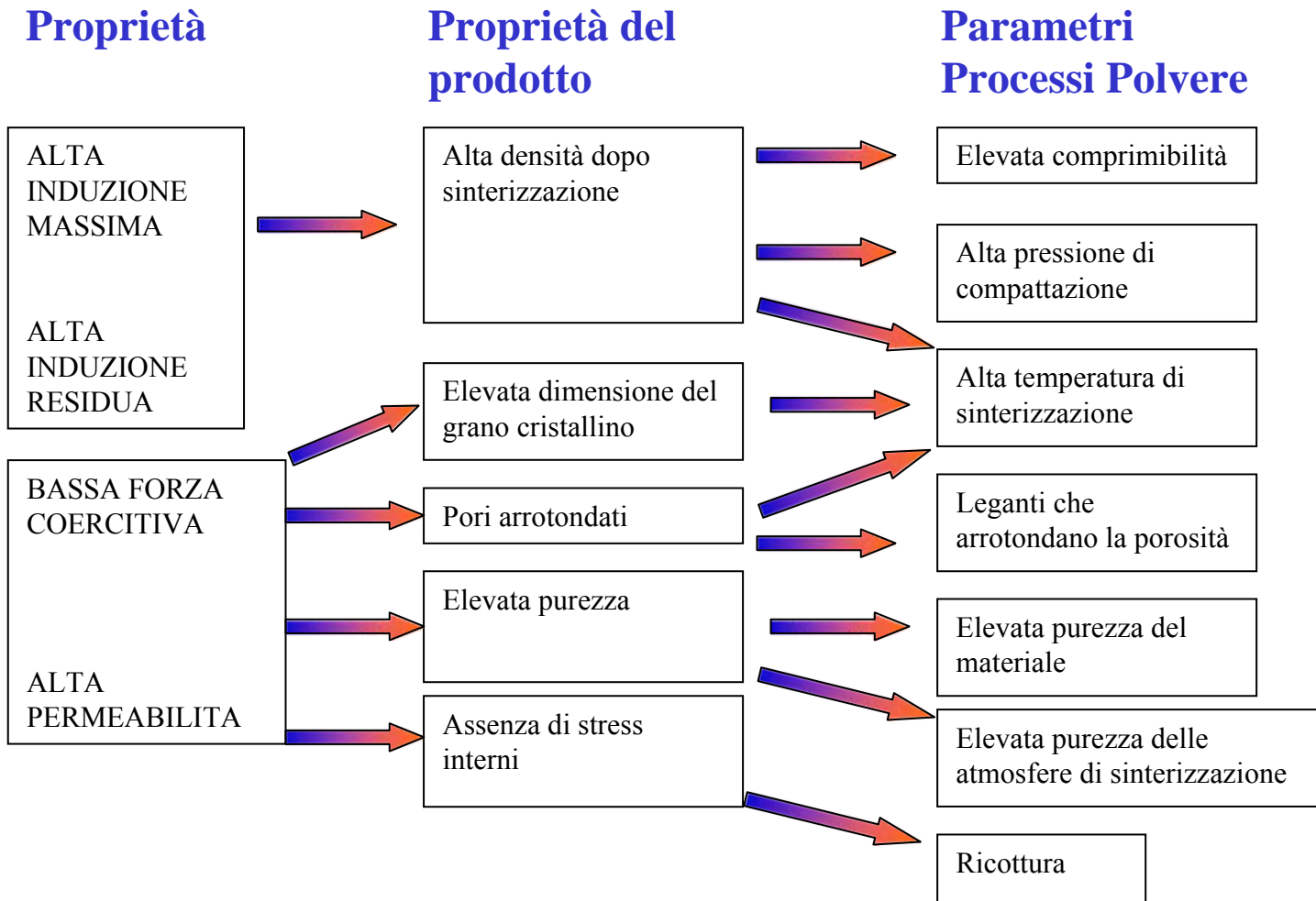
2. Caratteristiche magnetiche: permeabilità μ_{\max}

La permeabilità μ è la misura di quanto facilmente un materiale possa essere magnetizzato ed è definita come il rapporto tra l'induzione magnetica e il campo applicato (B/H)



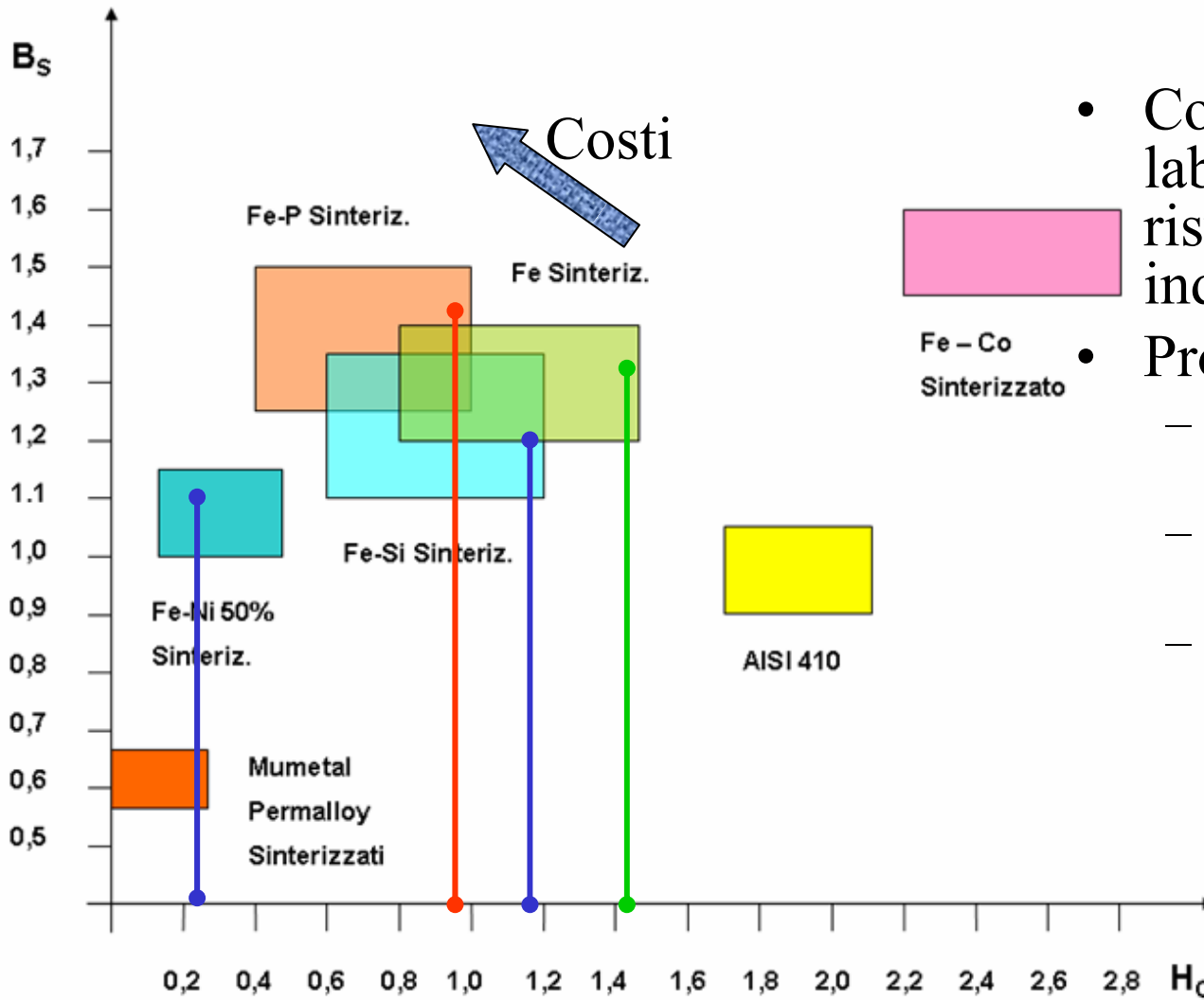


Parametri che influenzano le proprietà dei materiali





Prestazioni per un processo a basso costo



- Confronto tra laboratorio e risultati industriali:
- Processo:
 - Pressatura densità 6,8
 - Sinterizzazione 1120°C N₂-H₂
 - Buona purezza delle materie prime



Applicazioni



Cambio automatico
elettroattuato

Il flusso magnetico
mediante un sensore
indica la posizione in
cui è messo il cambio



Applicazioni



Motori VVT Vanos
BMW

Fasatura delle valvole

Il flusso magnetico da la
posizione angolare
dell'albero a camme per
sincronizzare ai vari regimi
la posizione delle valvole



Applicazioni



Azionamento per tende
da sole: freno elettro
magnetico

Questo particolare viene annegato nell'alluminio che alloggia il rotore del motore elettrico. Mediante tornitura viene eliminata la parte esterna di diametro in modo che gli elementi non siano più in contatto.

Per attivare la sua funzione viene avvicinato un disco in ferro dolce alle espansioni polari: i circuiti magnetici si chiudono con conseguente generazione di correnti autoindotte che danno luogo alla coppia frenante

Applicazioni



Freno elettromagnetico per la chiusura elettrica del bagagliaio
(Q7Audi)

Applicazioni



Freno
elettromagnetico per
regolazione tapparelle

Applicazioni



Camma di posizionamento dell'albero motore: un sensore legge pieni e vuoti e invia i messaggi alla centralina

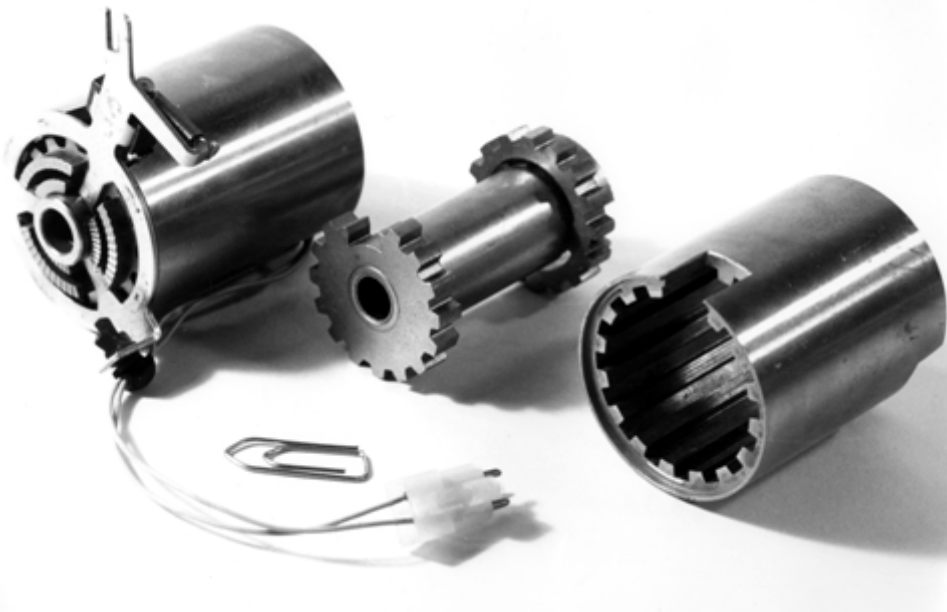
Alfa Romeo 159 Motore 2.4 JTD

Applicazioni



Frena elettromagnetico per motoriduttori

Applicazioni



Elettromagnete rotante utilizzato per la rotazione del rullo delle macchine da scrivere. Sia lo statore che il rotore sono realizzati in materiale sinterizzato: in questo caso, visto l'impiego di tipo quasi statico, il materiale utilizzato è in ferro non legato, non avendo nessuna importanza la resistività del materiale

Il rotore è realizzato mediante saldatura a proiezione di tre componenti: due rotori sinterizzati e un tubo centrale in materiale compatto

Applicazioni

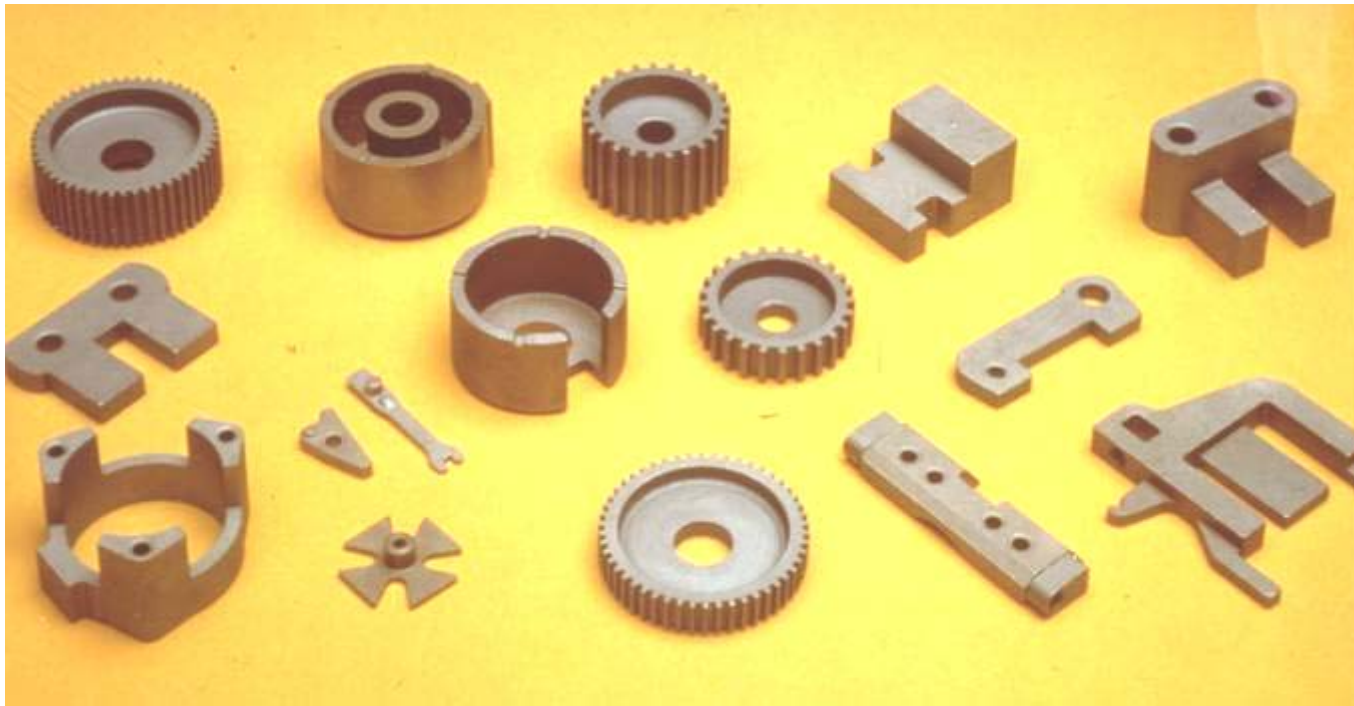


Questi due particolari rappresentano due espansioni polari utilizzate in un “magnete” per la generazione della corrente in un piccolo motore a scoppio.

Il materiale utilizzato è ferro non legato essendo trascurabili le perdite per correnti parassite. Vista la complessità della forma i vantaggi del sinterizzato sono evidenti

Applicazioni

- Elettromagnete a succhiamento per comando lineare a forza elevata
- Rotori per motori passo passo



Applicazioni



In figura è rappresentato un'impulsore per un dispositivo di accensione elettronica per autovettura. La versione sulla sinistra dell'immagine è realizzata mediante l'unione per saldatura a proiezione di due pezzi sinterizzati: la flangia in acciaio al carbonio e la parte superiore che costituisce l'impulsore vero e proprio in ferro non legato.

In questo caso, nonostante la frequenza d'impiego sia relativamente elevata il materiale utilizzato è il ferro non legato in quanto il flusso magnetico B che attraversa il materiale è molto basso trattandosi di trasmissione di un segnale: la versione di destra era realizzata in lamiera tranciata