



ALMA MATER STUDIORUM | DIPARTIMENTO
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA | DI INGEGNERIA INDUSTRIALE

Progetto di ricerca correlato all'incarico di ricerca :

Progetto FISA: “MADELEN - Materials and Design for Electrical Engines” CUP n. E13C24000300001.

Il progetto di ricerca è incentrato sullo studio dei materiali magnetici dolci, con l'obiettivo di sviluppare un modello previsionale del loro comportamento magnetico in funzione della composizione chimica e dei principali parametri microstrutturali. L'attività si inserisce nel contesto della progettazione di materiali per motori elettrici ad elevata efficienza.

Research project related to:

FISA Project: “MADELEN - Materials and Design for Electrical Engines” CUP n. E13C24000300001

The research project focuses on the study of soft magnetic materials, with the aim of developing a predictive model of their magnetic behavior based on chemical composition and key microstructural parameters. The activity is aligned with the design of materials for high-efficiency electric motors.



• **Piano delle attività:**

T1 – Sviluppo di un modello previsionale del comportamento magnetico

Sulla base dei dati di letteratura e di modelli consolidati, sarà sviluppato un modello per la previsione delle perdite magnetiche, con particolare riferimento alle lamiere Fe-Si. Il modello metterà in relazione le proprietà magnetiche con composizione chimica, difettologia, spessore, microstruttura e parametri di processo. L'implementazione sarà realizzata in ambiente Matlab, con eventuale estensione in Simulink per applicazioni modellistiche più avanzate.

T2 – Caratterizzazione microstrutturale e magnetica

L'attività sarà finalizzata all'acquisizione dei dati necessari per la validazione del modello sviluppato nel Task 1. I materiali saranno caratterizzati mediante:

- analisi microstrutturali (microscopia ottica e SEM, con EDS ed EBSD);
- analisi delle tensioni residue tramite diffrazione X (XRD);
- caratterizzazione magnetica (cicli di isteresi e perdite in funzione della temperatura mediante VSM/SQUID, suscettometria, Single Sheet Tester o Epstein Frame);
- prove di microdurezza.

I risultati ottenuti consentiranno di correlare in modo quantitativo microstruttura e proprietà magnetiche, supportando la validazione e l'affinamento del modello previsionale.

• **Research Plan**

T1 – Development of a predictive model for magnetic behavior

Based on literature data and established models, a predictive model for magnetic losses will be developed, with particular focus on Fe-Si electrical steels. The model will correlate magnetic properties with chemical composition, defect content, thickness, microstructure, and processing parameters. It will be implemented in Matlab, with possible extension to Simulink for advanced modeling applications.

T2 – Microstructural and magnetic characterization

This activity will be devoted to acquiring the data required to validate the model developed in Task 1. The investigated materials will be characterized through:

- microstructural analysis (optical microscopy and SEM, including EDS and EBSD);
- residual stress analysis by X-ray diffraction (XRD);
- magnetic characterization (hysteresis loops and temperature-dependent measurements using VSM/SQUID, susceptometry, Single Sheet Tester or Epstein Frame);
- microhardness testing.

The results will enable a quantitative correlation between microstructure and magnetic properties, supporting the validation and refinement of the predictive model.