

Borsa di studio attivata ai sensi di quanto disposto dal D.M. n. 1061 del 10/08/2021

Titolo del progetto: Valutazione dei fenomeni di degrado ad alta temperatura di materiali impiegati in turbine operanti con combustibili a basso impatto ambientale

La borsa sarà attivata sul seguente corso di dottorato accreditato per il XXXVII ciclo:
INGEGNERIA ELETTRICA, DEI MATERIALI E DELLE NANOTECNOLOGIE

Responsabile scientifico: Francesco Marra

Area per la quale si presenta la richiesta: GREEN

Numero di mensilità da svolgere in azienda: 12

Azienda: Nuovo Pignone Tecnologie Srl Baker Hughes (Firenze)

Il Dipartimento è disponibile a cofinanziare per un importo pari a euro: 7000

Dipartimento finanziatore: DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CHIMICA, MATERIALI, AMBIENTE con delibera del 21/09/2021

Progetto di ricerca:

La presente attività di Dottorato di Ricerca è finalizzata alla valutazione dei meccanismi di degrado di materiali/rivestimenti di componenti di turbomacchine operanti con combustibili non convenzionali.

A seguito della ratifica dei trattati internazionali sul clima e alla conseguente definizione di obiettivi ambiziosi su: riduzione delle emissioni,

l'incremento di fonti rinnovabili nel consumo finale di energia

l'aumento di efficienza energetica

i produttori di turbomacchine sono sempre più coinvolti nella definizione di soluzioni tecnologiche a supporto della transizione energetica. Tra gli aspetti di maggiore interesse figurano sicuramente le tecnologie relative all'Hydrogen Strategy e al Carbon Capture and Storage (CCS).

La combustione di idrogeno in turbina è sicuramente una delle strategie a breve-medio termine per contenere le emissioni di CO₂. Ad oggi sono in via di esecuzione progetti di sviluppo finalizzati al design di turbine in grado di bruciare blend di metano e 10 % idrogeno con obiettivo di arrivare in futuro un combustibile 100% di Idrogeno.

Un'altra tecnologia di estremo interesse è la combustione di metano utilizzando ossigeno puro (oxy-combustion) come comburente, al fine di ottenere uno stream di CO₂ concentrata (e vapore) in uscita dalla macchina (ed esente da contaminazione di NO_x) che può essere facilmente separata. L'oxy-combustion può essere impegnata in cicli termoelettrici "aperti" in cui il 100% delle emissioni (CO₂) può essere teoricamente catturato mantenendo livelli di costo ed efficienza totalmente competitivi con gli attuali impianti a gas naturale senza capacità di cattura delle emissioni.

Le soluzioni tecnologiche sopra descritte pongono alcuni aspetti relativi alla compatibilità dei materiali e rivestimenti attualmente impiegati nei componenti di turbine, rispetto agli stream derivanti dai relativi processi di combustione. Gli elevati tenori di vapore acqueo (combustione di idrogeno) e anidride carbonica (oxy-combustion) previsti nei gas in uscita dal combustore, possono avere infatti impatti significativi nella resistenza dei materiali ai fenomeni ossidativi e in generale di corrosione.

Le attività di ricerca saranno quindi focalizzate allo studio dei meccanismi di degrado di leghe e rivestimenti protettivi, tipicamente utilizzati nella produzione di componenti critici di turbine, in stream contenenti concentrazioni elevate dei contaminanti sopracitati, con particolare enfasi a:

-interazione tra ossidi protettivi a base Cromo e Alluminio con ambienti post combustione ad alto tenore di vapore

acqueo e anidride carbonica.

- valutazione dei potenziali effetti sulle cinetiche ossidative di materiali base e sulla resistenza allo spallamento degli ossidi protettivi.
- valutazione della resistenza di riporti diffusivi.
- resistenza ai fenomeni di carburazione (da CO₂) di materiali e riporti.
- valutazione di cinetiche di corrosione (ossidazione e carburazione interna).
- Definizione di metodologie e protocolli di testing per screening di materiale.
- Definizione di approcci di modellazione per previsione della vita di materiali/riporti.

Titolo del progetto (inglese): Evaluation of the phenomena of high temperature degradation of materials used in turbines operating with low environmental impact fuels

Progetto di ricerca (inglese):

This Doctorate activity is aimed at evaluating the degradation mechanisms of materials / coatings of components of turbomachinery operating with unconventional fuels.

Following the ratification of international climate treaties and the consequent definition of ambitious objectives on:

The reduction of emissions,

the increase of renewable sources in final energy consumption

the increase in energy efficiency

Turbomachinery manufacturers are increasingly involved in defining technological solutions to support the energy transition. Among the emerging sectors of greatest interest, there are certainly the technologies related to Hydrogen Strategy and Carbon Capture and Storage (CCS).

The combustion of hydrogen is certainly one of the short-medium term strategies to contain CO₂ emissions. To date, development projects are underway aimed at the design of turbines capable of burning blends of methane and 10% hydrogen with the aim of obtaining a 100% hydrogen fuel in the future.

Another extremely interesting technology is the combustion of methane using pure oxygen (oxy-combustion) as comburent, in order to obtain a stream of concentrated CO₂ (and steam) leaving the machine (and free from NO_x contamination) which can be easily separated. Oxy-combustion can be used in "open" thermoelectric cycles in which 100% of the emissions (CO₂) can theoretically be captured while maintaining cost and efficiency levels that are totally competitive with current natural gas systems without the ability to capture emissions.

The technological solutions described above raise some concerns regarding the compatibility of the materials and coatings currently used in the turbine components, with respect to the streams deriving from the related combustion processes. The high levels of water vapor (hydrogen combustion) and carbon dioxide (oxy-combustion) expected in the gases leaving the combustor, can in fact have significant impacts on the resistance of materials to oxidative phenomena and corrosion in general.

Research activities will therefore be focused on studying the degradation mechanisms of alloys and protective coatings, typically used in the production of critical turbine components, in streams containing high concentrations of the aforementioned contaminants, with particular emphasis on:

- interaction between chromium and aluminum-based protective oxides with post-combustion environments with a high content of water vapor and carbon dioxide.
- evaluation of the potential effects on the oxidative kinetics of base materials and on the spalling resistance of the protective oxides.
- evaluation of the resistance of diffusive coating technologies.
- resistance to the phenomena of carburization (from CO₂) of materials and coatings.
- evaluation of corrosion kinetics (oxidation and internal carburization).
- Definition of testing methodologies and protocols for material screening.
- Definition of modeling approaches for service life prediction of materials and coatings.

