

Diego Perrone

Thermo-fluid dynamics study of oxy-mild combustion of pulverized coal in furnaces and in a novel concept of boiler

Sommario

Gli impianti per la generazione di energia elettrica che utilizzano carbone come fonte di energia primaria presentano molteplici problemi legati all'emissione di sostanze inquinanti e di gas effetto serra (CO₂) in atmosfera. A questa problematica si aggiunge il fatto che i convenzionali generatori di vapore contribuiscono notevolmente all'aumento di queste sostanze nocive. Scopo di questo lavoro è quello di proporre e analizzare la possibilità di combinare due nuove tecnologie di combustione: l'ossicombustione e la cosiddetta combustione diluita. La prima permette la cattura dell'anidride carbonica mentre la seconda presenta vantaggi, non solo in termini di riduzione degli ossidi di azoto, ma anche perché è caratterizzata dall'aver flussi termici uniformi in camera di combustione. A tale scopo, sono state effettuate simulazioni numeriche mediante tecnica CFD (Computational Fluid Dynamics) dal momento in cui è difficile prevedere sperimentazioni su scala industriale. Una prima fase del lavoro prevede l'applicazione delle due tecnologie in fornaci. Una prima sulla combustione diluita nella quale sono state analizzate differenti posizioni del getto del polverino di carbone, mentre una seconda ha riguardato l'applicazione della combinazione delle due al fine di vederne gli effetti in termini di distribuzioni delle temperatura e dei gas combusti. La fase successiva è stata incentrata su di un innovativo generatore di vapore. Sono state testate diverse soluzioni geometriche e diversi modelli di combustione del char, al fine di vederne gli effetti sulla temperatura, concentrazioni delle specie, burnout e soprattutto in termini di flusso termico a parete. Questi ultimi risultati sono stati confrontati con i tradizionali boilers e con risultati forniti dalla letteratura. Il valore aggiunto del lavoro è stato quello di analizzare i vantaggi della combinazione di due tecnologie in nuovi concept di generatori di vapore, in modo da ridurre le emissioni di sostanze inquinanti, di gas effetto serra e di ottenere prestazioni migliori rispetto allo stato dell'arte attuale.

Abstract

The thermal power plant for the generation of electricity, which uses coal as a primary energy source, presents multiple issues linked to the emission of pollutants and greenhouse gasses (CO₂) into the atmosphere. Furthermore, the conventional boilers greatly contribute to the increase of these harmful substances. The aim of this work is to propose and analyze the possibility of combining two new combustion technologies: the so-called oxy and MILD combustion. The first one, allows to capture the carbon dioxide, while the second one provides several advantages, not only because it reduces the emission of nitrogen oxides, but also because it is characterized by uniform flows in the combustion chamber. Therefore, the challenge is to combine the two technologies with applications in furnaces and a new concept of boiler. For the latter, the planned applications include the ultra-super critical plants. For this reason, numerical simulations have been carried out by means of technical CFD (Computational Fluid Dynamics) because it is hard to provide large-scale tests. The initial phase of the work involves the application of two technologies in furnaces. The first one focuses on the MILD combustion by analyzing different positions of the pulverized coal jet, while the second one focuses on the application of the combination of the two technologies in order to analyze their effects in terms of temperature and specie concentration

distributions. The next phase of the work, instead, has a focus on an innovative boiler. The testing of different geometrical solutions and models of char combustion has also allowed to study their effects in terms of temperature, combustion products concentrations, burnout and, above all, wall heat ux. These latter results have been compared with the ones of traditional boilers and the results reported in the literature. The final aim of this work is to analyze the advantages deriving from the combination of two technologies into a new concept of boiler, in order to reduce pollutant emissions, greenhouse gases and obtain a better performance than the one at the current state of the art.