

CURRICULUM SCIENTIFICO PROFESSIONALE

DATI ANAGRAFICI

Nome : Gabriele

Cognome : Milanese

Cittadinanza : italiana

Indirizzo e-mail : gabriele.milanese66@gmail.com

TITOLI DI STUDIO

Dottorato di Ricerca in Energetica, Facoltà di Ingegneria, Politecnico di Milano, X Ciclo. Corso di dottorato consorzio con Università degli Studi di Genova (Facoltà di Ingegneria, Istituto di Macchine e Sistemi Energetici). Discussione finale presso Università degli Studi di Firenze, il 25/6/1998.

Titolo della tesi : *"Modellizzazione delle tensioni di Reynolds mediante relazioni costitutive non lineari : studio critico sulla validità dell'approccio"*

Tutor: Prof. C. Osnaghi

Laurea in Ingegneria Meccanica presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Genova, con la votazione di 105/110, il 27/1/1994

Titolo della tesi: *"Soluzione Navier-Stokes tridimensionale di flussi turbolenti"*

Relatore: Prof. F. Pittaluga

Diploma di maturità presso il liceo classico C. Colombo di Genova.

Anno 1985

ESPERIENZA LAVORATIVA

Dal 2000 al 2017, impiegato presso la società Johnson Electric Asti.

Responsabile in ambito fluidodinamico ed aeroacustico dello sviluppo dei metodi di progetto e dei nuovi prodotti.

Principali attività svolte:

- sviluppo e validazione di metodologie di progetto per ventilatori
- progettazione e sviluppo di nuovi prodotti
- coordinamento ed analisi delle attività sperimentali di verifica delle caratteristiche dei prodotti sviluppati
- collaborazione con le differenti attività coinvolte nella realizzazione di nuovi prodotti (es. progettazione strutturale, progettazione CAD, etc.)
- supporto tecnico presso cliente

Dal 2018 al 2022, assegnista di ricerca presso DIME – Università degli studi di Genova

Principali attività svolte :

- sviluppo di una piattaforma per la progettazione di una turbomacchina generica (interfacciamento con codici di progettazione preliminare, procedura di calcolo parametrica/iterativa)
- studio, sviluppo ed applicazione di un metodo di un metodo di progettazione avanzato per ventilatori assiali
- sviluppo e validazione di una metodologia per la simulazione di flussi combustivi, indirizzata all'analisi della combustione in forni per la produzione di vetro

COMPETENZE PRINCIPALI

Progettazione turbomacchine (dimensionamento del componente e progettazione della palettatura)

Analisi termo-fluidodinamica computazionale (CFD)

Modelli di turbolenza per analisi CFD

Aeroacustica

Modelli di combustione

Sviluppo e validazione metodi di progetto termo-fluidodinamico

Tecniche di DOE, metamodeling ed ottimizzazione

Capacità di lavorare in team di lavoro multidisciplinari (es. ingegneria strutturale, elettrica, elettronica, di processo) e di composizione internazionale

Coordinamento gruppi di lavoro

Supervisione di progetti di ricerca con collaborazioni universitarie

Capacità didattica

ALTRE COMPETENZE INGEGNERISTICHE

Sistemi energetici

Motori a combustione interna

CONOSCENZE INFORMATICHE

Sistemi operativi: Unix, Windows, Linux, MS-DOS

Software di utilità comune: Microsoft Office, Matlab, SciLab, Gimp, ed altri

Software commerciali di simulazione: Ansys-CFX, Ansys-Fluent, ICEM-CFD, CFX-TurboGrid, Ansys-BladeModeler, Kiva, etc.

Software open-source di simulazione: OpenFOAM, TCFD

Software open-source per calcoli parametrici ed ottimizzazione : DAKOTA

Gestione reti locali e comunicazioni in rete Internet.

Linguaggi di programmazione: Matlab, SciLab, Fortran 95/77, programmazione parallela (corso frequentato presso il centro di calcolo CINECA)

LINGUE STRANIERE

Inglese : buono

Francese : Buono

PUBBLICAZIONI

[1] G. Milanese, R. Ghio;

“CFD simulation of axial flow fans”,

CFX Conference and User Meeting - Bergamo, 2002

[2] G. Milanese, R. Ghio, A. Cattanei, P. Zunino;

“Validation of a 2-D Automotive Fan Design Procedure by Means of CFD”,

VMTS6 Conference and Exhibition – Brighton, 2003

[3] A.Cattanei, G.Milanese, D.Parodi;

“An Experimental Study of the Effects of the Test Configuration on the Noise Generated by Axial Flow Fans”,

15th AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference; Miami, 2009

[4] A.Cattanei, E. Canepa, G.Milanese, D.Parodi;

“Further Study of the Test Configuration for Axial Flow Fans Noise Measurements”,

16th AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference; Stockholm, 2010

[5] E. Canepa, A. Cattanei, G. Milanese, D. Parodi

“An experimental study of the effect of rotor-stator interaction on tonal noise in low-speed axial fans”,

Proceedings of the 10th International Symposium on Experimental Computational Aerothermodynamics of Internal Flows, 4-7 July 2011, Brussels, Belgium

[6] E. Canepa, A. Cattanei, F. Mazzocut Zecchin, G. Milanese, D. Parodi

"Experimental study of the effect of the rotor-stator gap variation on the tonal noise generated by low-speed axial fans",

19th AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference, 2013

[7] E. Canepa, A. Cattanei, F. Mazzocut Zecchin, G. Milanese, D. Parodi

"Ottimizzazione aeroacustica di palettature di ventilatori assiali"

Associazione Italiana di Acustica, Seminario Ferrara 2014

[8] E. Canepa, A. Cattanei, F. Mazzocut Zecchin, G. Milanese, D. Parodi

"Experimental study and velocity scaling of the tip-leakage noise generated by low-speed axial-flow fans"

20thAIAA/CEAS Aeroacoustics Conference , 2014

[9] E. Canepa, A. Cattanei, F. Mazzocut Zecchin, G. Milanese, D. Parodi,

"An experimental investigation on the tip leakage noise in axial-flow fans with rotating shroud "

Journal of Sound and Vibration, vol. 375, pp. 115-131, 2016

PRESENTAZIONI A CONGRESSI

[10] G. Milanese, U. Cella;

"Automotive axial fans : models and design"

International CAE Conference, Pacengo del Garda (Verona), 2014

[11] G. Milanese, N. Conza, U. Cella;

"Automotive axial flow fans: modeling and design"

ScilabTEC Conference; Paris, 2015

[12] G. Milanese, N. Conza, U. Cella;

"Modeling and Design of Automotive Axial Flow Fans: further steps"

International CAE Conference, Pacengo del Garda (Verona), 2015

[13] G. Milanese, D. Bruna, C. Cravero, M. Turner

"Development of a Generic Turbomachinery Design Platform"

International CAE Conference, Vicenza, 2018

[14] G. Milanese, C. Cravero;

"Advanced Axial flow Fans: an Integrated Design Platform for Industrial Applications"

International CAE Conference, Vicenza, 2019

[15] C. Cravero, G. Milanese;

"Analysis of the Design Bounds in Performance Limits for Industrial Axial Flow Fans"

Proceedings of ASME Turbo Expo 2020, September 21-25, 2020, Virtual, Online

[16] C. Cravero, G. Milanese;

"Performance Investigation of Airfoils for Axial Flow Fans in Low Solidity Cascades Operating at High Inlet Flow Angles", Proceedings of ASME Turbo Expo 2022, June 13-17, 2022, Rotterdam

ATTIVITA' DI RICERCA

Presso Johnson Electric Asti.

Le attività di ricerca, svolte per conto di Johnson Electric Asti dal 2000 al 2017, sono state dedicate prevalentemente al rafforzamento della capacità di progettazione dei ventilatori assiali. Tali ventilatori sono ampiamente utilizzati in ambito automotive per i sistemi di raffreddamento del motore endotermico e dei diversi fluidi impiegati negli autoveicoli (es. fluido per il condizionamento dell'abitacolo, aria per il sistema di sovralimentazione, etc.).

Nel corso degli ultimi anni, il lavoro di progettazione, nel settore in questione, ha dovuto affrontare difficoltà sempre maggiori dovute sia alla crescente severità delle specifiche (prestazioni fluidodinamiche richieste, vincoli acustici, etc.) definite dai costruttori automobilistici, sia al progressivo compattamento dell'ambiente d'installazione.

In un breve periodo, gli approcci, gli strumenti e le conoscenze maturate nelle applicazioni più 'tradizionali' (es. aeronautiche) delle turbomacchine operatrici, si sono rivelati inadeguati a far fronte a questa evoluzione.

Per questa ragione JE Asti, in parallelo ai maggiori fornitori di ventilatori assiali automotive, ha intrapreso un'intensa attività di ricerca negli ambiti fluidodinamico ed aeroacustico.

Data la scarsità di elementi pertinenti sul versante aeroacustico, si è dapprima dedicata maggiore attenzione allo studio dei meccanismi di generazione del rumore ed allo sviluppo di strumenti che supportino il progettista nel fare scelte che minimizzino il fastidio prodotto dal rumore aerodinamico del ventilatore.

Le principali tappe di questo lavoro sono :

- studio del rumore broadband prodotto dal bordo d'uscita delle pale e sviluppo di un codice di previsione
- studio dell'influenza del setup di prova
- studio dell'influenza della spaziatura sul fastidio prodotto dal rumore tonale
- studio del rumore prodotto dall'interazione rotore-statore
- studio del rumore prodotto dall'interazione tra flusso di ricircolo e pale del rotore

Alcuni dei risultati più significativi sono descritti negli articoli citati sopra.

Dal 2013 si intensificata l'attività sul fronte fluidodinamico con l'obiettivo di sviluppare una nuova procedura che permettesse di integrare la progettazione degli aspetti fluidodinamici con quella degli aspetti aeroacustici e strutturali.

Questo lavoro è stato impostato e svolto in modo da ottenere :

- una buona flessibilità della procedura (ovvero degli strumenti che la compongono) che permettesse un suo costante sviluppo nel tempo (anche a fronte di nuove conoscenze e/o richieste) ed un'agevole sostituzione dei suoi componenti (es. codici di progetto preliminare, software per simulazioni 3D), dove necessario
- la maggiore versatilità possibile, mettendo a disposizione del progettista diversi approcci, strumenti ed opzioni, da utilizzare in base alla personale conoscenza del problema generale ed in funzione delle caratteristiche del problema specifico

I primi tasselli sviluppati sono :

- un codice di progetto preliminare, basato sulla teoria dell'equilibrio radiale, con l'inclusione degli effetti legati agli angoli di sweep e lean

- un codice per la gestione della geometria che, a partire dai dati caratteristici della palettatura del ventilatore (es. numero di sezioni, distribuzione della solidità e del calettamento, etc.), fornisce i files di input per diversi software (modellatore CAD, meshatore, codice di previsione del rumore broadband, etc.)
- una procedura, in ambiente SciLab, che automatizza l'analisi 3D di una geometria (meshatura, impostazione del calcolo, soluzione numerica delle equazioni RANS e postprocessamento)
- diverse procedure/codici SciLab che consentono di effettuare sia calcoli della curva caratteristica su una geometria singola, sia calcoli parametrici su uno o più punti di lavoro (gestiti con algoritmi di ottimizzazione o con metodi DOE)
- alcuni codici SciLab che permettono di applicare tecniche di metamodeling (es. Kriging, Radial Basis Functions) ai database parametrici costruiti

Particolarmente efficaci, per il problema in studio, si è rivelato l'impiego del metamodeling che è stato sfruttato per descrivere l'andamento sia dei parametri globali (es. salto di pressione, rendimento, etc.) sia delle grandezze locali (es. profili delle componenti di velocità all'ingresso ed all'uscita). L'approccio seguito mette infatti il progettista nella condizione di usare al meglio ed accrescere le proprie conoscenze del problema.

Questi strumenti, insieme ad alcune applicazioni, sono esposti sinteticamente nelle presentazioni menzionate sopra.

Questo primo 'nucleo' è stato completato successivamente con un codice 1D che, grazie ad un modello semplificato, permette di valutare e rappresentare sul piano adimensionale (ϕ , ψ_{ts}) il massimo rendimento total-to-static raggiungibile. Questo tipo di analisi è innovativa rispetto a quanto trovato dall'autore in bibliografia.

Gli strumenti 1D, 2D e 3D sono stati dotati di interfacce grafiche che facilitano sia l'utilizzo dei programmi sia la gestione del database di risultati.

Nel corso degli ultimi 2 anni sono stati realizzati diversi progetti di ventilatori. I buoni risultati ottenuti hanno, da una parte confermato la bontà dell'approccio seguito, dall'altra fornito spunti per ulteriori sviluppi ed approfondimenti.

Particolare impegno ha richiesto il trattamento di un fenomeno tipico dei ventilatori in questione e, più in generale, dei ventilatori assiali caratterizzati, in uscita, da un elevato rapporto tra componente circonferenziale (swirl) e componente assiale della velocità.

Tale fenomeno consiste in una brusca transizione dell'andamento del flusso in uscita da prevalentemente assiale a prevalentemente radiale, cui corrisponde una brusca variazione della pressione di lavoro e del rendimento total-to-static. Per una geometria fissata, esso si verifica, lungo la sua curva caratteristica, in corrispondenza di un valore critico di portata, determinando nella maggior parte dei casi il valore massimo del rendimento total-to-static. Nel caso di un'analisi parametrica, la transizione si verifica qualora la scelta dei parametri di progetto determini una distribuzione critica delle componenti assiale e tangenziale della velocità.

Il problema è stato affrontato sia lavorando sugli strumenti di progetto sia sulla comprensione del fenomeno fluidodinamico tramite CFD.

Un primo sviluppo ha riguardato gli strumenti di analisi 3D, in particolare la tecnica di sampling usata per la costruzione dei metamodelli.

E' noto che, in presenza di funzioni con forti discontinuità, le tecniche di sampling come i DOE tradizionali (es. Full Factorial, LHS) o le sequenze a bassa discrepanza (es. Sobol, Halton) presentano limiti ben evidenti. Essendo la distribuzione degli elementi campionati indipendente dall'andamento della funzione studiata, si verifica un eccesso di elementi nelle zone regolari ed una carenza nelle zone di discontinuità.

A seguito di un'analisi bibliografica sulle soluzioni possibili si è optato per lo sviluppo di un algoritmo sequenziale basato sul lavoro di Crombecq et al. 'A Novel Sequential Design Strategy for Global Surrogate Modeling' (Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference) e sulle successive pubblicazioni. Il metodo utilizza un set iniziale di punti (campionati con tecniche classiche) per calcolare le distanze tra questi ultimi ed un gradiente locale della 'funzione approssimata'; quindi sulla base di queste informazioni determina il punto successivo da campionare.

Il codice sviluppato è stato prima provato su funzioni analitiche e successivamente integrato negli strumenti per la gestione delle simulazioni 3D. Le prime applicazioni hanno mostrato l'efficacia del metodo sia nel migliorare l'accuratezza del metamodello sia nel ridurre il numero di elementi da campionare.

In un secondo studio si è cercato di iniziare a comprendere il meccanismo che determina il fenomeno in questione. Dopo un cospicuo lavoro di ricerca bibliografica e di analisi delle simulazioni 3D di diverse geometrie di ventilatore, si è giunti alla seguente descrizione.

Per una geometria fissata, è possibile identificare 3 fasi che si verificano in successione al diminuire della portata :

- ad alte portate (swirl basso), il flusso in uscita è puramente assiale
- a portate intermedie (swirl medio), il rapporto locale V_{t2}/V_{a2} raggiunge un valore critico alla radice delle pale, determinando un fenomeno di vortex breakdown che porta il flusso a 'staccarsi' dal mozzo; questa condizione progredisce al diminuire della portata provocando un graduale aumento della componente radiale della velocità ed un conseguente spostamento del flusso verso l'apice delle pale
- in corrispondenza di una portata critica (swirl alto), funzione delle distribuzioni di velocità tangenziale, assiale e radiale, si verifica una 'radializzazione' completa del flusso in uscita dal ventilatore che dapprima favorisce un picco di rendimento, quindi ne determina un rapido crollo (dovuto all'elevato angolo di sweep con cui il flusso attraversa le pale ed all'eccessiva concentrazione del flusso nella zona esterna della corona palare)

Dall'analisi bibliografica effettuata, non sembra che vi siano studi su quest'ultimo stato. Un solo lavoro sulle varie topologie di vortex breakdown (Khoo et. Al. 'Vortex Breakdown in an Unconfined Vortical Flow', Experimental Thermal And Fluid Science 1997, 14) menziona brevemente un fenomeno (vortex eruption) apparentemente simile a quello incontrato.

Sulla base dell'analisi precedente è stato sviluppato un modello analitico semplificato che permette di costruire una 'curva critica' sul piano (ϕ , ψ_{ts}), indicativa delle condizioni necessarie a provocare la 'radializzazione' del flusso in uscita. Questo strumento consente di scegliere opportunamente il punto per il progetto preliminare e di gestire adeguatamente, tramite le simulazioni 3D, il fenomeno della radializzazione del vortice.

Il lavoro degli ultimi 2 anni è stato impiegato con successo su alcuni progetti e, dato l'interesse (non solo per l'ambito in questione) e la complessità, è tutt'ora oggetto di ulteriori approfondimenti.

In parallelo al lavoro sui ventilatori assiali è stata iniziata un'attività simile per il progetto di ventilatori centrifughi (dedicati al raffreddamento delle batterie per veicoli elettrici o alla ventilazione dell'abitacolo).

Come per i ventilatori assiali anche per i ventilatori centrifughi automotive l'approccio alla progettazione è condizionato fortemente dai vincoli geometrici (dipendenti dall'ambiente d'installazione e dal processo produttivo).

Il ventilatore è composto tipicamente da un breve condotto d'ingresso, da un rotore con pale radiali (è assente la zona a flusso assiale-misto), e da una voluta (con brusco raccordo verso il rotore). In questa situazione si ha a che fare con diverse zone di flusso separate; si è quindi preferito iniziare studiando il flusso tramite simulazioni 3D.

Sono stati sviluppati :

- un codice che permette una gestione parametrica delle geometrie dei singoli componenti del ventilatore (ingresso, rotore e voluta)
- alcune procedure che automatizzano la simulazione ed il processamento sia di ciascuno dei componenti del ventilatore, sia del ventilatore completo

Partendo da una geometria esistente si è quindi studiato il flusso nella voluta, giungendo ad una definizione della legge della spirale che migliora sia il rendimento tota-to-total sia quello total-to-static. Con questa geometria si è realizzato un prototipo che ha confermato sperimentalmente le caratteristiche simulate. Insieme alle prove fluidodinamiche sono state eseguite le prove di rumore che hanno evidenziato un livello eccessivo del rumore tonale alla frequenza di passaggio delle pale (Blade Passing Frequency).

Uno studio numerico realizzato presso l'Università di Genova ha individuato la sorgente del rumore tonale nell'interazione tra flusso uscente dal rotore e linguetta della voluta. Una successiva analisi parametrica realizzata prima sul solo rotore e poi sul ventilatore completo ha portato ad alcune modifiche (solidità del rotore, distanza tra bordo d'uscita delle pale e linguetta) che hanno prodotto una cancellazione quasi completa del picco di rumore alla BPF e ad un ulteriore miglioramento dell'efficienza.

Presso DIME - Università degli Studi di Genova.

2018

La principale attività, svolta presso DIME-UNIGE nel 2018, ha riguardato lo sviluppo di una piattaforma per la progettazione di una turbomacchina generica.

L'approccio tradizionale a questo problema, come ben noto, consta di una fase di progettazione preliminare, basata su modelli semplificati (es. 1D, 2D), e di una fase di affinamento della geometria, condotta oggi tramite simulazioni 3D, in cui il progettista effettua modifiche mirate verificandone l'efficacia.

In ambito internazionale, negli ultimi 20 anni, sono state progressivamente sviluppate procedure per automatizzare questa seconda fase, rendendo così possibile l'impiego delle simulazioni 3D (strumento essenzialmente di verifica) come un vero e proprio strumento di progettazione avanzata.

Le tecniche impiegate includono la gestione parametrica della geometria, l'automatizzazione del processo di pre-processamento, soluzione numerica e post-processamento dei risultati, la scelta delle modifiche da effettuare. A seconda degli ambiti e delle necessità, l'attenzione è stata orientata verso diverse procedure gestite tramite algoritmi di ricerca dell'ottimo, spesso opportunamente da tecniche di campionamento (DOE) e di interpolazione dei risultati (metamodeling).

Lo scrivente ha contribuito a sviluppare un 'ambiente' che, partendo dai dati ottenuti con codici di progettazione preliminare (sviluppati presso DIME-UNIGE, per diversi tipi di turbomacchine), permette un'efficace gestione della progettazione avanzata di una turbomacchina generica.

Il primo elemento preso in considerazione è il 'modellatore geometrico' che permette la costruzione parametrica delle pale. Data l'importanza di potere operare in prima persona su un codice di questo tipo (per introdurre modifiche, in caso di necessità/sviluppi), sono state valutate le possibili soluzioni open source. La ricerca effettuata ha portato a scegliere il programma T-Blade3, sviluppato dal gruppo di ricerca del Prof. Turner, presso University of Cincinnati, con cui DIME-UNIGE ha svolto precedenti collaborazioni.

T-Blade3 utilizza parametri geometrici (es. corda, linea media, distribuzione di spessore) ed aerodinamici (es. incidenza, deviazione) per costruire sezioni di pala bidimensionali che vengono mappate su linee di corrente, definite tramite codice di progetto o direttamente dal progettista. I principali parametri che controllano le sezioni di pala, possono essere definiti per ciascuna sezione o per mezzo di splines tramite punti di controllo posti allo span desiderato. Una caratteristica notevole di T-Blade3 è la possibilità di definire la linea media delle sezioni tramite la distribuzione della curvatura.

L'uscita principale del modellatore, ovvero le coordinate cartesiane dei punti che definiscono le sezioni di pala, può essere utilizzata sia come ingresso per un software CAD sia per un 'meshatore'. Per quanto riguarda l'ambiente CAD, l'uscita di T-Blade3 è facilmente integrabile in un qualsiasi software (commerciale o libero). Restando in ambito open source, è stata testata l'integrazione con ESP/CSM (software basato su OpenCASCADE, sviluppato nell'ambito di un programma NASA). In prospettiva si è iniziato a valutare l'impiego di FreeCAD.

Per la meshatura si è scelto di usare ANSYS-Turbogrid, per la sua robustezza nel gestire geometrie generiche di turbomacchine, caratteristica essenziale nelle procedure parametriche iterative.

Per la soluzione numerica, al momento, è stato utilizzato prevalentemente ANSYS-CFX; alcuni tests comparativi sono stati fatti con TCFD/OpenFOAM.

Per la gestione iterativa parametrica dei calcoli è stato adottato il codice open source DAKOTA sviluppato da SANDIA. DAKOTA costituisce un'interfaccia flessibile ed espandibile per codici di simulazione. Gli algoritmi implementati consentono di realizzare diversi tipi di analisi : studi parametrici (es. analisi di sensibilità), Design Of Experiments, Uncertainty Quantification, ottimizzazione, calibrazione (es. problemi ai minimi quadrati).

Come per il modellatore geometrico, costituisce un valore aggiunto la possibilità di contribuire allo sviluppo del codice, facendo uso delle competenze sviluppate in quest'ambito (es. raffinamento del database con tecniche sequenziali).

L'interfacciamento tra DAKOTA ed i software utilizzati per le simulazioni è stato realizzato tramite shell/batch scripts, codici python e fortran. L'intera procedura è stata sviluppata sia per Linux sia per Windows.

A conclusione del lavoro descritto sopra, sono stati svolti due progetti : un ventilatore assiale (G. Milanese) per applicazioni automotive ed un compressore transonico assiale (D. Bruna) per applicazioni aeronautiche.

Per il progetto del ventilatore assiale sono stati sviluppati due codici di progetto preliminare (1D e quasi-2D). Partendo da requisiti tipici del settore automotive è stata quindi progettata una geometria preliminare, utilizzata come base per la progettazione avanzata. La geometria iniziale è stata sottoposta prima ad uno studio di sensibilità, quindi ad un'analisi parametrica (su 2 punti di lavoro) ottenuta combinando DOE Full Factorial e sequenze a bassa discrepanza Halton.

Per ogni geometria simulata sono stati archiviati sia i principali parametri globali (incremento di pressione totale, rendimento totale, coppia, etc.) sia le distribuzioni di alcune grandezze locali (es. profili di velocità assiale e tangenziale a monte ed a valle, carichi palari).

Il database così costruito, analizzabile tramite i metamodelli disponibili in DAKOTA, è stato usato per definire la geometria finale, riuscendo a soddisfare tutti gli obiettivi prestazionali.

I principali elementi del lavoro svolto sono esposti sinteticamente nel riferimento [13] "Development of a Generic Turbomachinery Design Platform" menzionato sopra.

2019

Le principali attività svolte nel 2019 presso DIME-UNIGE hanno riguardato i ventilatori assiali.

In quest'ambito sono stati realizzati ulteriori sviluppi ed applicazioni della piattaforma di progettazione, oggetto del lavoro del 2018.

Un primo sviluppo, con relativa applicazione, ha riguardato l'ambito degli inducers per pompe centrifughe. Utilizzando i software T-Blade3 ed Ansys-ICEM, è stata definita una procedura per la costruzione parametrica di inducers e coke-crushers, allo scopo di progettarne la geometria tramite analisi CFD. La procedura è stata applicata per la progettazione di un inducer e di un coke-crusher, che consentono di migliorare significativamente le prestazioni di una pompa centrifuga industriale esistente, rispettivamente in condizioni prossime alla cavitazione e ed in presenza di residui solidi di lavorazione trasportati dal fluido.

Una seconda attività è stata mirata al miglioramento delle capacità di progettazione dei ventilatori assiali, agendo su tre elementi.

Il codice 1D sviluppato nel 2018 è stato integrato con un modello per valutare le prestazioni massime ottenibili in presenza di statore, in funzione della percentuale di energia cinetica tangenziale convertita in pressione da quest'ultimo.

Il codice di progettazione preliminare (equilibrio radiale semplificato) è stato esteso, includendo :

- la possibilità di usare una legge di vortice arbitrario (assegnabile sia in forma analitica sia in maniera discreta/numerica)
- la modellazione degli effetti prodotti dall'impiego di impilamenti non radiali, ovvero dall'utilizzo di angoli di sweep diversi da zero (tipicamente adottati per ridurre le emissioni aeroacustiche)

Il codice permette di progettare palettature sia rotoriche sia statoriche.

Infine la piattaforma è stata dotata di una procedura per la progettazione di profili alari, tramite l'impiego di Dakota, T-Blade3 ed Xfoil (o in alternativa Mises, per profili in schiera a solidità medio-alta).

La piattaforma aggiornata è stata usata per progettare un nuovo ventilatore con l'obiettivo di migliorare le prestazioni dell'applicazione automotive sviluppata nel 2018 e presentata alla CAE Conference dello stesso anno.

A questo scopo si è prima analizzata, con il codice 1D, l'entità dei miglioramenti ottenibili con un nuovo profilo aerodinamico ad alta efficienza aerodinamica su un intervallo esteso di incidenza.

E' stato quindi progettato un nuovo profilo alare, applicando la procedura citata sopra, tramite un algoritmo genetico mono-obiettivo. Il nuovo profilo è risultato migliore da tutti i punti di vista (Cp massimo e relativa efficienza, efficienza massima ed intervallo con efficienza maggiore di 50, stampabilità) rispetto al profilo NACA utilizzato per il precedente progetto.

L'impiego del nuovo profilo e delle funzionalità aggiuntive introdotte nel codice di progettazione preliminare ha permesso di progettare un nuovo ventilatore, migliorandone significativamente le prestazioni (rendimento total-to-static, rendimento total-to-total, portata a 0 Pa) e riducendo sensibilmente tempi e risorse di calcolo necessari.

In fase di verifica 3D si è utilizzato sia il solutore CFX sia il corrispondente software open-source TCFD-OpenFOAM.

I principali risultati del lavoro sono stati presentati nel riferimento [14] "Advanced Axial flow Fans: an Integrated Design Platform for Industrial Applications" citato sopra.

Sempre nell'ambito dei ventilatori assiali, è stata iniziata un'analisi sistematica sul comportamento dei ventilatori ad elevato rapporto tra componente tangenziale e componente assiale della velocità d'uscita (swirl ratio). Scopo del lavoro è l'approfondimento ed il consolidamento degli elementi emersi durante l'attività dello scrivente presso JE, descritta sopra. Lo studio sta permettendo di precisare:

- i parametri influenti
- i limiti fisici dello spazio di progetto realizzabile
- i criteri di criticità proposti in precedenza

2020

Le attività svolte nella prima parte del 2020 presso DIME-UNIGE hanno riguardato la continuazione del lavoro sui ventilatori assiali sviluppato durante l'anno precedente.

Gli sviluppi dello studio sul comportamento dei ventilatori ad elevato rapporto tra componente tangenziale e componente assiale della velocità d'uscita (swirl ratio) hanno portato a due principali risultati. Da una parte, la definizione di un modello monodimensionale (per le configurazioni con solo rotore e con rotore+statore) che fornisce le caratteristiche ottime raggiungibili (es. massimo rendimento total-to-static) ed i limiti di fattibilità, in funzione del punto di lavoro adimensionale (ϕ , ψ_{ts}) richiesto. Dall'altra parte, la caratterizzazione (descrizione del fenomeno e proposta di criteri di progettazione) di una condizione critica tridimensionale, studiata solo parzialmente in letteratura (condizione di radializzazione del flusso in uscita), che costituisce un limite aggiuntivo allo spazio di progetto.

L'intero studio è confluito nel riferimento [15] "Analysis of the Design Bounds in Performance Limits for Industrial Axial Flow Fans" citato sopra.

A seguito dello studio precedente, sono stati fatti ulteriori sviluppi innovativi della piattaforma di progettazione, mirati a renderla più efficiente nella gestione dei progetti di ventilatori assiali ad elevata swirl ratio. La procedura è stata applicata ad un caso di interesse industriale, particolarmente critico, permettendo di ottenere riscontri pienamente soddisfacenti nella realizzazione e nei tests di un prototipo.

La seconda parte del lavoro svolto, ha riguardato lo sviluppo di una metodologia di simulazione ed analisi del flusso combustivo all'interno di forni per la produzione di vetro.

L'attività è consistita nella prima parte di un'analisi bibliografica estesa e nel lavoro di coordinamento nell'ambito del gruppo operante sull'argomento.

L'analisi bibliografica ha inizialmente riguardato:

- i forni industriali per la produzione di vetro
- l'applicazione delle simulazioni CFD nell'ambito specifico, con attenzione ai diversi approcci possibili (es. Flamelet, CFD+Reactor Network)

Il lavoro di simulazione, svolto principalmente sulla geometria del forno VEME, è stato mirato a individuare un setup numerico robusto ed adeguato a fornire risultati attendibili con risorse e tempi di calcolo 'sostenibili' in ambito industriale.

2021-2022

Nel corso del 2021-2022, è proseguito il lavoro sulla simulazione ed analisi del flusso combustivo all'interno di forni per la produzione di vetro

L'analisi bibliografica è continuata sui seguenti argomenti:

- meccanismi di cinetica chimica (es. globali, ridotti, dettagliati)
- modelli d'interazione tra cinetica chimica e turbolenza (es. EDM, EDC)

- Reactor Network
- test-cases per combustione con ossidante ad alta temperatura (es. Jet in Hot Coflow)

Il lavoro tramite simulazioni è continuato sia nell'attività di coordinamento del gruppo di lavoro, sia nell'attività svolta in prima persona.

Sui test-cases (Delft Jet in Hot Coflow e Cabra Jet in Hot Coflow) è stato fatto un lavoro significativo di simulazione che ha permesso di evidenziare caratteristiche e limiti dei modelli impiegabili (es. modello EDC+ cinetica Z42, modello Flamelet + cinetica GRI mech 3.0).

Il lavoro sul forno VEME è proseguito, permettendo di studiare la complessa tipologia del flusso (e le relative problematiche numeriche) all'interno del forno e di focalizzare quindi l'attenzione sulla caratterizzazione delle emissioni di inquinanti (CO ed Nox).

L'impiego dell'approccio integrato CFD+Reactor network è in corso di approfondimento sia tramite le simulazioni dei test-cases, sia tramite simulazioni sul forno VEME e sul test-rig sperimentale installato presso l'Università di Savona.

Ulteriori approfondimenti sono in corso riguardo alla simulazione della combustione in presenza di syngas, in aggiunta al tradizionale metano.

Un secondo ambito del lavoro svolto, riprende gli sviluppi descritti in precedenza sui ventilatori assiali, ponendo l'attenzione sul comportamento dei profili aerodinamici in schiera, in condizioni di bassa solidità e flusso con elevato angolo (rispetto all'asse) in ingresso.

Lo scopo è quello di ottenere informazioni e dati utili nell'ambito della progettazione per condizioni operative spesso richieste ma poco studiate e documentate.

L'intero studio è confluito nel riferimento [16] "Performance Investigation of Airfoils for Axial Flow Fans in Low Solidity Cascades Operating at High Inlet Flow Angles" citato sopra.