



Ministero delle Imprese e del Made in Italy
DIREZIONE GENERALE PER LA TUTELA DELLA PROPRIETÀ INDUSTRIALE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHE

UIBM

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102023000003210
Data Deposito	24/02/2023
Data Pubblicazione	24/08/2024

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	02	C	1	08

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	02	C	3	34

Titolo

Sistema e metodo per miscelare un flusso di gas di scarico di ricircolo con aria per ottenere una miscela di gas da alimentare ad una turbina a gas

Sistema e metodo per miscelare un flusso di gas di scarico di ricircolo con aria per ottenere una miscela di gas da alimentare ad una turbina a gas

Descrizione

CAMPO TECNICO

La presente divulgazione riguarda un sistema ed un metodo per miscelare un flusso di gas di scarico di ricircolo da una turbina a gas con aria fresca per ottenere una miscela di gas da alimentare ad un compressore della turbina a gas. Le forme di realizzazione qui descritte riguardano specificamente i sistemi per la miscelazione di un flusso di gas di scarico di ricircolo da una turbina a gas con aria fresca che includono filtri ad alta efficienza per separare una camera di miscelazione da una sezione di aspirazione di aria fresca comprendente ventilatori per la ventilazione dell'aria esterna, in modo da garantire l'azzeramento dell'ingestione di CO₂ da parte dei ventilatori dal flusso dei gas di scarico di ricircolo. Le forme di realizzazione qui descritte riguardano anche specificamente sistemi e metodi per miscelare un flusso di gas di scarico di ricircolo da una turbina a gas con aria fresca che comprendono un condotto di

flusso di gas di scarico di ricircolo, la sezione trasversale di detto condotto di flusso di gas di scarico di ricircolo essendo configurata per consentire che la velocità del flusso di gas di scarico di ricircolo sia sostanzialmente uguale alla velocità del flusso di gas miscelato a valle del sistema. Inoltre, le forme di realizzazione qui descritte riguardano anche specificamente sistemi per miscelare un flusso di gas di scarico di ricircolo da una turbina a gas con aria fresca che comprendono una porzione curva a monte di una camera di miscelazione, la porzione curva comprendendo almeno un separatore, per impedire la separazione del flusso e fluttuazioni del flusso a valle, perdite di carico minime e significative riduzioni delle vibrazioni indotte dal flusso.

PRECEDENTI DELLA TECNICA

Il ricircolo dei gas di scarico è una tecnologia che può, in linea di principio, essere utilizzata per un'ampia varietà di scopi nelle turbine a gas. Ad esempio, per il controllo delle emissioni, per la riduzione del volume dei gas di scarico, per la separazione del diossido di carbonio, etc.

Durante il ricircolo dei gas di scarico in una turbina a gas, una parte sostanziale del gas di scarico viene

diramata dall'intero flusso di gas di scarico e viene normalmente ricondotta, dopo il raffreddamento e la pulizia, al flusso di massa di ingresso della turbina o al compressore della turbina, in cui il flusso di gas di scarico di ricircolo viene miscelato con aria fresca, e questa miscela viene successivamente alimentata al compressore.

Ad esempio, EP1484102 descrive un processo in cui il gas di scarico viene diramato all'uscita della turbina, eventualmente condotto tramite un condensatore, e successivamente miscelato con un flusso d'aria in ingresso del compressore. Secondo questo documento, la separazione del diossido di carbonio dal flusso di gas di scarico di ricircolo avviene o prima che i gas compressi entrino nella camera di combustione, immediatamente prima o in una fase intermedia del compressore.

Per un'alimentazione efficiente e senza problemi del flusso d'aria dei gas di scarico di ricircolo, è importante che i gas di scarico di ricircolo siano miscelati in modo ottimale con l'aria fresca alimentata. È necessaria una buona miscelazione dei gas di scarico di ricircolo con l'aria di aspirazione, in particolare con un'elevata percentuale di ricircolo (tipicamente superiore al 30%). Infatti, poiché il

contenuto di ossigeno residuo dei gas di scarico è troppo basso per consentire la completa combustione nella centrale, un'insufficiente miscelazione con l'aria aspirata comporta localmente una combustione incompleta, elevate emissioni di monossido di carbonio e UHC (idrocarburi incombusti) e a temperature di combustione localmente elevate nell'area con aria fresca non diluita con emissioni di NOx potenzialmente elevate. Poiché i gas di scarico di ricircolo in genere non vengono raffreddati a temperatura ambiente, ma sono 10-20°C più caldi dell'aria fresca aspirata, una miscelazione insufficiente nelle turbine a gas porta anche a striature fredde e calde nell'aria aspirata del compressore. Queste riducono il limite di sovraccarico e compromettono la sicurezza operativa. Al fine di minimizzare le perdite di potenza e di efficienza dovute al ricircolo, ma anche per minimizzare la perdita di pressione durante la miscelazione dei gas di scarico di ricircolo o mediante raccordi per la miscelazione. Di conseguenza, è necessario installare dispositivi speciali nel percorso dell'aria di aspirazione per garantire una miscela ottimale tra aria fresca e gas di scarico. Ad esempio, US8443584B2 descrive un sistema che può far ricircolare una porzione del flusso di gas di

scarico di almeno una turbomacchina, in cui il flusso di gas di scarico viene miscelato con aria fresca e rientra nella turbomacchina senza compromettere l'affidabilità e la disponibilità dell'unità. Una forma di realizzazione descritta in US8443584B2 fornisce un sistema di ingresso per un sistema di ricircolo dei gas di scarico. Questo sistema di ingresso può assumere una varietà di forme e può ottimizzare la direzione in cui la porzione del flusso di scarico ricircolato scorre all'interno del sistema di ingresso. In particolare, il sistema di ingresso può essere posizionato in corrispondenza della porzione di uscita di almeno un condotto di ricircolo dei gas di scarico a valle di una sezione di silenziatore, al fine di ridurre la probabilità che si sviluppino distorsioni di flusso quando il flusso dei gas di scarico di ricircolo e il flusso d'aria vengono miscelati per creare un fluido in ingresso da alimentare ad un compressore di una turbina a gas. In particolare, secondo una forma di realizzazione di US8443584B2, è descritto un condotto di ricircolo dei gas di scarico comprendente una pluralità di palette mobili. Un utente può regolare la posizione delle palette mobili ad un angolo ottimizzato per dirigere il percorso del flusso di scarico.

Al fine di prevenire o ridurre al minimo installazioni aggiuntive e perdite di pressione, vengono proposti silenziatori modificati secondo WO2010142473 per la miscelazione dei gas di scarico di ricircolo. I silenziatori sono componenti di grande volume che attraversano l'intera sezione trasversale del flusso dell'alloggiamento del filtro o del tratto di aspirazione e servono a ridurre le emissioni sonore nel tratto di aspirazione. L'aria di ricircolo può essere convogliata attraverso il suo interno e miscelata con l'aria fresca attraverso la sua superficie, progettata come una piastra perforata. Inoltre, almeno una parte dei gas di scarico di ricircolo può essere miscelata attraverso il bordo d'uscita a valle dei silenziatori in direzione del flusso principale. Ciò significa che l'energia cinetica dei gas di scarico miscelati non viene distrutta dalla turbolenza. Inoltre, l'effettiva perdita di pressione può essere ridotta introducendo i gas di scarico attraverso il bordo d'uscita del silenziatore. L'introduzione dei gas di scarico di ricircolo attraverso i silenziatori riduce la loro perdita di pressione effettiva e minimizza la perdita di pressione per l'introduzione dei gas di scarico di ricircolo attraverso l'uso di questi componenti di grande volume.

Inoltre, si realizza una miscelazione quasi ideale con l'aria fresca.

Tuttavia, le soluzioni attuali non garantiscono nemmeno l'azzeramento dell'ingestione di CO_2 da parte dei ventilatori dal flusso dei gas di scarico di ricircolo né impediscono la separazione del flusso e le fluttuazioni del flusso a valle. Inoltre, le attuali soluzioni sono influenzate dalla perdita di pressione e dalle vibrazioni indotte dal flusso.

Di conseguenza, un sistema migliorato per miscelare un flusso di gas di scarico di ricircolo da una turbina a gas con aria fresca per ottenere una miscela di gas da alimentare a un compressore della turbina a gas, per affrontare i problemi di ingestione di CO_2 da parte dei ventilatori, la separazione del flusso, le fluttuazioni del flusso, le perdite di pressione elevate e le vibrazioni indotte dal flusso dei sistemi dell'arte attuale sarebbe vantaggioso e sarebbe accolto favorevolmente nella tecnologia. Inoltre, il sistema proposto non genera distorsioni di flusso a valle. Più in generale, sarebbe auspicabile prevedere sistemi adatti ad affrontare in modo più efficiente i problemi posti dai sistemi di miscelazione di un flusso di gas di scarico di ricircolo da una turbina a gas con aria fresca per ottenere una miscela di gas da alimentare

ad una turbina a gas.

SOMMARIO

In un aspetto, l'oggetto qui descritto riguarda un sistema per miscelare un flusso di gas di scarico di ricircolo da una turbina a gas con aria fresca per ottenere una miscela di gas da alimentare a un compressore della turbina a gas, in cui fino all'80% dei gas di scarico della turbina a gas viene ricircolato mantenendo le distorsioni di flusso all'ingresso del compressore entro limiti accettabili.

In un altro aspetto, l'oggetto qui descritto riguarda un sistema per miscelare un flusso di gas di scarico di ricircolo da una turbina a gas con aria fresca in cui la pressione, la temperatura e la distorsione dell'angolo di flusso conseguente alla miscelazione del flusso di gas di scarico di ricircolo e dell'aria fresca vengono mantenute entro limiti prefissati.

Inoltre, il sistema previene le vibrazioni e il rumore in un silenziatore a valle.

In un altro aspetto, l'oggetto qui descritto riguarda un sistema per miscelare un flusso di gas di scarico di ricircolo da una turbina a gas con aria fresca per ottenere una miscela di gas da alimentare ad un compressore della turbina a gas, in cui il sistema ha

basso peso e consente un'altezza limitata del condotto dei gas di scarico di ricircolo.

Un ulteriore aspetto della presente descrizione è un sistema per miscelare un flusso di gas di scarico di ricircolo da una turbina a gas con aria fresca che consente una buona miscelazione e basse perdite di pressione.

Un ulteriore aspetto della presente divulgazione riguarda un metodo per miscelare un flusso di gas di scarico di ricircolo da una turbina a gas con aria fresca per ottenere una miscela di gas da alimentare ad un compressore della turbina a gas, in cui la velocità del flusso di gas di scarico di ricircolo è uguale alla velocità del flusso di gas miscelato a valle del sistema, in cui fino all'80% del gas di scarico dalla turbina a gas può essere ricircolato mantenendo le distorsioni di flusso all'ingresso del compressore entro limiti accettati.

In un altro aspetto, l'oggetto qui descritto riguarda un metodo per miscelare un flusso di gas di scarico di ricircolo da una turbina a gas con aria fresca per ottenere una miscela di gas da alimentare ad un compressore della turbina a gas, in cui la percentuale di ricircolo di gas di scarico può essere regolata in modo da consentire che la velocità dei gas di scarico

di ricircolo all'apertura di ingresso del flusso di gas di scarico di ricircolo sia dal 70 al 130% della velocità del flusso di gas miscelato all'interno del condotto di uscita del flusso di gas miscelato.

BREVE DESCRIZIONE DEI DISEGNI

Un apprezzamento più completo delle forme di realizzazione divulgate dell'invenzione e di molti dei vantaggi che ne derivano sarà facilmente ottenuto quando la stessa diventa meglio compresa facendo riferimento alla seguente descrizione dettagliata se considerata in relazione ai disegni allegati, in cui:

la Fig. 1 illustra una vista costruttiva prospettica di un sistema esemplificativo per miscelare un flusso di gas di scarico di ricircolo da una turbina a gas con aria fresca in una camera di miscelazione per ottenere una miscela di gas da alimentare ad un compressore della turbina a gas, secondo una prima forma di realizzazione;

la Fig.2 illustra una simulazione del flusso di un gas di scarico in un impianto con le stesse caratteristiche del sistema di Fig.1, in cui non sono presenti separatori; e

la Fig. 3 illustra una simulazione del flusso di un gas di scarico nel sistema della figura 1, comprendente

due separatori ugualmente distanziati.

DESCRIZIONE DETTAGLIATA DELLE FORME DI REALIZZAZIONE

Secondo un aspetto, il presente oggetto è diretto a sistemi per miscelare un flusso di gas di scarico di ricircolo da una turbina a gas con aria fresca per ottenere una miscela di gas da alimentare ad un compressore della turbina a gas, il sistema comprendendo un camera di miscelazione e un condotto di immissione del flusso di gas di scarico di ricircolo, un condotto di immissione di aria fresca e un condotto di uscita del flusso di gas di scarico miscelato, la sezione trasversale del condotto di immissione del flusso di gas di scarico di ricircolo essendo calcolata in funzione della portata del flusso di gas di scarico di ricircolo ed essendo configurata per consentire che la velocità del flusso di gas di scarico di ricircolo sia uguale alla velocità del flusso di gas miscelato nel condotto di uscita del flusso di gas miscelato.

Secondo un aspetto, il presente oggetto è diretto a sistemi per la miscelazione di un flusso di gas di scarico di ricircolo da una turbina a gas con aria fresca che è disposta a valle di filtri ad alta efficienza per impedire l'ingestione di CO₂ da parte

di ventilatori dal gas di scarico.

Secondo un altro aspetto, il presente oggetto è diretto a sistemi per miscelare un flusso di gas di scarico di ricircolo da una turbina a gas con aria fresca per ottenere una miscela di gas da alimentare ad un compressore della turbina a gas in cui il condotto di ingresso del flusso di gas di scarico di ricircolo comprende una porzione curva a monte della camera di miscelazione, in cui la porzione curva comprende almeno un separatore. In particolare, secondo un esempio di realizzazione, la porzione curva del condotto del flusso dei gas di scarico di ricircolo è piegata a 90° . Inoltre, la porzione curva del condotto del flusso di gas di scarico di ricircolo è molto vicina ad un'apertura di ingresso del flusso di gas di scarico di ricircolo della camera di miscelazione, una porzione rettilinea del condotto del flusso di gas di scarico di ricircolo essendo disposta tra la porzione curva e l'apertura di ingresso del flusso di gas di scarico di ricircolo, la porzione rettilinea essendo più corta della lunghezza del raggio di curvatura del lato concavo della porzione curva del condotto del flusso di gas di scarico di ricircolo.

In un altro aspetto, l'oggetto qui descritto riguarda un sistema per miscelare un flusso di gas di scarico

di ricircolo da una turbina a gas con aria fresca che è configurato per essere disposto in corrispondenza di un'estremità di uscita di un condotto del flusso di gas di scarico di ricircolo, a valle di un gruppo filtrante EPA (efficient particulate air).

In ancora un altro aspetto, l'oggetto qui descritto riguarda un sistema per miscelare un flusso di gas di scarico di ricircolo da una turbina a gas con aria fresca in cui almeno un separatore è disposto all'interno di detta porzione curva del condotto del flusso di gas di scarico di ricircolo, detto separatore dividendo la porzione curva del condotto del flusso di gas di scarico di ricircolo in sottoporzioni piegate. In particolare, due o più separatori possono essere disposti all'interno della porzione curva del condotto del flusso dei gas di scarico di ricircolo, detti spartitori suddividendo la porzione curva del condotto del flusso dei gas di scarico di ricircolo in tre o più sottoporzioni. Convenientemente, i separatori sono ugualmente distanziati tra loro.

In un altro aspetto, il presente oggetto è diretto a sistemi per miscelare un flusso di gas di scarico di ricircolo da una turbina a gas con aria fresca per ottenere una miscela di gas da alimentare ad un compressore della turbina a gas in cui l'apertura di

ingresso del flusso di aria fresca è disposta simmetricamente rispetto ad un piano di simmetria che divide la camera di miscelazione in due metà, parallele alla direzione di flusso del flusso dei gas di scarico di ricircolo. In particolare, un filtro poroso può essere predisposto per coprire detta apertura di ingresso del flusso di aria fresca.

In ancora un altro aspetto, il presente oggetto riguarda sistemi per miscelare un flusso di gas di scarico di ricircolo da una turbina a gas con aria fresca in cui il condotto di ingresso del flusso di gas di scarico di ricircolo è coassiale e concentrico al gas miscelato condotto di uscita del flusso. In particolare, la sezione trasversale del condotto del flusso dei gas di scarico di ricircolo e/o la sezione trasversale della porzione rettilinea del condotto del flusso dei gas di scarico di ricircolo hanno la stessa forma, ad esempio quadrata o rettangolare, e uguale o differente dimensione della sezione trasversale del condotto di uscita del flusso di gas miscelato.

Si farà ora riferimento in dettaglio a forme di realizzazione della divulgazione, uno o più esempi delle quali sono illustrati nei disegni. Ciascun esempio è fornito a titolo di spiegazione della divulgazione, non di limitazione della stessa.

Risulterà infatti evidente agli esperti del ramo che varie modifiche e varianti possono essere apportate alla presente divulgazione senza allontanarsi dall'ambito o spirito della stessa. Il riferimento in tutta la descrizione a "una forma di realizzazione" o "alcune forme di realizzazione" significa che la particolare funzionalità, struttura o caratteristica descritta in relazione a una forma di realizzazione è inclusa in almeno una forma di realizzazione dell'oggetto divulgato. Pertanto, la comparsa della frase "in una forma di realizzazione" o "in alcune forme di realizzazione" in vari punti della specifica non si riferisce necessariamente alla stessa forma di realizzazione. Inoltre, le particolari funzionalità, strutture o caratteristiche possono essere combinate in qualsiasi modo adatto in una o più forme di realizzazione.

Quando si introducono elementi di varie forme di realizzazione, gli articoli "un/o/a", "il/lo/la/i/gli/le" e "detto/a/i" intendono indicare che sono presenti uno o più degli elementi. I termini "comprendente", "incluso" e "avente" intendono essere inclusivi e significano che potrebbero esserci elementi aggiuntivi oltre agli elementi elencati.

Facendo ora riferimento ai disegni, la Fig.1 mostra un

sistema 10 per miscelare un flusso di gas di scarico di ricircolo con aria per ottenere una miscela di gas da alimentare ad una turbina a gas secondo una forma di realizzazione della presente descrizione. L'impianto 10 comprende una camera di miscelazione 11 configurata per essere collegata ad una linea di flusso dei gas di scarico di ricircolo, a valle di un gruppo filtrante (non mostrato), e ad una linea di immissione di aria fresca. In particolare, la camera di miscelazione 11 è provvista di un'apertura di ingresso del flusso di gas di scarico di ricircolo 12, nella parte superiore della camera di miscelazione 11, di un'apertura di ingresso del flusso di aria fresca 13, su un lato laterale 18 della camera di miscelazione 11, e di un'apertura di uscita del flusso di gas miscelato 14, sul fondo della camera di miscelazione 11. L'apertura di ingresso del flusso di aria fresca 13 è provvista di un filtro poroso, per rimuovere qualsiasi tipo di impurità e consentire una distribuzione del flusso di aria fresca che passa attraverso l'apertura di ingresso del flusso di aria fresca 13 su tutta l'area dell'apertura di ingresso del flusso di aria fresca 13. In particolare, la distribuzione del flusso di aria fresca consente una migliore miscelazione dell'aria fresca con un flusso

di gas di scarico in ricircolo proveniente da un condotto del flusso di gas di scarico di ricircolo 15, un'estremità di detto condotto del flusso di gas di scarico di ricircolo 15 essendo collegata all'apertura di ingresso del flusso di gas di scarico di ricircolo 12 della camera di miscelazione 11.

Sempre con riferimento alla fig. 1, in una forma di realizzazione esemplificativa, il condotto del flusso dei gas di scarico di ricircolo 15 ha una sezione trasversale quadrata, con lato W , e comprende una porzione curva 17, che forma una curva a gomito a 90° , il rapporto tra la lunghezza del raggio di curvatura R del lato concavo della porzione curva del condotto del flusso dei gas di scarico di ricircolo 17 e il lato W della sezione trasversale quadrata del condotto del flusso dei gas di scarico di ricircolo essendo:

$$R/W < 1$$

e la porzione curva del condotto del flusso di gas di scarico di ricircolo 17 essendo vicina all'apertura di ingresso del flusso di gas di scarico di ricircolo 12. La curvatura del condotto del flusso di gas di scarico di ricircolo 15 in prossimità della camera di miscelazione può essere necessaria a causa dei vincoli di spazio disponibile, ma comporta la separazione del flusso e la fluttuazione del flusso se non

adeguatamente contrastate.

In particolare, nella forma di realizzazione esemplificativa di figura 1, all'interno della porzione curva del condotto del flusso dei gas di scarico di ricircolo 17 sono disposti due separatori ugualmente distanziati, detti separatori essendo configurati come fogli piegati che dividono la porzione curva del condotto del flusso dei gas di scarico di ricircolo 17 in tre sottoporzioni piegate aventi la stessa sezione trasversale. Resta inteso che il numero dei separatori può variare, così come la loro posizione all'interno della porzione curva del condotto del flusso dei gas di scarico di ricircolo 17.

Il flusso di aria fresca viene indirizzato all'apertura di ingresso del flusso di aria fresca 13 della camera di miscelazione attraverso un alloggiamento del filtro 19, dotato di un ingresso dell'alloggiamento del filtro 20.

L'apertura di uscita del flusso di gas miscelato 14, nella parte inferiore della camera di miscelazione 11, è collegata ad una prima estremità di un condotto di uscita del flusso di gas miscelato 21, la seconda estremità del condotto di uscita del flusso di gas miscelato 21 essendo dotata di un connettore per turbina a gas 22. Un silenziatore 23 è inoltre disposto

lungo il condotto di uscita del flusso di gas miscelato 21. Secondo la forma di realizzazione esemplificativa di fig. 1, il condotto di ingresso del flusso di gas di scarico di ricircolo 15 è coassiale e concentrico al condotto di uscita del flusso di gas miscelato 21. In particolare, data la portata del flusso di gas miscelato all'interno del condotto di uscita del gas miscelato 21, questo parametro dipendendo dalle necessità della turbina a gas a cui è diretto il flusso di gas miscelato, allora la velocità del flusso di gas miscelato all'interno del condotto di uscita del flusso di gas miscelato 21 è anch'essa data ed è costante, questo parametro dipendendo dalla portata e dalla sezione trasversale del condotto di uscita del flusso di gas miscelato 21. Per ridurre la perdita di miscelazione (cioè la perdita di pressione), le zone di ricircolo e vibrazioni del sistema, la velocità del flusso dei gas di scarico di ricircolo che entrano nella camera di miscelazione deve essere inferiore o uguale alla velocità del flusso di gas miscelato all'interno del condotto di uscita del flusso di gas miscelato 21. Questo risultato si ottiene dimensionando la sezione trasversale dell'apertura di ingresso del flusso di gas di scarico di ricircolo 12, che è uguale alla sezione trasversale del condotto del flusso di

gas di scarico di ricircolo 15, la velocità del gas di scarico di ricircolo nel condotto del flusso di gas di scarico di ricircolo 15 essendo uguale al rapporto tra la portata dei gas di scarico di ricircolo e la sezione trasversale del condotto del flusso dei gas di scarico di ricircolo 15. La quantità di gas di scarico di ricircolo nel flusso dei gas di scarico miscelato dipende a sua volta dalla velocità del gas di scarico di ricircolo nel condotto del flusso dei gas di scarico di ricircolo 15. In particolare, se la velocità del flusso di gas di scarico di ricircolo all'interno del condotto di uscita del flusso di gas miscelato 21 è pari a 10 m/s, allora la velocità dei gas di scarico di ricircolo nell'apertura di ingresso del flusso di gas di scarico di ricircolo 12 deve essere pari a 10 m/s; pertanto, dato il rapporto di ricircolo dei gas di scarico, espresso come frazione della portata del flusso di gas miscelato, la sezione trasversale del condotto del flusso di gas di scarico ricircolati 15 viene calcolata di conseguenza, come segue. Infatti, la portata M_{mix} del flusso di gas miscelato all'interno del condotto di uscita del gas miscelato 21 può essere espressa in funzione della densità ρ_{mix} e della velocità v_{mix} del flusso di gas miscelato e della sezione trasversale S_{mix} del condotto di uscita del gas

miscelato 21:

$$M_{\text{mix}} = \rho_{\text{mix}} \cdot v_{\text{mix}} \cdot S_{\text{mix}}$$

Corrispondentemente, la portata M_r del flusso di gas di scarico di ricircolo che entra nella camera di miscelazione 11 attraverso l'apertura di ingresso del flusso di gas di scarico di ricircolo 12 può essere espressa in funzione della densità ρ_r e della velocità v_r del flusso di gas di scarico di ricircolo e della sezione trasversale S_r dell'apertura di ingresso del flusso di gas di scarico di ricircolo 12, mentre la portata M_a del flusso di aria fresca che entra nella camera di miscelazione 11 attraverso l'apertura di ingresso del flusso di aria fresca 13 può essere espressa in funzione della densità ρ_a e della velocità v_a del flusso di aria fresca e della sezione trasversale S_a dell'apertura di ingresso del flusso di aria fresca 13:

$$M_r = \rho_r \cdot v_r \cdot S_r$$

$$M_a = \rho_a \cdot v_a \cdot S_a$$

La portata M_{mix} del flusso di gas miscelato all'interno del condotto di uscita del gas miscelato 21 è pari anche alla somma della portata M_r del flusso di gas di scarico di ricircolo e della portata di aria fresca M_a in ingresso nella camera di miscelazione 11:

$$M_{\text{mix}} = M_r + M_a$$

Inoltre, la portata M_r del flusso di gas di scarico di ricircolo può essere espressa come una frazione x della portata M_{mix} del flusso di gas miscelato e la portata dell'aria fresca M_a può essere espressa come una frazione $(1-x)$ della portata M_{mix} del flusso di gas miscelato:

$$M_r = x \cdot M_{mix}$$

$$M_a = (1-x) \cdot M_{mix}$$

Ne consegue che

$$M_r = \rho_r \cdot v_r \cdot S_r = x \cdot M_{mix} = x \cdot \rho_{mix} \cdot v_{mix} \cdot S_{mix}$$

Considerando che, nelle condizioni operative di un compressore subsonico, ρ_r e ρ_{mix} possono essere considerati uguali, imponendo la condizione di progetto che $v_r = v_{mix}$, la suddetta relazione può essere scritta come segue:

$$M_r = \rho_{mix} \cdot v_{mix} \cdot S_r = x \cdot M_{mix} = x \cdot \rho_{mix} \cdot v_{mix} \cdot S_{mix}$$

da cui segue

$$S_r = x \cdot S_{mix}$$

Pertanto, dato il rapporto di ricircolo dei gas di scarico, espresso come frazione della portata del flusso di gas di scarico miscelato, per consentire che la velocità del gas di scarico di ricircolo in corrispondenza dell'apertura di ingresso del flusso di gas di scarico di ricircolo 12 sia uguale alla velocità del flusso di gas miscelato all'interno del condotto

di uscita del flusso di gas miscelato 21, allora la sezione trasversale del condotto del flusso di gas di scarico di ricircolo 15 è una stessa frazione della sezione trasversale del condotto di uscita del flusso di gas miscelato 21.

Il sistema di miscelazione di un flusso di gas di scarico di ricircolo da una turbina a gas con aria fresca secondo la presente invenzione è stato testato con diverse portate ed ha confermato la sua validità per un ampio intervallo di valori del rapporto di ricircolo dei gas di scarico, fino ad un flusso massimo di gas di scarico di ricircolo pari a 0,8 del flusso di gas miscelato. Il sistema secondo la presente invenzione si è dimostrato valido anche nel caso in cui la percentuale di ricircolo dei gas di scarico sia regolata in modo da consentire di regolare la velocità dei gas di scarico di ricircolo in corrispondenza dell'apertura di ingresso del flusso dei gas di scarico di ricircolo 12 dal 70 al 130% della velocità del flusso di gas miscelato all'interno del condotto di uscita del flusso di gas miscelato 21. Questo è molto importante durante le fasi di transizione, la velocità dei gas di scarico di ricircolo e la percentuale di gas di scarico di ricircolo nella composizione del flusso di gas miscelato essendo dipendenti l'una

dall'altra. Di conseguenza, nel caso in cui la velocità dei gas di scarico di ricircolo diminuisca, la percentuale di gas di scarico di ricircolo nella composizione del flusso di gas miscelato viene proporzionalmente ridotta, mentre la percentuale di aria viene automaticamente aumentata a causa del flusso costante di gas miscelato che viene aspirato dalla turbina a gas.

Con riferimento sempre alla Fig. 1, la Fig. 2 e la Fig. 3 illustrano rispettivamente una simulazione del flusso di un gas di scarico in un sistema con le stesse caratteristiche del sistema di Fig. 1, ma in cui non sono presenti separatori, e nel sistema di Fig. 1. Le figure mostrano con diversi livelli di oscurità la velocità del flusso dei gas di scarico nel condotto di ricircolo del flusso di gas di scarico 15, all'interno della camera di miscelazione 11 e nel condotto di uscita del flusso di gas miscelato 21. Le simulazioni mostrano come la presenza dei separatori 24 consenta una velocità più omogenea del flusso di gas e impedisca la separazione e la fluttuazione del flusso (fig. 3), che sono ancora presenti in un sistema privo di separatori (Fig. 2).

Mentre gli aspetti dell'invenzione sono stati descritti in termini di varie forme di realizzazione specifiche,

sarà evidente a quelli di ordinaria esperienza nella tecnica che molte modifiche, cambiamenti ed omissioni sono possibili senza allontanarsi dallo spirito e dall'ambito delle rivendicazioni.

Barzanò & Zanardo Roma S.p.A.

Sistema e metodo per miscelare un flusso di gas di scarico di ricircolo con aria per ottenere una miscela di gas da alimentare ad una turbina a gas

RIVENDICAZIONI

1. Sistema (10) per miscelare un flusso di gas di scarico di ricircolo con aria per ottenere una miscela di gas da alimentare ad una turbina a gas, il rapporto di flusso del flusso di gas di scarico di ricircolo essendo una frazione del rapporto di flusso della miscela di gas da alimentare alla turbina a gas, il sistema comprendendo una camera di miscelazione (11), la camera di miscelazione (11) essendo dotata di: un'apertura di ingresso del flusso di gas di scarico di ricircolo (12), su un primo lato della camera di miscelazione (11), almeno un'apertura di ingresso del flusso di aria fresca (13), su un secondo lato (18) della camera di miscelazione (11), detto secondo lato (18) essendo intersecante con detto primo lato, ed un'apertura di uscita del flusso di gas miscelato (14), su un terzo lato della camera di miscelazione (11), detto terzo lato essendo opposto a detto primo lato, in cui l'apertura di ingresso del flusso di gas di scarico di ricircolo (12) definisce una sezione

trasversale dell'apertura di ingresso del flusso di gas di scarico di ricircolo e l'apertura di uscita del flusso di gas miscelato (14) definisce una sezione trasversale dell'apertura di uscita del flusso di gas miscelato, la sezione trasversale dell'apertura di ingresso del flusso di gas di scarico di ricircolo essendo dimensionata come una frazione della sezione trasversale dell'apertura di uscita del flusso di gas miscelato, detta frazione della sezione trasversale dell'apertura di uscita del flusso di gas miscelato essendo pari al 70 fino al 130% della frazione del rapporto di flusso della miscela di gas da alimentare alla turbina a gas che è composta da gas di scarico di ricircolo.

2. Sistema (10) secondo la rivendicazione 1, in cui la sezione trasversale di detto condotto del flusso di gas di scarico di ricircolo (15) e di detta apertura di ingresso del flusso di gas di scarico di ricircolo (12) è configurata per essere uguale alla frazione del rapporto di flusso della miscela di gas da alimentare alla turbina a gas che è composta da gas di scarico di ricircolo.

3. Sistema (10) secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui detto sistema è disposto a valle di un gruppo filtrante EPA (efficient particulate air).

4. Sistema (10) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detto terzo lato della camera di miscelazione (11) è parallelo a detto primo lato.

5. Sistema (10) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detto primo lato e detto secondo lato della camera di miscelazione (11) sono ortogonali.

6. Sistema (10) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detto condotto di flusso dei gas di scarico di ricircolo (15) comprende una porzione curva (17) e una porzione rettilinea, la porzione rettilinea essendo disposta tra la porzione curva (17) e l'apertura di ingresso del flusso di gas di scarico di ricircolo (12).

7. Sistema (10) secondo la rivendicazione 6, in cui detta porzione curva (17) del condotto del flusso di gas di scarico di ricircolo è piegata a 90° .

8. Sistema (10) secondo la rivendicazione 6 o 7, in cui la lunghezza di detta porzione rettilinea disposta tra la porzione curva (17) del condotto del flusso di gas di scarico di ricircolo e l'apertura di ingresso del flusso di gas di scarico di ricircolo (12) è inferiore alla lunghezza del raggio di curvatura del lato concavo della porzione curva del condotto del

flusso di gas di scarico di ricircolo (17).

9. Sistema (10) secondo la rivendicazione 6 o 7, in cui almeno un separatore (25) è disposto all'interno di detta porzione curva del condotto del flusso dei gas di scarico di ricircolo (17), detto separatore (25) dividendo la porzione curva del condotto del flusso dei gas di scarico di ricircolo (17) in sottoporzioni piegate.

10. Sistema (10) secondo la rivendicazione 6 o 7, in cui due o più separatori (24) sono disposti all'interno di detta porzione curva del condotto del flusso dei gas di scarico di ricircolo (17), detti separatori (24) dividendo la porzione curva del condotto del flusso dei gas di scarico di ricircolo (17) in tre o più sottoporzioni, con lo stesso centro di curvatura della porzione curva (17) del condotto del flusso dei gas di scarico di ricircolo.

11. Sistema (10) secondo la rivendicazione 10, in cui i due o più separatori (24) sono ugualmente distanziati tra loro.

12. Sistema (10) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detta almeno una apertura di ingresso del flusso di aria fresca (13) è disposta simmetricamente rispetto ad un piano di simmetria (α) che divide la camera di miscelazione in

due metà, parallele alla direzione di flusso del flusso di gas di scarico di ricircolo.

13. Sistema (10) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui un filtro poroso è disposto per coprire detta apertura di ingresso del flusso di aria fresca (13).

14. Sistema (10) secondo la rivendicazione 13, in cui il filtro poroso è un filtro EPA (efficient particulate air).

15. Sistema (10) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui il condotto di ingresso del flusso di gas di scarico di ricircolo (15) è coassiale e concentrico al condotto di uscita del flusso di gas miscelato (21).

16. Sistema (10) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui la sezione trasversale di detto condotto di flusso dei gas di scarico di ricircolo (15) e/o la sezione trasversale della porzione rettilinea di detto condotto di flusso dei gas di scarico di ricircolo e la sezione trasversale di detto condotto di uscita del flusso di gas miscelato (21) hanno la stessa forma.

17. Sistema (10) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui la sezione trasversale di detto condotto di flusso dei gas di

scarico di ricircolo (15) e/o la sezione trasversale della porzione rettilinea di detto condotto di flusso dei gas di scarico di ricircolo e la sezione trasversale di detto condotto di uscita del flusso di gas miscelato (21) hanno una sezione quadrata o rettangolare.

18. Metodo per miscelare un flusso di gas di scarico di ricircolo con aria per ottenere una miscela di gas da alimentare ad una turbina a gas, il rapporto di flusso del flusso di gas di scarico di ricircolo essendo una frazione del rapporto di flusso della miscela di gas da alimentare alla turbina a gas, il metodo comprendendo le seguenti fasi:

- fornire un sistema comprendente una camera di miscelazione (11), la camera di miscelazione (11) essendo dotata di: un'apertura di ingresso del flusso di gas di scarico di ricircolo (12), su un primo lato della camera di miscelazione (11), almeno un'apertura di ingresso del flusso di aria fresca (13), su un secondo lato (18) della camera di miscelazione (11), detto secondo lato (18) essendo intersecante con detto primo lato, ed un'apertura di uscita del flusso di gas miscelato (14), su un terzo lato della camera di miscelazione (11), detto terzo lato essendo opposto a detto primo lato, in cui l'apertura di ingresso del

flusso di gas di scarico di ricircolo (12) definisce una sezione trasversale dell'apertura di ingresso del flusso di gas di scarico di ricircolo e l'apertura di uscita del flusso di gas miscelato (14) definisce una sezione trasversale di apertura di uscita del flusso di gas miscelato, la sezione trasversale di apertura di ingresso del flusso di gas di scarico di ricircolo essendo dimensionata come una frazione della sezione trasversale di apertura di uscita del flusso di gas miscelato, detta frazione della sezione trasversale di apertura di uscita del flusso di gas miscelato essendo pari al 70% fino al 130% della frazione del rapporto di flusso della miscela di gas da alimentare alla turbina a gas che è composta da gas di scarico di ricircolo.

19. Metodo secondo la rivendicazione 18, in cui la sezione trasversale di detto condotto del flusso di gas di scarico di ricircolo (15) e di detta apertura di ingresso del flusso di gas di scarico di ricircolo (12) è configurata per essere uguale alla frazione del rapporto di flusso della miscela di gas da alimentare alla turbina a gas che è composta da gas di scarico di ricircolo.

20. Metodo secondo la rivendicazione 18 o 19, in cui il rapporto di ricircolo dei gas di scarico viene

variato in un intervallo fino ad un rapporto di flusso massimo del flusso di gas di scarico di ricircolo pari allo 0,8 del rapporto di flusso del flusso di gas miscelato.

21. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 18-20, in cui, per ciascun rapporto di flusso del flusso di gas di scarico di ricircolo, la velocità del gas di scarico di ricircolo all'apertura di ingresso del flusso di gas di scarico di ricircolo (12) viene variata dal 70 al 130% della velocità del flusso di gas miscelato all'interno del condotto di uscita del flusso di gas miscelato (21).

Barzanò & Zanardo Roma S.p.A.

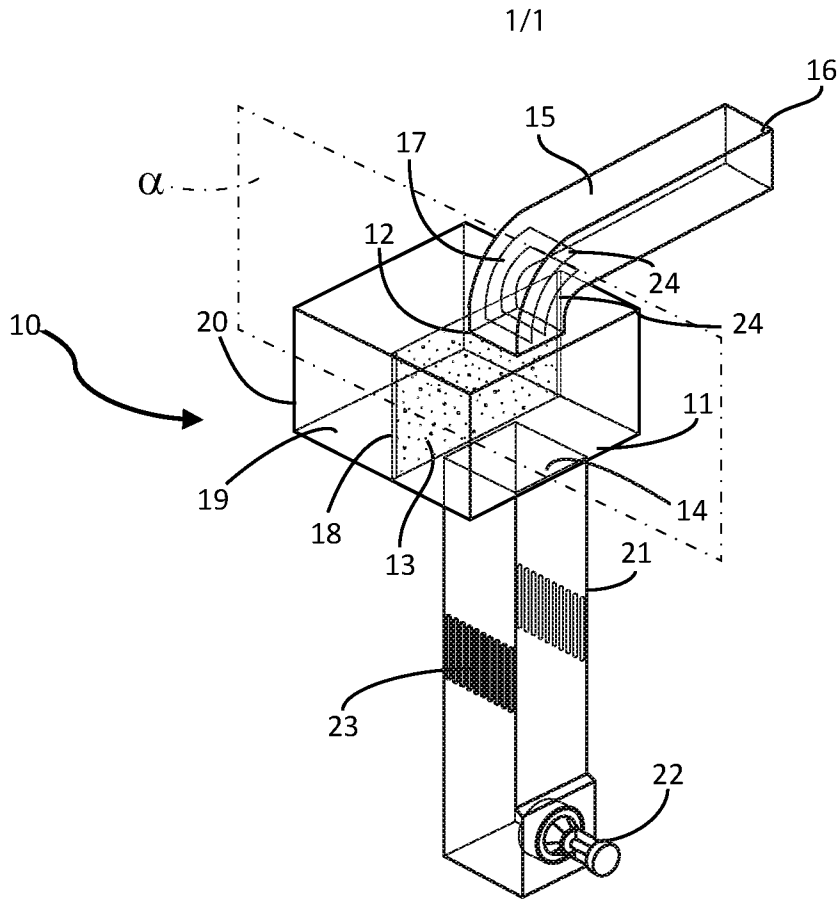


Fig. 1

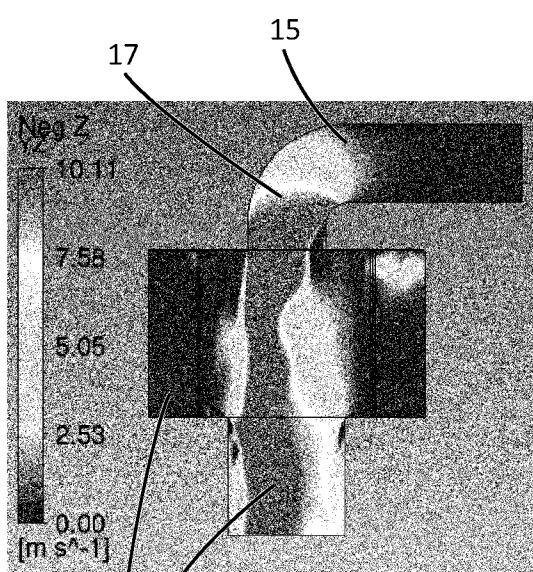


Fig. 2

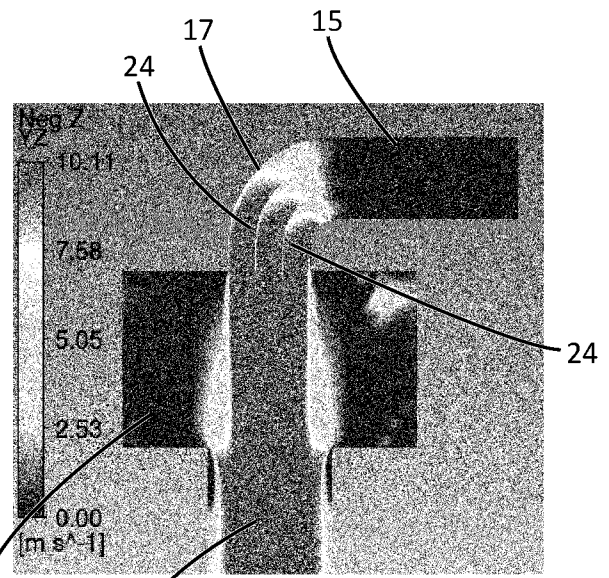


Fig. 3

11

11