

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102021000023477
Data Deposito	10/09/2021
Data Pubblicazione	10/03/2023

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	23	C	9	06

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	23	D	14	22

Titolo

TESTA DI COMBUSTIONE CON RICIRCOLAZIONE INTERNA E BRUCIATORE
COMPREDENTE LA STESSA

TESTA DI COMBUSTIONE CON RICIRCOLAZIONE INTERNA E BRUCIATORE

COMPRENDE LA STESSA

DESCRIZIONE

La presente invenzione riguarda una testa di combustione con ricircolazione interna
5 per un bruciatore ed un bruciatore comprendente la stessa.

È noto che nell'ambito dell'utilizzo di caldaie alimentate tramite combustibili fossili vengono generate emissioni di inquinanti dannosi per l'ambiente, in particolare nelle forme di ossidi di Azoto (ad esempio NO, NO₂) generalmente identificati con la sigla NO_x. Le emissioni di inquinanti possono essere influenzate o ridotte dalla
10 progettazione degli impianti di combustione, ed in particolare dai bruciatori che vengono usati.

Nel caso dei bruciatori, è risaputo che la combustione produce contaminanti NO_x in quantità direttamente proporzionali alla temperatura di fiamma prodotta, soluzioni progettuali per tali bruciatori sono state proposte per ridurre la temperatura di
15 fiamma. Questi NO_x generati nelle zone in cui la temperatura della fiamma è elevata vengono generalmente denominati NO_x termici.

In senso generale, la riduzione o l'abbattimento di NO_x nei bruciatori industriali è sempre stato un obiettivo desiderabile. Un abbattimento di NO_x è stato raggiunto nel passato usando una miscela aria/gas primaria povera accoppiata con una
20 distribuzione a stadi del combustibile gassoso. La miscela combustibile povera primaria è potenzialmente desiderabile in alcune applicazioni in quanto l'aria in eccesso produce un carico per ridurre la temperatura di fiamma per ridurre NO_x. Il gas può essere poi introdotto nella zona di combustione sia tramite ugelli arrangiati attorno la periferia del bruciatore o da un ugello centrale che protrude attraverso la
25 parte finale del tubo del gas centrale. Il combustibile secondario è bruciato con l'aria

in eccesso in un ambiente in cui i fumi combustibili sono presenti e fungono da diluizione. Questa tecnologia non è sempre stata in grado di garantire i livelli di NOx voluti o prescritti dalla legge vigente.

Oltre alla combustione a stadi altre tecnologie sono state sviluppate nel corso degli
5 anni per ridurre il valore di inquinanti a livelli sempre più bassi, tra cui una tecnologia di combustione che si basa sul ricircolo interno dei gas esausti presenti all'interno della camera di combustione. I gas esausti vengono indotti nella testa di combustione generando delle zone a bassa pressione a monte del fronte di fiamma, tramite zone ad alta velocità dell'aria o zone di turbolenza localizzate, o ogni altra
10 forma fluidodinamica che possa portare ad una depressione e ad un flusso dei fumi verso la zona centrale della testa di combustione. Si sfrutta il ricircolo interno indotto per risucchiare i gas di ricircolo all'interno della camera di ricircolo che poi si miscelano con flusso di gas comburente e vengono spinti in fondo alla camera di combustione.

15 I gas esausti presenti all'interno della camera di combustione sono considerati un gas inerte, quindi senza o con una minima percentuale di ossigeno, non competono attivamente nella combustione e vanno a diluire la percentuale di ossigeno della miscela che formano con il secondo flusso di gas comburente e con il secondo flusso di gas combustibile. L'effetto di diluizione e di assorbimento del calore prodotto dalla
20 combustione porta ad un abbassamento della temperatura di fiamma riducendo i valori di emissioni inquinanti.

Un esempio della sopracitata tecnologia di combustione è descritto nelle domande di brevetto EP 0857915 A3, WO 2017209503 A1, EP 0386732 A3 e EP 3 734 154 A1.

Un'altra tecnologia usata nella tecnica attuale da alcuni produttori di bruciatori è
25 quella di miscelare il gas combustibile con i gas esausti inerti prima che la

combustione avvenga, in questo modo la miscela combustibile risulta diluita con componenti inerti e il risultato è una combustione con ridotti picchi di temperatura.

Un brevetto che basa la sua invenzione su questa tecnica è US6626661 nel quale il gas combustibile viene iniettato in una zona priva di gas comburente, tale flusso ha
5 direzione incidente con il flusso di gas comburente, ma prima di arrivare alla miscelazione con essa è costretto ad attraversare una zona dove sono presenti solo gas esausti, tale processo porta ad una diluizione del gas combustibile e ad una successiva combustione a temperatura ridotta. Il gas combustibile è iniettato ad elevate velocità per indirizzare il getto nella direzione voluta il che comporta delle
10 perdite di pressione importanti agli ugelli.

Le continue richieste del mercato per la riduzione delle emissioni inquinanti certe volte rendono le sopracitate tecnologie ancora non sufficienti a raggiungere i valori richiesti. Inoltre svariati compromessi sono necessari per ottenere un efficace funzionamento delle tecnologie sopra elencate.

15 Scopo della presente invenzione è fornire una testa di combustione con ricircolazione interna per un bruciatore o un bruciatore comprendente la suddetta testa di combustione strutturalmente e funzionalmente concepiti per superare almeno in parte almeno uno degli svantaggi della tecnica nota citata, e per ottenere emissioni di inquinanti NOx inferiori alle precedenti tecnologie.

20 All'interno di questo scopo, un obiettivo è migliorare il funzionamento della testa di combustione, o del bruciatore o della caldaia ad essa associati, garantendo elevati livelli prestazionali.

Tale obiettivo è raggiunto, almeno in parte, grazie ad una testa di combustione con ricircolazione interna secondo la rivendicazione 1 e tramite un bruciatore secondo la
25 rivendicazione 11.

Secondo un primo aspetto dell'invenzione viene fornita una testa di combustione con ricircolazione interna per un bruciatore di una camera di combustione. Preferibilmente, detta testa di combustione comprende: un involucro, un collettore, un condotto primario, un condotto secondario e una zona di ricircolo.

5 Vantaggiosamente, l'involucro ha sviluppo sostanzialmente tubolare attorno ad un asse longitudinale e include: una prima porzione ed una seconda porzione. Preferibilmente, detta prima porzione è aggettante all'interno di detta camera di combustione e comprende un'apertura di ricircolo. Vantaggiosamente, detta seconda

10 porzione è posta all'esterno di detta camera di combustione e comprende un ingresso dell'involucro attraverso il quale può fluire un primo flusso di gas comburente all'interno dell'involucro lungo una direzione di avanzamento sostanzialmente parallela all'asse longitudinale dell'involucro. Preferibilmente, detto primo flusso di gas comburente è destinato a dividersi lungo detta direzione di avanzamento almeno in un secondo e in un terzo flusso di gas comburente.

15 Vantaggiosamente, detto collettore ha una sua estensione longitudinale e comprende un mantello esterno che si affaccia direttamente nella camera di combustione e su cui è ricavata almeno un'apertura radiale frapposta tra l'apertura di ricircolo ed un'uscita dell'involucro. Preferibilmente, detto condotto primario, all'interno del quale può fluire un primo flusso di gas combustibile, comprende un

20 ugello primario da cui può fuoriuscire il primo flusso di gas combustibile che, miscelandosi con il terzo flusso di gas comburente, può generare una fiamma primaria. Vantaggiosamente, in detto condotto secondario può fluire un secondo flusso di gas combustibile in modo che detto secondo flusso di gas combustibile possa fluire all'interno del collettore e fuoriuscire dall'apertura radiale.

25 Preferibilmente, l'apertura radiale è configurata in modo che detto secondo flusso di

gas combustibile venga investito da un flusso di gas esausti proveniente dalla camera di combustione in modo da miscelarsi con detto flusso di gas esausti ed essere trasportato insieme a detto flusso di gas esausti in verso opposto rispetto alla direzione di avanzamento nella zona di ricircolo attraverso l'apertura di ricircolo.

5 Vantaggiosamente, detta zona di ricircolo è posta all'interno dell'involucro in corrispondenza di detta apertura di ricircolo. Preferibilmente, detta zona di ricircolo comprende una sezione di ingresso longitudinale, attraverso la quale il secondo flusso di gas comburente può entrare in detta zona di ricircolo, e una sezione di passaggio, attraverso la quale può fuoriuscire il secondo flusso di gas combustibile
10 miscelato con il flusso di gas esausti e con il secondo flusso di gas comburente, in modo da poter generare una fiamma secondaria.

Sarà pertanto apprezzato che la testa di combustione della presente invenzione consente di ottenere una ricircolazione interna di un flusso di gas esausti in concomitanza con una ricircolazione interna di un gas combustibile.

15 In particolare, si ottiene una pre-miscelazione tra un flusso di gas combustibile e un flusso di gas esausti prima detti flussi pre-miscelati entrino nella zona di ricircolo.

Tale pre-miscelazione avviene all'esterno della testa di combustione e, di conseguenza, i due flussi possono miscelarsi senza che alcun elemento fisico della testa di combustione li ostacoli o ne perturbi il moto.

20 In questo modo si ottiene un flusso ottimale pre-miscelato, ottimizzando le prestazioni della testa e consentendo un abbattimento dei livelli di NOx rispetto alle soluzioni note.

Preferibilmente, il secondo flusso di gas combustibile miscelato con il flusso di gas esausti può anche essere indicato come flusso di ricircolo. Vantaggiosamente, il
25 flusso di ricircolo miscelato con il secondo flusso di gas comburente può anche

essere indicato come flusso di camera.

Preferibilmente, la direzione di avanzamento ha un verso che va dalla seconda porzione alla prima porzione dell'involucro.

Preferibilmente, la zona di ricircolo è conformata in modo che al suo interno si generi
5 una zona a pressione inferiore rispetto alla pressione interna della camera di combustione. La zona di ricircolo è quindi vantaggiosamente conformata in modo da generare una differenza di pressione negativa tale da indurre il flusso gas esausti e il secondo flusso di gas combustibile a fluire dalla camera di combustione all'interno di detta zona di ricircolo. Preferibilmente, la realizzazione della differenza di pressione è
10 prodotta tramite distacco della vena di gas comburente da una superficie specifica compresa nella zona di ricircolo. Preferibilmente, detta superficie specifica può essere una superficie interferente, che crea una turbolenza localizzata, o una superficie conica o toroidale, che induca un effetto venturi. In questo modo è possibile realizzare una testa di combustione che sia in grado di produrre una zona di
15 depressione.

In alcune forme realizzative, tale depressione si può creare a seguito di un fenomeno basato sull'effetto Venturi.

In una forma realizzativa preferita, la camera di ricircolo è definita da una o più camere di ricircolo. Preferibilmente, la camera di ricircolo è conformata in maniera
20 tale da presentare almeno una superficie interferente. Vantaggiosamente, quando detta superficie interferente viene investita da un flusso di gas comburente, preferibilmente dal secondo flusso di gas comburente, si viene a creare una depressione nella zona di ricircolo. Detta depressione induce vantaggiosamente il flusso di ricircolo ad entrare all'interno di detta camera di ricircolo.

25 Vantaggiosamente, la parete posteriore della camera di ricircolo comprende una

superficie interferente per il secondo flusso di gas combustibile, atta a creare una depressione nella camera di ricircolo.

Preferibilmente, detta superficie interferente è disposta in modo tale da generare una deviazione, vantaggiosamente brusca del secondo flusso di gas comburente nonché
5 una perdita di pressione di detto flusso, in modo da generare una differenza di pressione sufficiente a mobilitare il flusso di ricircolo dalla camera di combustione all'interno della camera di ricircolo passando attraverso l'apertura di ricircolo.

Per ottenere una deviazione del flusso particolarmente efficace, una componente di tale superficie interferente è vantaggiosamente disposta trasversalmente o
10 perpendicolarmente rispetto alla direzione di avanzamento. In questo modo, la perdita di carico generata è direttamente proporzionale alle dimensioni delle componenti perpendicolari di detta superficie interferente rispetto alla direzione di avanzamento.

La testa di combustione oggetto dell'invenzione consente quindi di ottenere un
15 abbassamento del livello di emissioni, in particolare di NO_x e al tempo stesso consente di semplificare il processo produttivo per ottenerla.

Preferibilmente, il gas comburente è aria. Vantaggiosamente, tale tipologia di gas comprende ossigeno.

In forme di realizzazione preferite il primo ed il secondo flusso di gas combustibile
20 possono essere formati dal medesimo gas, ad esempio gas naturale o qualunque altra tipologia di gas fornita attraverso la rete pubblica di distribuzione.

Vantaggiosamente, la testa di combustione oggetto dell'invenzione permette una miscelazione tra il flusso di gas esausti e il secondo flusso di gas combustibile prima della formazione della fiamma secondaria. Tale condizione risulta vantaggiosamente
25 efficace nella realizzazione di desiderate miscele gassose di combustione e così nel

conseguente funzionamento della testa di combustione stessa.

Preferibilmente, il secondo flusso di gas combustibile viene espulso radialmente attraverso le aperture radiali in una zona della camera di combustione in cui il flusso di gas esausti ha direzione essenzialmente opposta alla direzione di avanzamento.

5 Vantaggiosamente, in tale regione della camera di combustione, prima di entrare all'interno della zona di ricircolo, il flusso di gas esausti non contiene ossigeno o contiene ossigeno in una percentuale trascurabile al di sotto del campo di infiammabilità del gas combustibile, di conseguenza il secondo flusso di gas combustibile e il flusso di gas esausti non genereranno alcuna fiamma.

10 Preferibilmente, tale flusso di gas esausti viene aspirato nella zona di ricircolo insieme al secondo flusso di gas combustibile. Vantaggiosamente, i gas esausti e il gas combustibile si misceleranno tra di loro in una percentuale tale per cui il rapporto volumetrico tra gas combustibile e gas esausti può variare tra un terzo ed un ventesimo, e ancora più preferibilmente tra un terzo ed un decimo. Preferibilmente, la

15 miscelazione del gas combustibile con i gas esausti porta ad una miscela combustibile con in cui il gas combustibile è in parte diluito nei fumi di ricircolo e di conseguenza si ottiene una combustione più uniforme e con ridotti picchi di temperatura e pertanto si ottiene una riduzione dei NOx termici. Vantaggiosamente, il secondo flusso di gas combustibile, prima di miscelarsi con il secondo flusso di gas

20 comburente nella zona di ricircolo e generare le fiamme secondarie, si miscela già esternamente alla testa di combustione con il flusso di gas esausti. In questo modo si ottiene un flusso di gas premiscelato con dei gas inerti di ricircolo e quindi un gas diluito.

Detta testa di combustione è quindi caratterizzata da un'elevata semplicità costruttiva

25 in quanto non è necessario utilizzare ad esempio un boccaglio esterno all'involucro.

Grazie alla testa di combustione oggetto dell'invenzione è vantaggiosamente possibile distribuire il gas combustibile e il gas comburente in maniera uniforme all'interno della camera di combustione, incrementando così ulteriormente l'efficienza della testa di combustione stessa e la stabilità della fiamma.

- 5 Secondo un altro aspetto dell'invenzione, viene fornito un bruciatore comprendente una testa di combustione secondo l'invenzione.

Le caratteristiche ed i vantaggi della presente invenzione meglio risulteranno dalla descrizione dettagliata di un suo preferito esempio di realizzazione, illustrato a titolo esemplificativo e non limitativo con riferimento agli uniti disegni, in cui:

- 10 – figura 1 è una sezione longitudinale della testa di combustione e del bruciatore comprendente la stessa, illustrate in maniera schematica;
- figura 2a è una sezione longitudinale della testa di combustione;
- figura 3 è una vista frontale della testa di combustione;
- figura 4 è una vista posteriore di una sezione trasversale della testa di
15 combustione;
- figura 5 è una vista prospettica posteriore di una sezione trasversale della testa di combustione;
- figura 6 è una vista superiore di una camera di ricircolo della testa di
20 combustione;
- figura 7 è una sezione longitudinale di una camera di ricircolo della testa di combustione;
- figura 8 è una vista frontale di una camera di ricircolo della testa di combustione;
- figura 9 è una vista posteriore di una camera di ricircolo della testa di
25 combustione.

Nelle figure con 1 è rappresentata una testa di combustione con ricircolazione interna per un bruciatore 100 di una camera di combustione 26.

Secondo un primo aspetto dell'invenzione viene fornita una testa di combustione 1 con ricircolazione interna per un bruciatore 100 di una camera di combustione 26.

5 Preferibilmente, detta testa di combustione 1 comprende: un involucro 5, un collettore 70, un condotto primario 20, un condotto secondario 30 e una zona di ricircolo 4. Vantaggiosamente, l'involucro 5 ha sviluppo sostanzialmente tubolare attorno ad un asse longitudinale L e include: una prima porzione 51 ed una seconda porzione 52. Preferibilmente, detta prima porzione 51 è aggettante all'interno di
10 detta camera di combustione 26 e comprende un'apertura di ricircolo 3 che si sviluppa lungo un suo asse apertura T. Vantaggiosamente, detta seconda porzione 52 è posta all'esterno di detta camera di combustione 26 e comprende un ingresso 54 dell'involucro 5 attraverso il quale può fluire un primo flusso di gas comburente 13 all'interno dell'involucro 5 lungo una direzione di avanzamento A sostanzialmente
15 parallela all'asse longitudinale L dell'involucro 5. Preferibilmente, detto primo flusso di gas comburente 13 è destinato a dividersi lungo detta direzione di avanzamento A almeno in un secondo 14 e in un terzo flusso di gas comburente 15. Vantaggiosamente, detto collettore 70 ha una sua estensione longitudinale K e comprende un mantello esterno 71 che si affaccia direttamente nella camera di
20 combustione 26 e su cui sono ricavate aperture radiali 7 frapposte tra l'apertura di ricircolo 3 ed una uscita 61 dell'involucro 5.

Preferibilmente, detto condotto primario 20, all'interno del quale può fluire un primo flusso di gas combustibile 11, comprende un ugello primario 6 da cui può fuoriuscire il primo flusso di gas combustibile 11 che, miscelandosi con il terzo flusso di gas
25 comburente 15, può generare una fiamma primaria 17. Vantaggiosamente, in detto

condotto secondario 30 può fluire un secondo flusso di gas combustibile 12 in modo che detto secondo flusso di gas combustibile 12 possa fluire all'interno del collettore 70 e fuoriuscire dalle aperture radiali 7. Preferibilmente, dette aperture radiali 7 sono configurate in modo che detto secondo flusso di gas combustibile 12 venga investito
5 da un flusso di gas esausti 19 proveniente dalla camera di combustione 26 in modo da miscelarsi con detto flusso di gas esausti 19 ed essere trasportato insieme a detto flusso di gas esausti 19 in verso opposto rispetto alla direzione di avanzamento A nella zona di ricircolo 4 attraverso l'apertura di ricircolo 3.

Sarà apprezzato che le aperture radiali 3 non sono necessariamente configurate in
10 maniera tale da realizzare un flusso perfettamente radiale. È infatti previsto che le aperture radiali 3 formino un flusso inclinato rispetto ad una direzione prettamente radiale rispetto al collettore 70, purché in allontanamento dalla parete esterna del collettore 70, quindi con almeno una componente radiale.

Inoltre, seppur nella presente forma di realizzazione siano definite una pluralità di
15 aperture radiali 7 potrà anche essere previsto l'utilizzo di un'unica apertura radiale 7 opportunamente sagomata per fornire il flusso desiderato di gas.

Vantaggiosamente, detta zona di ricircolo 4 è definita da almeno una camera di ricircolo 4A posta all'interno dell'involucro 5 in corrispondenza di detta apertura di ricircolo 3. Vantaggiosamente, detta camera di ricircolo 4A comprende una sezione di
20 ingresso longitudinale 41, attraverso la quale il secondo flusso di gas comburente 14 può entrare in detta camera di ricircolo 4A, ed una sezione di passaggio 44, attraverso la quale può fuoriuscire il secondo flusso di gas combustibile 12 miscelato con il flusso di gas esausti 19 e con il secondo flusso di gas comburente 14, in modo da poter generare una fiamma secondaria 18.

25 Secondo una forma di realizzazione, la testa di combustione 1 è realizzata in

materiale ceramico o metallico, preferibilmente in acciaio, preferibilmente Austenitico.

Vantaggiosamente, la testa di combustione 1 viene applicata su una camera di combustione 26 già esistente.

5 Vantaggiosamente, l'ugello primario 6 è posto nella prima porzione 51 dell'involucro 5. Preferibilmente, l'ugello primario 6 è dedicato ed ottimizzato per l'immissione del primo flusso di gas combustibile 11 all'interno della camera di combustione 26 in modo da ottenere una fiamma primaria 17 particolarmente stabile. Vantaggiosamente, l'ugello primario 6 è conformato a cilindro con uno o più fori di
10 passaggio lungo l'asse del cilindro o sulla parete laterale del cilindro per garantire una eiezione direzionale del primo flusso di gas combustibile 11.

Vantaggiosamente, il secondo flusso di gas combustibile 12 miscelato con il flusso di gas esausti 19 può anche essere indicato come flusso di ricircolo 99.

Preferibilmente, il flusso di ricircolo 99, miscelato con il secondo flusso di gas
15 comburente 14 può anche essere indicato come flusso di camera 98.

Vantaggiosamente, il flusso di gas esausti 19 può comprendere un flusso di gas esausti primario e un flusso di gas esausti secondario. Preferibilmente, detto flusso di gas esausti primario deriva dalla combustione della fiamma primaria 17 e detto flusso di gas esausti secondario deriva dalla combustione della fiamma secondaria 18.

20 Vantaggiosamente, il flusso di gas esausti primario e il flusso di gas esausti secondario possono miscelarsi o mescolarsi tra loro. È comprensibile che tali flussi di gas esausti sono semplicemente identificabili nel momento in cui vengono prodotti come esausti dalla fiamma primaria e secondaria rispettivamente. È interessante rilevare che tale composizione dei gas esausti non è destinata a mantenersi in
25 maniera necessariamente costante, infatti la finalità stessa della ricircolazione interna

di tali fumi è quella di abbatte o ridurne significativamente il contenuto in NOx al fine di rendere il processo di combustione più pulito ed efficiente. Ad ogni ricircolazione interna i gas esausti primari e secondari potranno rimescolarsi tra loro definendo poi, durante la successiva fase di combustione in fiamma, dei nuovi gas
5 esausti primari e secondari.

Preferibilmente, il gas comburente è aria. Vantaggiosamente, tale tipologia di gas comburente comprende ossigeno. Vantaggiosamente, i flussi di gas comburenti 13, 14, 15 sono aria. In alcune forme di realizzazione, il primo flusso di gas comburente 13 si può dividere in ulteriori flussi di gas comburente. Gli ulteriori flussi di gas
10 comburente sono preferibilmente aria.

In forme di realizzazione preferite il primo ed il secondo flusso di gas combustibile possono essere formati dal medesimo gas, ad esempio gas naturale o qualunque altra tipologia di gas fornita attraverso la rete pubblica di distribuzione. Sarà comunque apprezzato che la presente invenzione può trovare applicazione con
15 qualsiasi tipologia di gas combustibile.

Preferibilmente, la direzione di avanzamento A ha un verso che va dalla seconda porzione 52 alla prima porzione 51 dell'involucro 5.

Il primo flusso di gas combustibile 11 scorre vantaggiosamente nel condotto primario 20 lungo la direzione di avanzamento A. Vantaggiosamente, il primo condotto 20 si
20 raccorda a monte della testa di combustione 1 tramite una tubazione d'entrata, non rappresentata.

Preferibilmente, l'involucro 5 ha una forma tubolare che si sviluppa attorno al suo asse longitudinale L, ancora più preferibilmente con sezione circolare. Preferibilmente, l'uscita 61 dell'involucro 5 è compresa nella prima porzione 51
25 dell'involucro 5. Vantaggiosamente, detta uscita 61 si trova nell'estremità

dell'involucro 5 più sporgente nella camera di combustione 26.

Preferibilmente, il collettore 70 ha uno sviluppo sostanzialmente tubolare attorno all'asse longitudinale L dell'involucro 5. Preferibilmente, l'estensione longitudinale K del collettore 70 è sostanzialmente pari ad almeno metà di un'estensione
5 longitudinale complessiva dell'involucro 5. Vantaggiosamente, il collettore 70 è delimitato longitudinalmente da una prima parete trasversale 74 e da una seconda parete trasversale 75. Preferibilmente, il collettore 70 comprende un mantello interno 72 posto all'interno dell'involucro 5. Vantaggiosamente, il collettore 70 ha una forma sostanzialmente a cilindro cavo. Preferibilmente, il collettore 70 comprende una
10 cavità 55 frapposta tra il mantello esterno 71 e il mantello interno 72. Vantaggiosamente, detta cavità 55 è atta a ricevere il secondo flusso di gas combustibile 12 tramite il condotto secondario 30.

Vantaggiosamente, il collettore 70 è posto almeno per il 90% della sua estensione longitudinale K nella prima porzione 51 dell'involucro 5. Preferibilmente, il mantello
15 della prima porzione 51 dell'involucro 5 coincide sostanzialmente con il mantello esterno 71 del collettore 70.

Le aperture radiali 7 sono preferibilmente realizzate nella prima porzione 51 dell'involucro 5. In una forma realizzativa preferita, è presente un gruppo di aperture radiali 7 in cui dette aperture radiali 7 sono distribuite circonferenzialmente sul
20 mantello esterno 71 dell'involucro 5. Vantaggiosamente, dette aperture radiali 7 sono distribuite lungo il mantello esterno 71 dell'involucro 5 in modo da essere equidistanti tra loro. Preferibilmente, è presente una pluralità di gruppi di aperture radiali. Vantaggiosamente, detti gruppi di aperture radiali 7 sono equidistanziati longitudinalmente fra loro.

25 Preferibilmente, il mantello esterno 71 del collettore 5 si affaccia direttamente nella

camera di combustione 26. Per direttamente si intende che non ci sono ostacoli posti davanti a detto mantello esterno 71. Di conseguenza, il secondo flusso di gas combustibile 12 quando fuoriesce dal collettore attraverso le aperture radiali 7 non incontra ostacoli posti direttamente davanti a dette aperture radiali 7. In questo modo, il secondo flusso di gas combustibile 12 in uscita dalle aperture radiali 7 può essere direttamente investito e trasportato dal flusso di gas esausti 19. Questo consente una semplificazione costruttiva della testa di combustione 1, in quanto non sono previsti elementi, come ad esempio un boccaglio, posti all'esterno dell'involucro 5.

Preferibilmente, il flusso di ricircolo 99 fluisce verso l'interno della camera di ricircolo 4 senza entrare a contatto con ossigeno o entrando a contatto con una minima percentuale di ossigeno. Il flusso di gas esausti 19 è formato da un gas inerte, quindi senza o con una minima percentuale di ossigeno, perciò non compete attivamente nella combustione e va a diluire la percentuale di ossigeno della miscela che si viene a formare con il secondo flusso di gas comburente 14 e con il secondo flusso di gas combustibile 12.

La presenza di gas comburente, e quindi di ossigeno, potrebbe far verificare combustioni non volute ed instabili, ad esempio nel collettore 70 o nella camera di ricircolo 4A.

Vantaggiosamente, le aperture radiali 7 sono configurate in modo che secondo flusso di gas combustibile 12 fuoriesca ad una velocità limitata. Preferibilmente, detta velocità è tale per cui il secondo flusso di gas combustibile 12 possa essere guidato completamente dal flusso di gas esausti 19.

Preferibilmente, l'apertura di ricircolo 3 ha una forma sostanzialmente tubolare che si sviluppa attorno al suo asse apertura T, ancora più preferibilmente con sezione

circolare. Preferibilmente, l'apertura di ricircolo 3 è passante nel mantello esterno 71 e nel mantello interno 72 del collettore 70. Vantaggiosamente, l'apertura di ricircolo 3 è delimitata da una superficie laterale 73. Preferibilmente, la cavità 55 del collettore 70 è delimitata dal mantello esterno 71, dal mantello interno 72, dalla prima parete trasversale 74, dalla seconda parete trasversale 75 del collettore 70 e dalla superficie laterale 73 dell'apertura di ricircolo 3.

Preferibilmente, l'apertura di ricircolo 3 è frapposta tra l'apertura radiale 7 e la seconda porzione 52 dell'involucro 5.

Vantaggiosamente, l'asse apertura T dell'apertura di ricircolo 3 è l'asse longitudinale di detta apertura di ricircolo 3. Preferibilmente, detto asse apertura T si estende in una direzione radiale dell'involucro 5. Vantaggiosamente, detto asse apertura T è perpendicolare all'asse longitudinale L dell'involucro 5 e giace su un piano trasversale rispetto all'asse longitudinale L dell'involucro 5.

Preferibilmente, la camera di ricircolo 4A è posta all'interno della prima porzione 51 dell'involucro 5. Vantaggiosamente, la camera di ricircolo 4A comprende due pareti laterali 43, una parete inferiore 56 e una parete posteriore 57. Preferibilmente, la sezione di ingresso longitudinale 41 della camera di ricircolo è ricavata sulla parete posteriore 57. Preferibilmente, la sezione di ingresso longitudinale 41 ha forma squadrata.

Vantaggiosamente, la parete inferiore 56 ha curvatura sostanzialmente corrispondente a quella dell'involucro 5.

Preferibilmente, la camera di ricircolo 4A, o più in generale la zona di ricircolo 4, è conformata in modo che al suo interno si generi una zona a pressione inferiore rispetto alla pressione interna della camera di combustione 26. La zona di ricircolo 4 è quindi vantaggiosamente conformata in modo da generare una differenza di

pressione negativa tale da indurre il flusso gas esausti 19 e il secondo flusso di gas combustibile 12 a fluire dalla camera di combustione 26 all'interno di detta zona di ricircolo 4.

In una forma realizzativa preferita, la camera di ricircolo 4A è conformata in maniera tale da presentare almeno una superficie interferente. Vantaggiosamente, quando detta superficie interferente viene investita da un flusso di gas comburente, preferibilmente dal secondo flusso di gas comburente 12, si viene a creare una depressione nella zona di ricircolo 4. Detta depressione induce vantaggiosamente il flusso di ricircolo 99 ad entrare all'interno di detta zona di ricircolo 4. Vantaggiosamente, la parete posteriore 57 della zona di ricircolo 4 comprende una superficie interferente.

Preferibilmente, la testa di combustione 1 comprende un canale primario 63 interposto tra il condotto primario 20 e la parete inferiore 56 della camera di ricircolo 4A. Vantaggiosamente, il terzo flusso di gas comburente 15 scorre in detto canale primario 63. Preferibilmente, detto canale primario 63 si trova in una zona centrale dell'involucro 5, in modo che il terzo flusso di gas comburente 15 sia concentrato in detta zona centrale dell'involucro 5. Vantaggiosamente, detto canale primario 63 è configurato in modo che il terzo flusso di gas comburente 15 fuoriesca dall'involucro 5 ad una velocità tale da trovarsi in un'area della camera di combustione 26 lontana da dove è presente detta testa di combustione 1. In questo modo il terzo flusso di gas comburente 15 è costretto a fare un circolo molto ampio prima di ritornare nei pressi della testa di combustione 1. Preferibilmente, il terzo flusso di gas comburente 15 fuoriesce con una energia cinetica tale da evitare che torni indietro e si misceli con il flusso di ricircolo 99.

Preferibilmente, la testa di combustione 1 comprende una pluralità di aperture di

ricircolo 3 e di corrispondenti camere di ricircolo 4A. Vantaggiosamente, dette aperture di ricircolo 3 sono disposte in modo da essere equidistanti tra loro. Per equidistanti si intende che assi apertura T di aperture di ricircolo 3 successive risultano distanziati da un primo angolo α . Preferibilmente, detto primo angolo α è
5 definito su un piano trasversale all'asse longitudinale L dell'involucro 5 e contenente gli assi apertura T di dette aperture di ricircolo 3. Preferibilmente, per aperture di ricircolo 3 successive si intende aperture di ricircolo 3 successive circonferenzialmente.

Vantaggiosamente, a ciascuna apertura di ricircolo 3 è associata una camera di
10 ricircolo 4A. Di conseguenza, camere di ricircolo 4A successive risultano anch'esse distanziate dal primo angolo α . Preferibilmente, per camere di ricircolo 4A successive si intende camere di ricircolo 4 successive circonferenzialmente.

In una forma preferita dell'invenzione, sono presenti quattro aperture di ricircolo 3 e quattro corrispondenti camere di ricircolo 4A. In questo caso il primo angolo α è pari
15 a circa 90° .

Preferibilmente, le due pareti laterali 43 della camera di ricircolo 4A sono conformate in modo da ottenere un canale secondario 62 interposto tra due pareti laterali 43 adiacenti di rispettive camere di ricircolo 4A successive. Vantaggiosamente, detto canale secondario 62 è rastremato lungo la direzione di avanzamento A.

20 La presenza del canale secondario 62 permette di agevolare l'inserimento/la rimozione della camera di ricircolo 4A nell'/dall'involucro 5. Questo si può rilevare particolarmente utile nel caso in cui la camera di ricircolo 4A venga connessa all'involucro 5 tramite collegamenti filettati.

In altre forme realizzative, la camera di ricircolo 4A può essere vantaggiosamente
25 connessa all'involucro 5 tramite saldatura. In questo caso possono essere previste

forme realizzative alternative del canale secondario 62 che può ad esempio assumere una forma non rastremata.

Gli ulteriori flussi di gas comburente comprendono preferibilmente un quarto flusso di gas comburente 16. Detto quarto flusso di gas comburente 16 può
5 vantaggiosamente passare nel canale secondario 62.

Vantaggiosamente, il canale secondario 62 è configurato in modo che il quarto flusso di gas comburente 16 fuoriesca dall'involucro 5 ad una velocità tale da trovarsi in un'area della camera di combustione 26 lontana da dove è presente detta testa di combustione 1. In questo modo il quarto flusso di gas comburente 16 è costretto a
10 fare un circolo molto ampio prima di ritornare nei pressi della testa di combustione 1. Preferibilmente, il quarto flusso di gas comburente 16 fuoriesce con una energia cinetica tale da evitare che torni indietro e si misceli con il flusso di ricircolo 99.

Preferibilmente, la parete posteriore 57 della camera di ricircolo 4A è sostanzialmente parallela ad un piano inclinato rispetto a un piano trasversale all'asse longitudinale L
15 dell'involucro 5, in modo che un secondo angolo β compreso tra detti due piani abbia un valore compreso circa tra 10° e 45° .

Preferibilmente, detta configurazione della parete posteriore 57 permette di posizionare la sua superficie interferente in modo tale da generare una deviazione particolarmente brusca del secondo flusso di gas comburente 12. La conseguente
20 perdita di pressione di detto secondo flusso di gas comburente 12 permette vantaggiosamente di generare una differenza di pressione sufficiente a mobilitare il flusso di ricircolo 99 dalla camera di combustione 26 all'interno della zona di ricircolo 4, passando attraverso l'apertura di ricircolo 3.

La richiedente ha riscontrato che per valori del secondo angolo β compresi tra 10° e
25 45° si è vantaggiosamente in grado di ottenere un una deviazione particolarmente

efficace del secondo flusso di gas combustibile 12 dalla superficie interferente. La perdita di carico generata è infatti direttamente proporzionale alle dimensioni delle componenti perpendicolari della superficie interferente rispetto alla direzione di avanzamento A.

- 5 Preferibilmente, l'apertura di ricircolo 3 ha un'estensione longitudinale V pari a circa un terzo dell'estensione longitudinale K del collettore 70.

Vantaggiosamente, nel caso in cui l'apertura di ricircolo 3 abbia una sezione sostanzialmente circolare, la sua estensione longitudinale V corrisponde sostanzialmente al diametro di detta sezione.

- 10 La distanza longitudinale M tra asse apertura T e l'uscita involucro 61 dell'involucro 5 è pari a circa due terzi dell'estensione longitudinale K del collettore 70. In questo modo è possibile ottimizzare ulteriormente il direzionamento del flusso di ricircolo 99 nella zona di ricircolo 4.

Preferibilmente, la camera di ricircolo 4A comprende una parete superiore 58.

- 15 Vantaggiosamente, detta parete superiore 58 comprende un ingresso radiale 40 posto in corrispondenza della rispettiva apertura di ricircolo 3.

Per rispettiva apertura di ricircolo 3 si intende vantaggiosamente quella associata a detta camera di ricircolo 4A. Preferibilmente, ad ogni apertura di ricircolo 3 è associata una camera di ricircolo 4A ed un eventuale rispettivo ingresso radiale 40.

- 20 Vantaggiosamente, la parete superiore 58 ha curvatura sostanzialmente corrispondente a quella dell'involucro 5.

La parete superiore 58 si rivela particolarmente utile nel caso in cui la camera di ricircolo 4A sia montabile/smontabile nell'/dall'involucro 5, ad esempio tramite un collegamento filettato. In alcune forme realizzative in cui le pareti laterali 43 e la

- 25 parete posteriore 57 sono saldate al mantello interno 72 dell'involucro 5, la parete

superiore 58 può essere opzionale, in quanti in questo caso il mantello interno 72 dell'involucro 5 può fungere da parete superiore della camera di ricircolo 4A.

Preferibilmente, l'ingresso radiale 40 della parete superiore 58 consente al secondo flusso di gas combustibile 12 miscelato con il flusso di gas esausti 19 di entrare nella
5 rispettiva camera di ricircolo 4A attraverso la rispettiva apertura di ricircolo 3.

Vantaggiosamente, l'ingresso radiale 40 ha una forma tubolare, ancora più preferibilmente con sezione circolare. Preferibilmente, l'ingresso radiale 40 si sviluppa lungo l'asse apertura T della rispettiva apertura di ricircolo 3. In questo modo, l'apertura di ricircolo 3 e il rispettivo ingresso radiale 40 sono risultato coassiali
10 attorno allo stesso asse apertura T.

Vantaggiosamente, l'estensione longitudinale dell'ingresso radiale 40 è leggermente inferiore dell'estensione longitudinale V della rispettiva apertura di ricircolo 3. In questo modo è possibile inserire detto ingresso radiale 40 in detta apertura di ricircolo 3 facendo il modo che una superficie esterna 74 di detto ingresso radiale 40
15 vada in battuta con la superficie laterale 73 della rispettiva apertura di ricircolo 3. Questo consente di favorire l'ingresso del flusso di ricircolo 99 all'interno della camera di ricircolo 4A ed evitare perdite di detto flusso all'interno dell'involucro 5.

Preferibilmente, le aperture radiali 7 sono poste ad una distanza longitudinale B dall'uscita 61 dell'involucro 5 compresa circa tra due terzi e tre terzi dell'estensione
20 longitudinale K del collettore 70.

In questo modo è vantaggiosamente possibile ottimizzare ulteriormente il direzionamento del secondo flusso di gas combustibile 12 in uscita da dette aperture radiali 7. Detto secondo flusso di gas combustibile 12 andrà quindi vantaggiosamente a mescolarsi con il flusso di gas esausti 19 per poi entrare nella zona di ricircolo 4
25 attraverso le aperture di ricircolo 3.

In una forma di realizzazione preferita, le aperture radiali 7 sono poste ad una distanza longitudinale B dall'uscita 61 dell'involucro 5 pari a circa metà dell'estensione longitudinale K del collettore 70.

Preferibilmente, il diametro delle aperture radiali 3 varia in funzione della lunghezza del collettore 70, aumentando all'aumentare della lunghezza dello stesso.

Preferibilmente, il condotto primario 20 della testa di combustione 1 si estende lungo l'asse longitudinale L dell'involucro 5. Vantaggiosamente, il condotto secondario 30 comprende un primo condotto secondario 31 e un secondo condotto secondario 32.

Preferibilmente, il primo condotto secondario 31 è coassiale al condotto primario 20.

Vantaggiosamente, il secondo condotto secondario 32 collega il collettore 70 e il primo condotto secondario 31.

È vantaggiosamente possibile separare completamente il condotto primario 20 e il condotto secondario 30, in modo che nel condotto primario 20 possa scorrere solo il primo flusso di gas combustibile 11 e nel condotto secondario 30 possa scorrere solo il secondo flusso di gas combustibile 12. Separando i due condotti 20, 30 si può avere un controllo del primo 11 e del secondo flusso di gas combustibile 12 particolarmente efficiente. Preferibilmente, è possibile controllare il flusso di gas combustibile nel rispettivo condotto 20, 30 tramite una valvola a farfalla.

Vantaggiosamente, è possibile impiegare una valvola a farfalla per ciascun condotto 20, 30.

Preferibilmente, il primo condotto secondario 31 si sviluppa attorno al condotto primario 20 in modo da avvolgere detto condotto primario 20. Vantaggiosamente, il primo condotto secondario 31 e il condotto primario 20 hanno entrambi forma tubolare, ancora più vantaggiosamente a sezione circolare.

Secondo una forma di realizzazione preferita, la testa di combustione 1 comprende

una pluralità di secondi condotti secondari 32. Preferibilmente, detti secondi condotti secondari 32 sono equidistanti tra loro. Vantaggiosamente, sono presenti quattro secondi condotti secondari 32.

In una forma di realizzazione alternativa può essere previsto un condotto comune, nel quale scorrono sia il primo 11 che il secondo flusso di gas combustibile 12. Preferibilmente, detto condotto comune si può diramare nel condotto primario 20 e nel condotto secondario 30. Questa soluzione si rivela più semplice ed economica dal punto di vista costruttivo rispetto a quella con i due condotti 20, 30 completamente separati. Tuttavia, questa soluzione può risultare meno raffinata di quella con i due condotti 20, 30 completamente separati poiché non è possibile controllare singolarmente il primo 11 e il secondo flusso di gas combustibile 12, ad esempio tramite una valvola a farfalla.

Preferibilmente, la testa di combustione 1 comprende un elemento diffusore 60 posto in corrispondenza dell'ugello primario 6 e fluidodinamicamente interagente con il primo condotto 20.

Con "elemento diffusore" si vuole indicare un elemento che performa la funzione di generare una turbolenza e miscelamento tra gas comburente e gas combustibile. Preferibilmente, detto elemento diffusore 60 è un disco, con o senza fori, o un elemento a forma di turbina che comprende delle pale che producono una rotazione dell'gas comburente e una conseguente miscelazione tra gas comburente e gas combustibile.

Vantaggiosamente, l'elemento diffusore 60 è realizzato in acciaio austenitico. Preferibilmente, l'elemento diffusore 60 comprende un corpo centrale, ancora più preferibilmente di forma sostanzialmente circolare, da cui si estende una porzione, anch'essa più preferibilmente di forma circolare, vantaggiosamente inclinata rispetto

all'asse longitudinale L dell'involucro 5.

In alcune forme di realizzazione, l'elemento diffusore 60 potrebbe essere uno swirl. Vantaggiosamente, lo swirl permette di controllare il flusso di gas comburente, in particolare il terzo flusso di gas comburente 15. Questo controllo del flusso di gas
5 comburente, insieme al controllo del primo flusso di gas combustibile 11 in uscita dall'ugello primario 6, consente di ottenere una fiamma primaria 17 stabile e di piccole dimensioni, simile ad una fiamma pilota. Detta fiamma primaria 17 di piccole dimensioni non viene vantaggiosamente disturbata da flussi di ricircolo che potrebbero destabilizzarla perché sono inerti. La fiamma secondaria 18 può invece
10 vantaggiosamente miscelarsi con il flusso di ricircolo 99.

L'invenzione risolve così il problema proposto, conseguendo al contempo una pluralità di vantaggi. In particolare, la testa di combustione 1 permette di ottenere emissioni di inquinanti NOx particolarmente limitate, in particolare grazie alla ricircolazione interna del flusso di gas esausti 19 in concomitanza con la ricircolazione
15 interna del secondo flusso gas combustibile 12. In questo modo è infatti possibile ottenere una pre-miscelazione tra detti flussi prima che detti flussi pre-miscelati entrino nella zona di ricircolo 4. Inoltre, la testa di combustione garantisce elevati livelli prestazionali e al tempo stesso elevata semplicità costruttiva.

RIVENDICAZIONI

1. Testa di combustione (1) con ricircolazione interna per un bruciatore (100) di una camera di combustione (26) comprendente:

un involucro (5) avente sviluppo sostanzialmente tubolare attorno ad un
5 asse longitudinale (L) e comprendente:

una prima porzione (51), aggettante all'interno di detta camera di combustione (26) e comprendente un'apertura di ricircolo (3) , e

una seconda porzione (52), posta all'esterno di detta camera di combustione (26) e comprendente un ingresso (54) dell'involucro

10 (5) attraverso il quale può fluire un primo flusso di gas

comburente (13) all'interno dell'involucro (5) lungo una direzione di avanzamento (A) sostanzialmente parallela all'asse

longitudinale (L) dell'involucro (5), detto primo flusso di gas comburente (13) essendo destinato a dividersi lungo detta

15 direzione di avanzamento (A) almeno in un secondo (14) e in un

terzo flusso di gas comburente (15);

un collettore (70) avente un'estensione longitudinale (K) e
comprendente:

un mantello esterno (71) che si affaccia direttamente nella
20 camera di combustione (26) e su cui è ricavata almeno una

apertura radiale (7) frapposta tra l'apertura di ricircolo (3) ed una uscita (61) dell'involucro (5);

un condotto primario (20) all'interno del quale può fluire un primo
flusso di gas combustibile (11) e comprendente un ugello primario (6)

25 da cui può fuoriuscire il primo flusso di gas combustibile (11) che,

miscelandosi con il terzo flusso di gas comburente (15), può generare una fiamma primaria (17);

un condotto secondario (30), all'interno del quale può fluire un secondo flusso di gas combustibile (12) in modo che detto secondo flusso di gas combustibile (12) possa fluire all'interno del collettore (70) e fuoriuscire dall'apertura radiale (7), detta apertura radiale (7) essendo configurata in modo che detto secondo flusso di gas combustibile (12) venga investito da un flusso di gas esausti (19) proveniente dalla camera di combustione (26) in modo da miscelarsi con detto flusso di gas esausti (19) ed essere trasportato insieme a detto flusso di gas esausti (19) in verso opposto rispetto alla direzione di avanzamento (A) in una zona di ricircolo (4) attraverso l'apertura di ricircolo (3);

detta zona di ricircolo (4) essendo posta all'interno dell'involucro (5) in corrispondenza di detta apertura di ricircolo (3) e comprendente

una sezione di ingresso longitudinale (41) attraverso la quale il secondo flusso di gas comburente (14) può entrare in detta camera di ricircolo (4), ed

una sezione di passaggio (44) attraverso la quale può fuoriuscire il secondo flusso di gas combustibile (12) miscelato con il flusso di gas esausti (19) e con il secondo flusso di gas comburente (14), in modo da poter generare una fiamma secondaria (18).

2. Testa di combustione (1) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, comprendente una pluralità di aperture radiali, dette aperture radiali (7) essendo preferibilmente poste ad una distanza longitudinale (B) dall'uscita (61) dell'involucro (5) compresa circa tra due terzi e tre terzi dell'estensione

longitudinale (K) del collettore (70).

3. Testa di combustione (1) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui il condotto primario (20) si estende lungo l'asse longitudinale (L) dell'involucro (5) e il condotto secondario (30) comprende un primo condotto secondario (31), coassiale al condotto primario (20), e un secondo condotto secondario (32), che collega il collettore (70) e il primo condotto secondario (31).
5
4. Testa di combustione (1) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, comprendente un elemento diffusore (60) posto in corrispondenza dell'ugello primario (6) e fluidodinamicamente interagente con il primo condotto (20).
10
5. Testa di combustione (1) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detta zona di ricircolo (4) è definita da una camera di ricircolo (4A) formata in detto collettore (70).
6. Testa di combustione (1) secondo la rivendicazione precedente, in cui sono presenti una pluralità di aperture di ricircolo (3) e di corrispondenti camere di ricircolo (4), dette aperture di ricircolo (3) essendo disposte in modo da essere equidistanti tra loro.
15
7. Testa di combustione (1) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 5 a 6, in cui la camera di ricircolo (4) comprende due pareti laterali (43) conformate in modo da ottenere un canale secondario (62) interposto tra due pareti laterali (43) adiacenti di rispettive camere di ricircolo (4) successive, detto canale secondario (62) essendo rastremato lungo la direzione di avanzamento (A).
20
8. Testa di combustione (1) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 5 a 7, in cui la camera di ricircolo (4) comprende una parete posteriore (57), detta la parete posteriore (57) essendo sostanzialmente parallela ad un piano inclinato
25

rispetto a un piano trasversale all'asse longitudinale (L) dell'involucro (5), in modo che un secondo angolo (β) compreso tra detti due piani abbia un valore compreso circa tra 10° e 45° .

- 5 9. Testa di combustione (1) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 5 ad 8, in cui l'apertura di ricircolo (3) ha un'estensione longitudinale (V) pari a circa un terzo dell'estensione longitudinale (K) del collettore (70).
- 10 10. Testa di combustione (1) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 5 a 9, in cui la camera di ricircolo (4) comprende una parete superiore (58) che comprende un ingresso radiale (40) posto in corrispondenza della rispettiva apertura di ricircolo (3).
11. Bruciatore (100) comprendente una testa di combustione (1) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti.

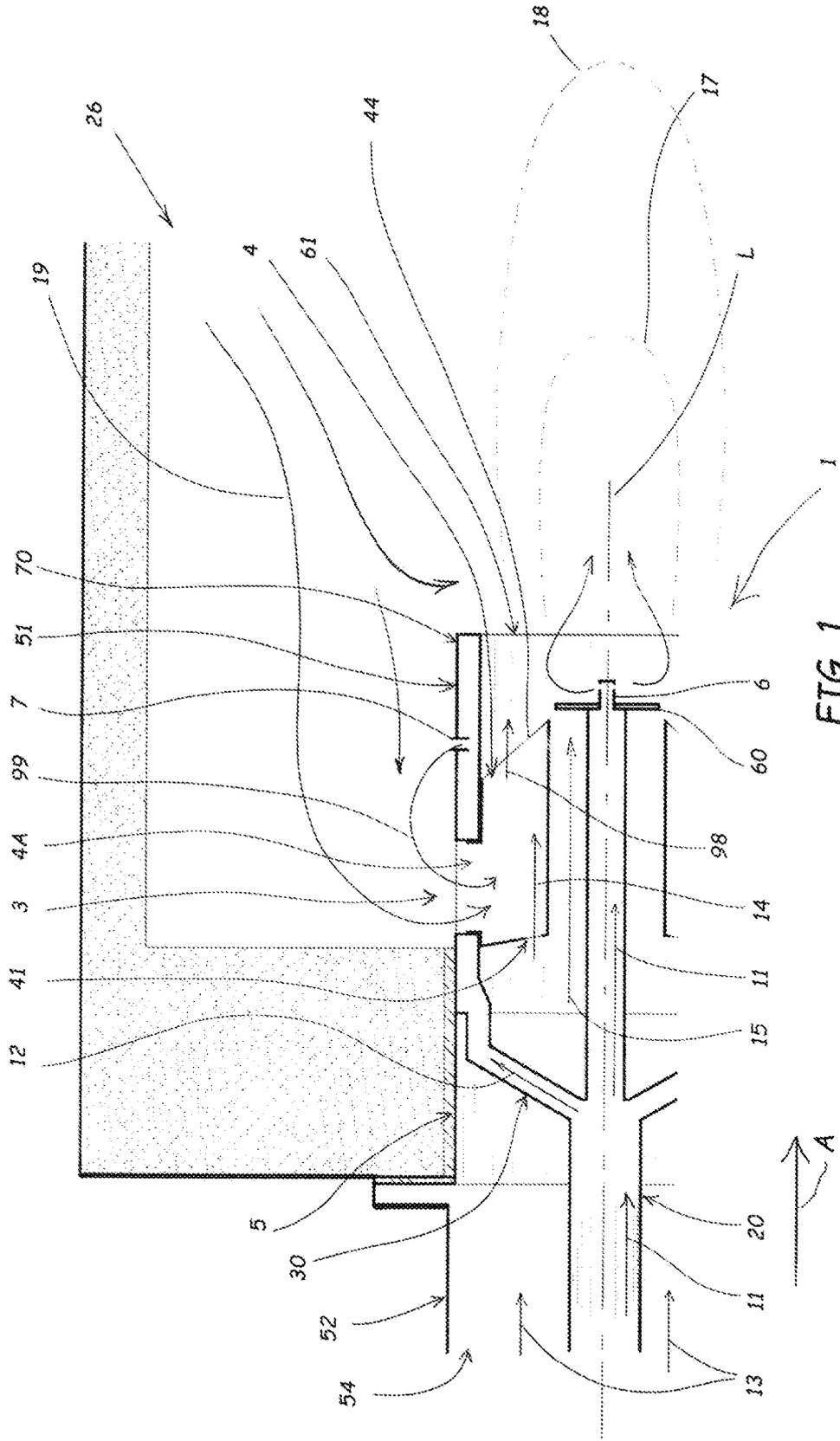


FIG. 1

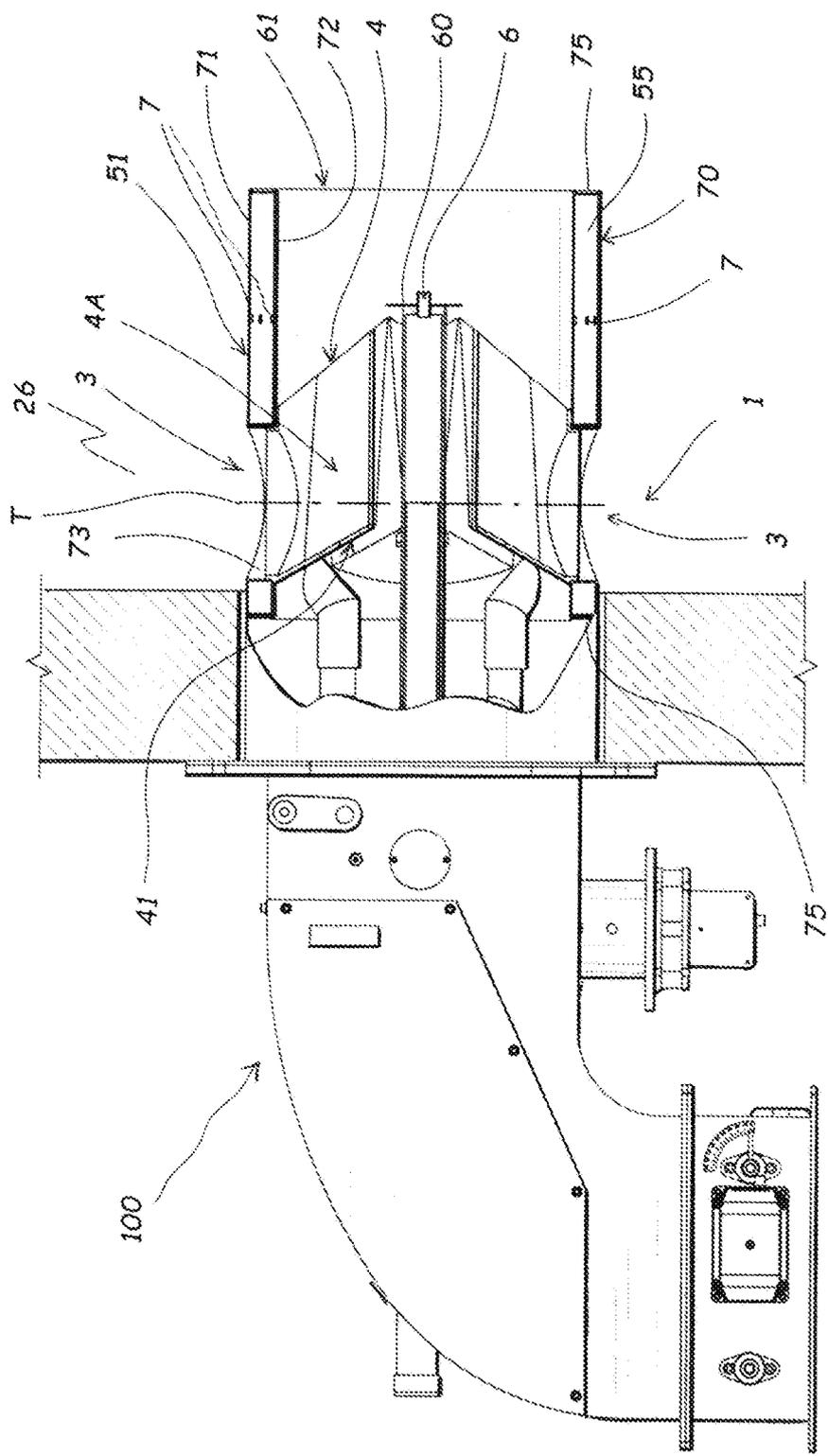
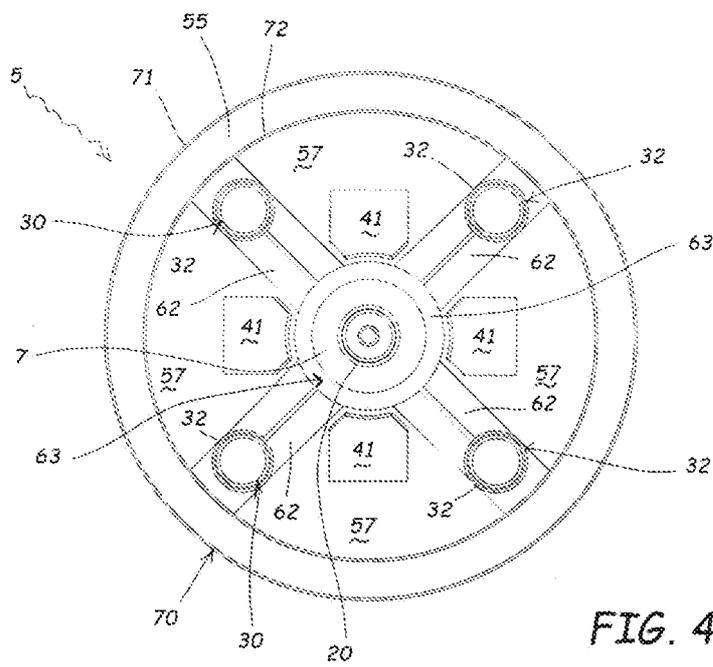
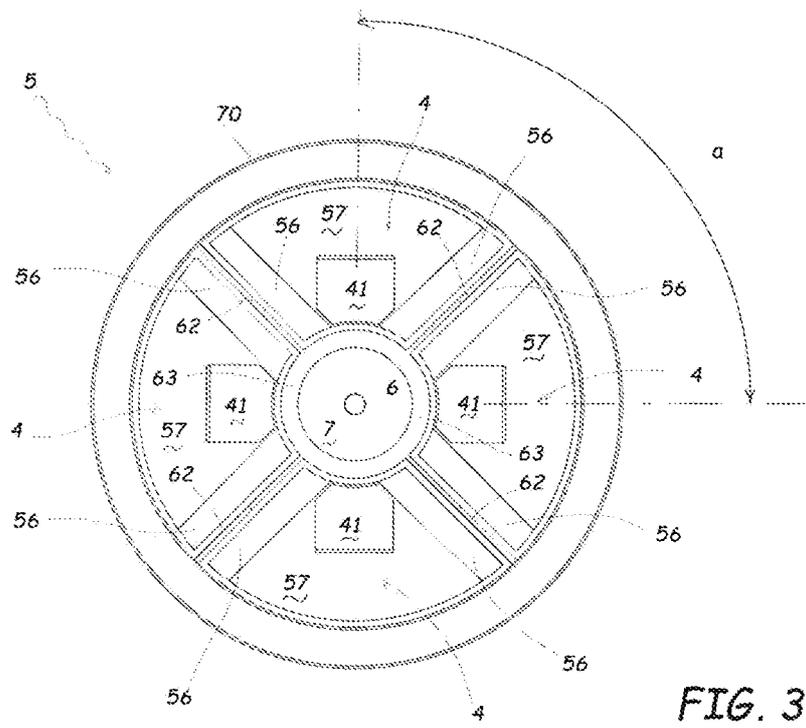


FIG. 2



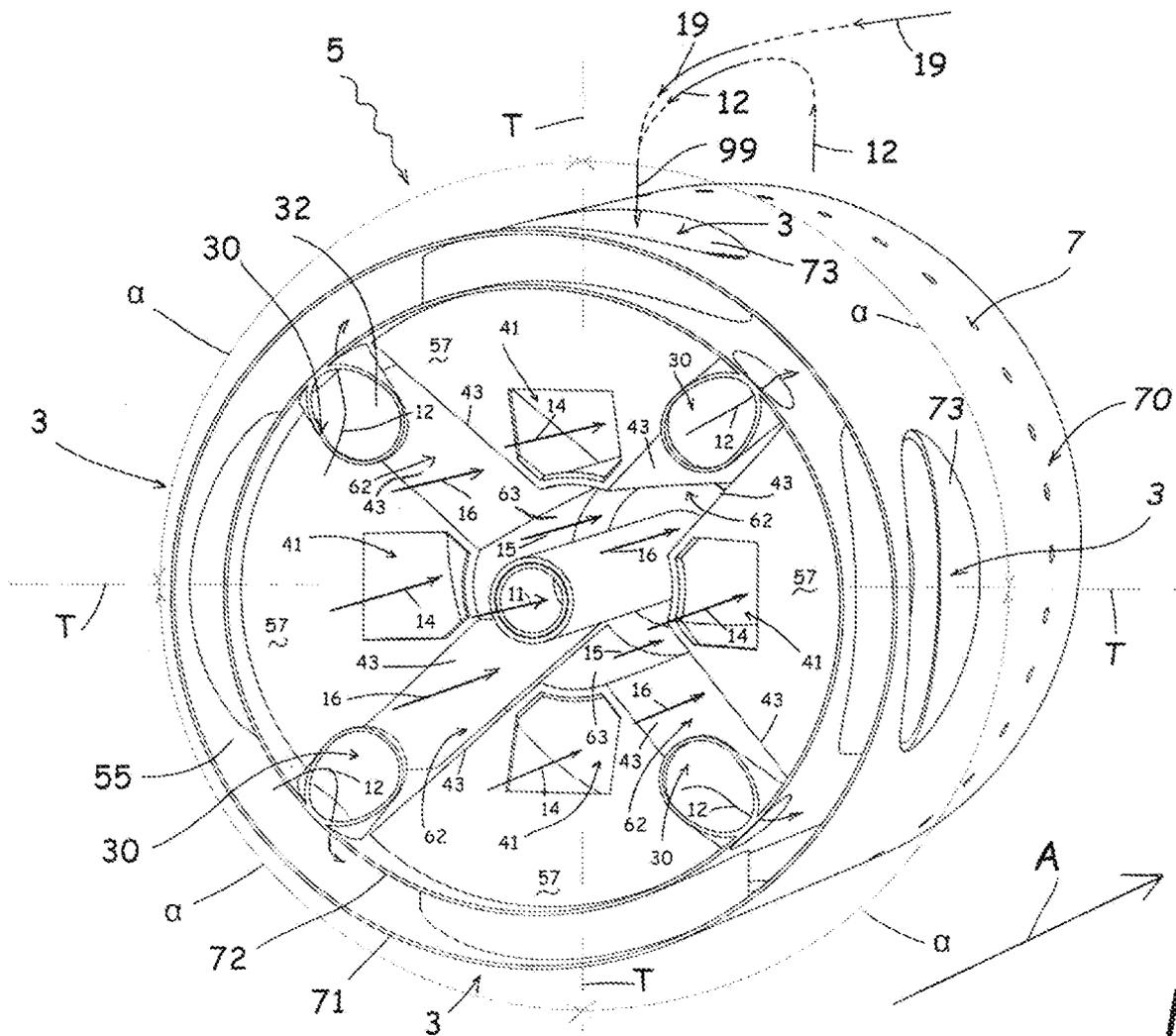


FIG. 5

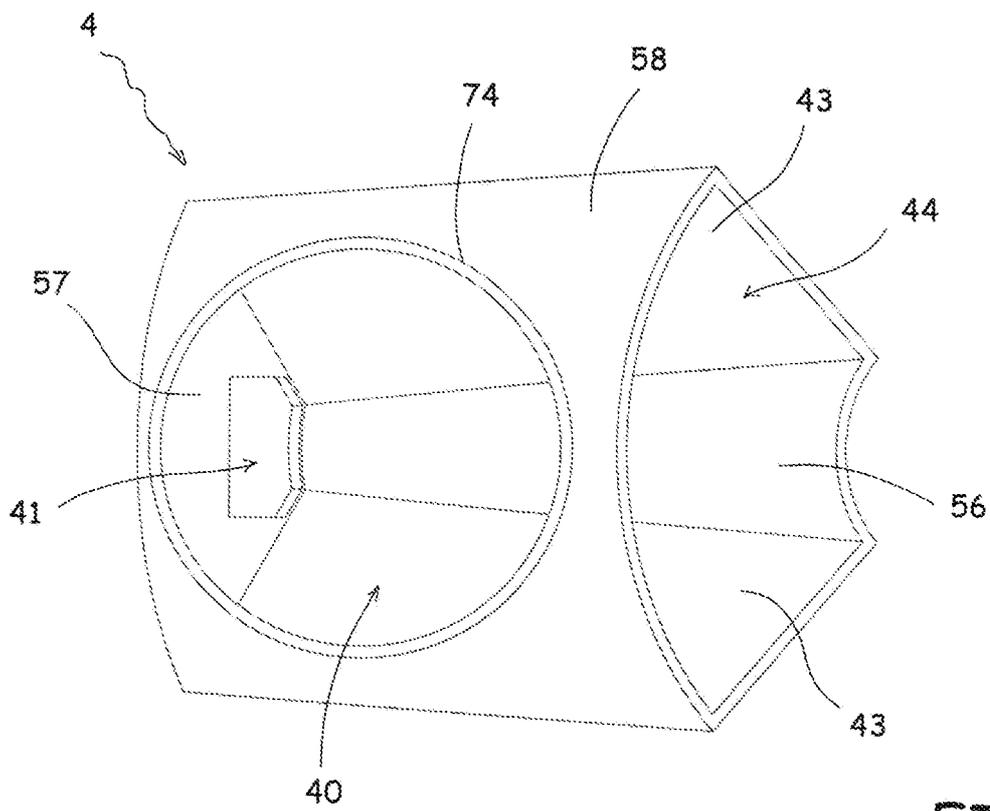


FIG. 6

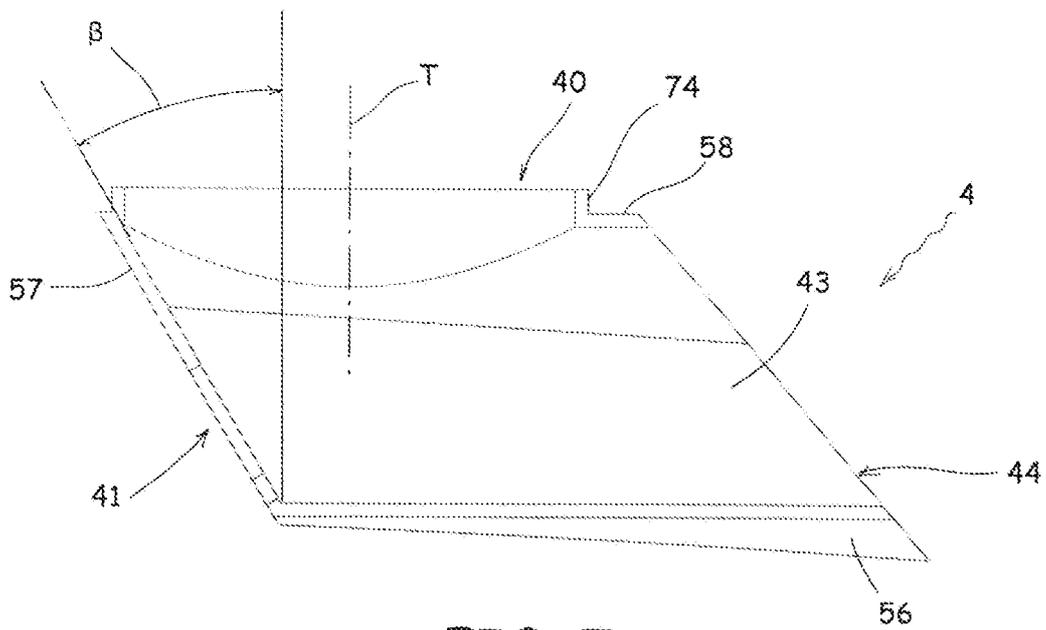


FIG. 7

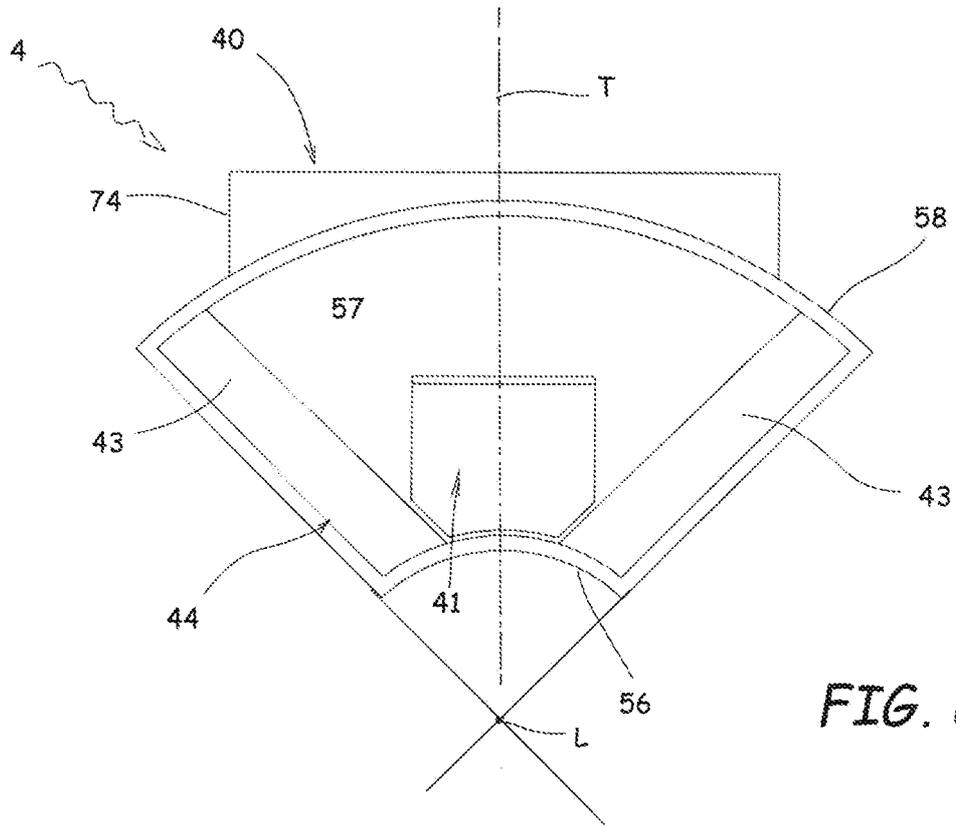


FIG. 8

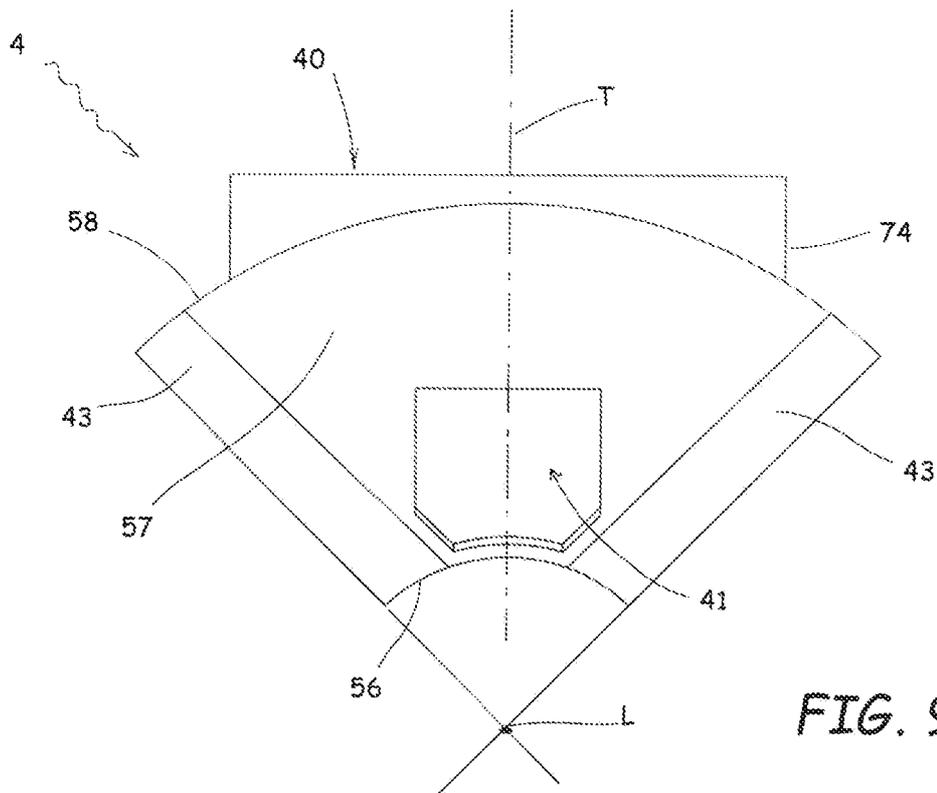


FIG. 9