

<b>DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO</b>	<b>102021000032207</b>
<b>Data Deposito</b>	<b>22/12/2021</b>
<b>Data Pubblicazione</b>	<b>22/06/2023</b>

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	28	D	7	02

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	28	F	9	02

Titolo

Scambiatore di calore con fascio tubiero comprendente almeno due sezioni

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo: "Scambiatore di calore con fascio tubiero comprendente almeno due sezioni"

di: VALMEX S.p.A., di nazionalità italiana, con sede in Cartoceto (PU)

Inventori designati: Severino CAPODAGLI, Simone ZURINI, Giacomo BETTI, Paolo FERRETTI

depositata il: 22 dicembre 2021

\* \* \*

### **Campo dell'invenzione**

La presente invenzione riguarda uno scambiatore di calore per caldaie a condensazione.

L'invenzione è stata sviluppata con particolare riguardo ad uno scambiatore di calore del tipo comprendente un fascio tubiero avvolto ad elica.

### **Sfondo tecnologico**

Sono noti scambiatori di calore per caldaie a condensazione comprendenti un fascio tubiero avvolto ad elica. Il fascio tubiero di tali scambiatori di calore comprende uno o più tubi avvolti ad elica attorno ad un asse longitudinale in modo da formare una serie di spire che vengono lambite dai fumi di combustione di un bruciatore, così da riscaldare un fluido, normalmente acqua, che scorre all'interno del fascio tubiero. Esempi di tali scambiatori di calore sono descritti nei documenti WO 2016/001852 A1 ed EP 3633286 A1 della medesima Richiedente.

Negli scambiatori di calore del tipo sopra indicato, il fluido che percorre il fascio tubiero viene vantaggiosamente riscaldato anche dal calore latente di condensazione dei fumi di combustione, il che aumenta

notevolmente il rendimento termico. Si è perciò passati da scambiatori di calore di potenza relativamente bassa, impiegati in ambito domestico, a potenze via via più elevate per soddisfare anche utenze di tipo professionale ed industriale.

Per ottenere potenze termiche elevate è necessario incrementare la portata del fluido da riscaldare e la potenza termica del bruciatore. Occorre quindi realizzare scambiatori di calore relativamente grandi, con un'estensione del fascio tubiero sufficiente a garantire un completo ed efficiente scambio termico fra i fumi di combustione ed il fluido che percorre il fascio tubiero stesso. D'altro canto, l'allungamento del fascio tubiero e quindi del circuito entro cui circola il fluido da riscaldare determina un aumento delle perdite di carico, che devono pertanto essere ridotte al minimo. Occorre inoltre garantire che il calore espresso dai fumi di combustione venga sfruttato in modo completo ed efficiente, costringendo i fumi a rilasciare tutto il loro calore, incluso il calore latente di condensazione, al fascio tubiero prima di essere evacuati allo scarico fumi. Occorre inoltre ridurre al minimo gli ingombri dello scambiatore di calore, specialmente nel caso di scambiatori di calore di elevata potenza che possono assumere dimensione e peso di notevole entità.

Gli scambiatori di calore noti mal si prestano ad un impiego di elevata potenza, perché i requisiti sopra indicati rappresentano un ostacolo insormontabile, oppure possono essere raggiunti solo a scapito dell'efficienza termica o con costi di produzione ed esercizio elevati.

### **Sintesi dell'invenzione**

Scopo della presente invenzione è quello di superare gli

inconvenienti degli scambiatori noti per raggiungere gli obiettivi sopra indicati. In particolare è uno scopo dell'invenzione quello di fornire uno scambiatore di calore del tipo a fascio tubiero avvolto ad elica che riduca al minimo le perdite di carico nel circuito del fluido da riscaldare, e che renda massimo il trasferimento di calore, incluso il calore latente di condensazione, dai fumi di combustione al fluido da riscaldare. Un altro obiettivo è quello di fornire uno scambiatore di calore che possa esprimere potenze termiche elevate sfruttando efficientemente il calore dei fumi di combustione di un bruciatore. Un altro scopo dell'invenzione è quello di realizzare uno scambiatore di calore che sia modularmente espandibile per esprimere differenti potenze termiche. Un altro scopo dell'invenzione è quello di realizzare uno scambiatore di calore in cui i fumi di combustione lambiscano completamente e quanto più uniformemente il fascio tubiero nel quale scorre il fluido da riscaldare. Un altro scopo dell'invenzione è quello di fornire uno scambiatore di calore che sia semplice ed economico da fabbricare, oltre che affidabile ed economico nell'uso.

Secondo un primo aspetto, viene descritto uno scambiatore di calore con un fascio tubiero avvolto ad elica attorno ad un asse longitudinale. Il fascio tubiero può comprendere almeno due sezioni tubiere. Le almeno due sezioni tubiere possono essere accostate l'una all'altra nella direzione dell'asse longitudinale. Le sezioni tubiere possono comprendere ciascuna un tubo avvolto ad elica. Il tubo può avere una sezione trasversale interna costante lungo il suo avvolgimento ad elica. Le sezioni trasversali interne dei tubi di diverse sezioni tubiere possono essere fra loro differenti o, preferibilmente, uguali. La costanza della sezione trasversale interna

prescinde da eventuali piccole deformazioni localizzate, quali ad esempio piccole protuberanze che servano a mantenere distanziate le spire le une dalle altre. Le sezioni trasversali e la conformazione degli imbocchi delle sezioni tubiere possono ovviamente essere diverse rispetto alla sezione di lavoro lungo l'avvolgimento ad elica, ad esempio per realizzare connessioni ad hoc con un collettore o con tubazioni esterne. La sezione trasversale interna può essere preferibilmente costante dal punto di vista della forma e delle dimensioni, ossia la sezione trasversale interna del tubo può mantenere la medesima geometria sostanzialmente lungo tutta l'estensione del suo svolgimento elicoidale. Da un punto di vista più generale, la sezione trasversale interna può rimanere sostanzialmente costante dal punto di vista quantomeno dell'area.

Secondo un aspetto particolare, il tubo avvolto ad elica di ciascuna sezione tubiera può avere le sue due estremità dirette verso l'esterno dell'elica. Le due estremità del tubo possono essere dirette verso l'esterno dell'elica in direzioni fra loro parallele oppure angolate, ad esempio oblique o sghembe l'una rispetto all'altra. Ciascuna estremità del tubo può essere diretta verso l'esterno dell'elica in direzione parallela oppure angolata, ad esempio obliquamente, rispetto ad una direzione radiale. La direzione radiale è definita da una semiretta giacente su un piano ortogonale all'asse longitudinale del fascio tubiero e con origine su detto asse longitudinale. Le due estremità del tubo possono ad esempio essere piegate verso l'esterno dell'elica.

Può essere predisposto un inserto di completamento che può chiudere lo spazio fra due estremità affacciate di due rispettivi tubi delle due

sezioni tubiere accostate. La predisposizione delle sezioni tubiere accostate l'una all'altra consente di realizzare uno scambiatore di calore di grande potenza, con minime perdite di carico nel percorso del fluido da riscaldare. La predisposizione delle sezioni tubiere accostate consente di realizzare scambiatori di calore modulari di diversa potenza, selezionando il numero e il tipo delle sezioni tubiere da accostare. La predisposizione dell'inserito di completamento nello spazio fra l'uscita di una sezione tubiera e l'ingresso di quella successiva ad essa accostata consente di impedire o ridurre considerevolmente il passaggio di fumi di combustione attraverso quella che sarebbe un'uscita preferenziale di ampiezza maggiore dei meati fra spire adiacenti, a tutto vantaggio dell'efficienza dello scambiatore di calore.

Secondo un aspetto particolare, l'inserito di completamento può comprendere un'anima di materiale refrattario, preferibilmente un materiale ceramico. L'inserito di completamento funge pertanto anche da tappo termico, evitando una trasmissione localizzata troppo intensa di calore ai tubi con i quali è a contatto. L'inserito di completamento funge sostanzialmente come un corpo solido che in condizione di lavoro è mantenuto a una temperatura stabile ed appropriata, determinata dal mutuo scambio in equilibrio termico tra i fumi, l'inserito di completamento e la sezione tubiera entro la quale circola il fluido.

Secondo un altro aspetto particolare, l'inserito di completamento può comprendere organi di posizionamento ed aggancio sui tubi delle sezioni tubiere adiacenti. Gli organi di posizionamento ed aggancio possono permettere all'inserito di completamento di auto-adattarsi alla geometria della zona circostante. In questo modo l'inserito di completamento rimane

saldamente in posizione durante la produzione dello scambiatore di calore ed il suo uso, anche a seguito di leggeri spostamenti fra le spire delle sezioni tubiere. In una variante preferita, gli organi di posizionamento ed aggancio possono essere realizzati con un lamierino sagomato, che può essere fissato all'anima di materiale refrattario.

Secondo un altro aspetto particolare l'inserito di completamento comprende una parete esterna ed una parete interna che possono essere sostanzialmente allineate rispettivamente con l'estradosso e l'intradosso delle spire delle sezioni tubiere adiacenti.

Secondo un altro aspetto, viene descritto che almeno due sezioni tubiere dello scambiatore di calore possono comprendere un tubo avvolto ad elica attorno ad un asse longitudinale per formare spire di diametro prefissato. Il tubo può avere una sezione trasversale appiattita, arrotondata sui due lati corti situati rispettivamente all'intradosso e all'estradosso delle spire. I lati più lunghi della sezione dei tubi possono essere appiattiti e quelli di spire adiacenti possono essere affacciati l'uno all'altro ad una distanza prefissata. Una tale configurazione del tubo è semplice da realizzare e comoda per realizzare le sezioni tubiere dello scambiatore di calore descritto. Né le spire, né i tubi che le compongono vengono deformati nel senso longitudinale, contribuendo così a realizzare un circuito di fluido senza restringimenti, il che riduce le perdite di carico nel circuito. Le spire inoltre risultano uniformemente distanziate lungo tutto il fascio tubiero, contribuendo alla uniforme cessione di calore al fluido da parte dei fumi di combustione, senza concentrazioni di calore o zone morte più fredde.

Secondo un altro aspetto, le spire adiacenti dei tubi che formano il

fascio tubiero ad elica possono essere mantenute ad una distanza prefissata l'una dall'altra mediante pettini distanziatori distribuiti angolarmente in modo regolare attorno al fascio tubiero. I pettini distanziatori consentono di compattare le spire del fascio tubiero, ad esempio comprimendo il fascio tubiero mediante tiranti e flange di estremità e/o mediante l'involucro dello scambiatore, mantenendo meati di dimensione prefissata per il passaggio dei fumi di combustione attraverso il fascio tubiero. Quando sono previsti i tiranti, la compressione impressa dai tiranti può avere ruolo strutturale nell'assemblato finale dello scambiatore.

Secondo un altro aspetto, viene descritto un distributore per il fluido da riscaldare. Il distributore può definire camere di distribuzione del fluido in ingresso e in uscita dallo scambiatore di calore e ingresso ed uscita dalle sezioni tubiere. Il distributore può essere personalizzato a seconda della configurazione specifica dello scambiatore di calore, rendendo economico e semplice realizzare scambiatori di calore di potenza diversa semplicemente combinando sezioni tubiere di numero e/o conformazione differente. Ad esempio, secondo un aspetto particolare lo scambiatore di calore può comprendere un numero pari di sezioni tubiere che possono essere configurate per essere percorse a coppie in parallelo dal fluido da riscaldare. Le corrispondenti coppie di estremità di uscita e di ingresso dei tubi delle sezioni tubiere possono sfociare in camere di distribuzione comuni a due a due. Una tale configurazione è particolarmente efficiente e consente di ottenere efficaci scambiatori di calore di grande potenza. In termini più generali, lo scambiatore di calore può comunque comprendere un numero pari oppure dispari di sezioni tubiere, che possono essere configurate per

essere percorse dal fluido da riscaldare singolarmente e/o in coppia in serie e/o in parallelo, preferibilmente sfociando in camere di distribuzione comuni variamente combinate, ad esempio comuni a una a due, a due a due o una a tre. La possibilità di combinare variamente e a piacere l'uscita e l'ingresso delle varie sezioni tubiere conformando adeguatamente le camere di distribuzione consente di ottenere un'ampia varietà di configurazioni possibili dello scambiatore, così da coprire un'ampia gamma di impieghi.

### **Breve descrizione dei disegni**

Ulteriori caratteristiche e vantaggi risulteranno dalla descrizione dettagliata che segue di una forma preferita di attuazione, con riferimento ai disegni annessi, dati a titolo di esempio non limitativo, in cui:

- la figura 1 è una vista in prospettiva, parzialmente in trasparenza per chiarezza di illustrazione, di uno scambiatore di calore incorporante caratteristiche della presente invenzione;
- la figura 2 è una vista in sezione secondo un piano longitudinale dello scambiatore di calore della figura 1;
- la figura 3 è una vista in prospettiva della configurazione interna del distributore del fluido percorrente le spire del fascio tubiero dello scambiatore di calore della figura 1;
- la figura 4 è una vista in prospettiva di una sezione tubiera del fascio tubiero dello scambiatore di calore della figura 1;
- la figura 5 è una vista in prospettiva in scala maggiorata di un inserto di completamento interposto fra due sezioni tubiere adiacenti del fascio tubiero dello scambiatore della figura 1;
- la figura 6 è una vista in prospettiva di parte dell'insieme delle spire che

formano il fascio tubiero dello scambiatore di calore della figura 1;

- la figura 7 è una vista in prospettiva di un'altra forma di attuazione di uno scambiatore di calore incorporante caratteristiche della presente invenzione, privo del distributore di fluido e parzialmente privo di involucro per maggior chiarezza di illustrazione;

- la figura 8 è una vista in prospettiva della configurazione interna del distributore del fluido percorrente le spire del fascio tubiero dello scambiatore di calore della figura 7;

- la figura 9 è una vista in prospettiva in scala maggiorata di un inserto di completamento interposto fra due sezioni tubiere adiacenti del fascio tubiero dello scambiatore della figura 7;

- la figura 10 è una vista in prospettiva in scala maggiorata di una variante dell'inserto di completamento della figura 9.

### **Descrizione dettagliata**

Con riferimento ora alle figure 1 e 2, viene illustrato un esempio di uno scambiatore di calore 10 incorporante caratteristiche della presente invenzione. Lo scambiatore di calore 10 comprende un fascio tubiero 12 che si sviluppa complessivamente ad elica attorno ad un asse longitudinale X-X. Il fascio tubiero 12 è composto da varie sezioni tubiere 13, indicate individualmente con i numeri di riferimento 13a, 13b, 13c, 13d, accostate le une alle altre lungo l'asse longitudinale X-X.

Il fascio tubiero 12 definisce una camera sostanzialmente cilindrica 14 che nell'uso viene occupata dai fumi di combustione di un bruciatore (non illustrato) che come noto viene montato su un lato A dello scambiatore di calore, in particolare su una struttura di testata 15 anulare. L'altro lato

dello scambiatore di calore 10, indicato dalla freccia B, è chiuso da un coperchio 16 che definisce una camera 18 con un'apertura di scarico 20 dei fumi di combustione. La struttura di testata 15 e il coperchio 16 sono fissati direttamente l'una all'altro tramite lunghi tiranti 17 che corrono esternamente al fascio tubiero 12. Nell'esempio illustrato nelle figure i tiranti 17 sono quattro, distribuiti regolarmente spazati angolarmente di 90° attorno al fascio tubiero 12, anche se naturalmente è possibile prevedere un numero diverso di tiranti 17 rispetto a quello illustrato. I tiranti 17 sono realizzati preferibilmente mediante barre metalliche e sono fissati sulla struttura di testata 15 e sul coperchio 16 preferibilmente mediante dadi avvitati sulle estremità filettate delle barre metalliche. Preferibilmente sulle sedi dei dadi vengono predisposti sistemi di tenuta, ad esempio sigillanti oppure O-Ring, per garantire la tenuta ai fumi di combustione che diversamente potrebbero tendere ad uscire attraverso le aperture nella struttura di testata 15 e/o nel coperchio 16 attraversate dalle estremità dei tiranti 17.

Il fascio tubiero 12 è avvolto esternamente da un guscio di copertura 22 sostanzialmente cilindrico, che trattiene i fumi di combustione all'interno dello scambiatore di calore 10. Il guscio di copertura 22 racchiude e protegge anche i tiranti 17. La disposizione dei tiranti 17 all'interno del guscio di copertura 22 riduce inoltre l'ingombro complessivo dello scambiatore di calore 10 rispetto alle soluzioni che prevedono tiranti all'esterno del guscio di copertura. Per motivi di chiarezza, nella figura 1 è illustrato solo parte del guscio di copertura 22. Nella parte inferiore, la parete 24 del guscio di copertura 22 è leggermente inclinata verso uno scarico di condensa 26 (vedi figura 2).

Sulla parte superiore dello scambiatore di calore 10, preferibilmente integrato nel guscio di copertura 22, è montato un distributore 28, il cui interno è illustrato in dettaglio nella figura 3. Il distributore 28 ha un ingresso 30 per il fluido da scaldare nello scambiatore di calore 10, ed un'uscita 32 per il fluido che si è riscaldato percorrendo le spire del fascio tubiero 12 lambite dai fumi di combustione. Nella camera cilindrica 14 formata dal fascio tubiero 12 è montato un setto separatore 34 (figura 2) che interrompe il flusso dei fumi di combustione lungo l'asse X-X forzandone l'attraversamento del fascio tubiero 12 in direzione radiale, attraverso lo spazio fra una spira e l'altra, per aumentare lo scambio termico e il trasferimento di calore al fluido che percorre il fascio tubiero 12. I fumi di combustione sono convogliati nell'intercapedine anulare fra il fascio tubiero 12 e il guscio di copertura 22, per rientrare nella camera cilindrica 14 a valle del setto separatore 34 ed essere infine convogliati nella camera 18 del coperchio 16 ed uscire infine dallo scambiatore di calore attraverso lo scarico fumi 20 dopo avere ceduto al fluido che percorre il fascio tubiero 12 anche il calore latente di condensazione del vapore acqueo contenuto nei fumi di combustione. Come detto sopra, la condensa si raccoglie sul fondo del guscio di copertura 22 ed è evacuata dallo scarico di condensa 26.

Ciascuna sezione tubiera 13 è formata da un tubo 36 avvolto ad elica in modo da formare un certo numero di spire 38 di diametro prefissato. Il tubo 36 ha preferibilmente una sezione appiattita, arrotondata sui due lati corti 36a situati rispettivamente all'intradosso I e all'estradosso E delle spire 38. I lati più lunghi ed appiattiti 36b dei tubi 36 di spire adiacenti sono affacciati l'uno all'altro. Le spire 38 adiacenti sono mantenute a distanza

prefissata l'una dall'altra tramite l'inserzione fra una spira e l'altra di denti 37 di pettini distanziatori 39. I pettini distanziatori 39 sono distribuiti angolarmente in modo regolare attorno al fascio tubiero 12 (vedi figure 1 e 6). Data la conformazione del fascio tubiero la testata 15 e il coperchio 16 presentano opportune sedi per l'alloggiamento di denti addizionali che consentono di applicare uguali pettini distanziatori 39 nelle sezioni tubiere 13 di ugual grandezza.

Il tubo 36 di ciascuna sezione tubiera 13 ha due estremità 40, 41 da cui rispettivamente entra ed esce il fluido destinato ad essere riscaldato dai fumi di combustione che lambiscono il fascio tubiero 12 dello scambiatore di calore 10. Sull'estremità 40 del tubo 36 è formata un'imboccatura d'ingresso 42. Sull'estremità 41 del tubo 36 è formata un'imboccatura di uscita 43. Le estremità 40, 41 del tubo 36 sono incurvate verso l'esterno della circonferenza formata delle spire 38, e sono entrambe conformate in modo tale che le imboccature d'ingresso 42 e d'uscita 43 abbiano i loro assi fra loro paralleli e paralleli ad un raggio R delle spire 38. Le imboccature d'ingresso 42 e d'uscita 43 sono disposte simmetricamente da parti opposte e ad uguale distanza di un piano longitudinale, passante per il raggio R e l'asse longitudinale X-X della sezione tubiera 13, coincidente con l'asse longitudinale X-X dello scambiatore di calore 10.

La configurazione della sezione tubiera 13 sopra descritta è tale per cui due sezioni tubiere 13 adiacenti, ad esempio le sezioni tubiere 13a e 13b, o le sezioni tubiere 13b e 13c illustrate nella figura 6, possono essere accostate l'una all'altra in modo tale da costituire sostanzialmente un fascio tubiero le cui spire adiacenti risultano tutte fra loro uniformemente

distanziate, anche laddove l'ultima spira di una sezione tubiera, ad esempio 13a o 13b, è accostata alla prima spira della sezione tubiera adiacente, ad esempio rispettivamente 13b o 13c (vedi figura 6). Tutte le imboccature di ingresso 42 delle sezioni tubiere 13 sono allineate in senso longitudinale parallelamente all'asse X-X. Tutte le imboccature di uscita 43 delle sezioni tubiere 13 sono allineate anch'esse in senso longitudinale parallelamente all'asse X-X.

Un inserto di completamento 45 è interposto fra due sezioni tubiere 13 accostate. L'inserto di completamento 45 viene interposto fra le spire delle due sezioni tubiere 13 adiacenti, in particolare nello spazio compreso fra l'imboccatura di uscita 43 di una sezione tubiera 13, ad esempio la sezione tubiera 13a o 13b, e l'imboccatura di ingresso 42 di una sezione tubiera 13 adiacente, ad esempio rispettivamente la sezione tubiera 13b o 13c della figura 6. In questo modo, l'inserto di completamento 45 chiude tale spazio che diversamente sarebbe più ampio della distanza fra le spire del fascio tubiero e costituirebbe quindi un passaggio preferenziale per i fumi di combustione. Grazie all'inserto di completamento 45 il suddetto spazio viene chiuso o comunque ridotto, in modo tale da non lasciar sfuggire fumi di combustione in una zona dove lambirebbero solo marginalmente il fascio tubiero, con perdita di efficienza nella trasmissione del calore al fluido che percorre il fascio tubiero. L'inserto di completamento 45 funge in sostanza da tappo termico.

La figura 5 illustra in maggior dettaglio e in scala maggiorata l'inserto di completamento 45, che comprende un corpo principale 47 che ha uno spessore  $s$  sostanzialmente uguale o di poco inferiore al passo delle

spire del fascio tubiero 12, nel caso di passo costante lungo tutta l'estensione dello scambiatore di calore. Nel caso in cui il fascio tubiero 12 comprenda sezioni tubiere 13 con diversi passi fra le relative spire, lo spessore dell'inserito di completamento 45 viene adattato di conseguenza in modo tale da corrispondere sostanzialmente o risultare leggermente inferiore allo spazio fra le spire di due sezioni tubiere 13 adiacenti, nella zona compresa fra l'imboccatura di uscita 43 di una sezione tubiera 13 e l'imboccatura di ingresso 42 della sezione tubiera 13 ad essa adiacente. In particolare, le facce laterali 48 del corpo principale 47 definiscono preferibilmente una zona di contatto di scambio termico con le spire adiacenti del fascio tubiero 12. Il corpo principale 47 comprende una parete esterna 49 che nella configurazione montata dell'inserito di completamento 45 è affacciata all'esterno del fascio tubiero 12, sostanzialmente allineata con l'estradosso delle spire. La parete esterna 49 ha una lunghezza  $l$  di poco inferiore alla distanza fra le estremità 40, 41 dei tubi 36 che formano le imboccature di uscita 43 e di ingresso 42 delle sezioni tubiere 13 adiacenti. Sulla parete esterna 49 è ricavata una coppia di ali 51 sporgenti da ambo i lati della parete esterna 49, destinate ad appoggiare sull'estradosso delle spire delle sezioni tubiere 13 adiacenti. Nella parte più interna 53, corrispondente all'intradosso delle spire delle sezioni tubiere 13, il corpo principale 47 si prolunga oltre l'estensione  $l$  della parete esterna 49 e comprende una parete interna 54 che assume una configurazione curva che ricopia sostanzialmente la curvatura all'intradosso delle spire del fascio tubiero 12 e risulta concentrica ad esse e distanziata, ad esempio di qualche centimetro, al fine di proteggerla durante eventuali interventi di pulizia per manutenzione.

Sulle estremità laterali 56 del corpo principale 47, sul prolungamento della sua parte interna 53, sono formate rispettive anse 55 che ricopiano la curvatura dei lati corti 36a dei tubi 36, in corrispondenza delle loro estremità 40, 41 che formano le imboccature di uscita 43 e di ingresso 42 delle sezioni tubiere 13 adiacenti. Dalle estremità laterali 56 del corpo principale 47 si estendono due coppie di guance 57 che appoggiano contro i lati lunghi 36b dei tubi 36, anche in questo caso in corrispondenza delle loro estremità 40, 41 che formano le imboccature di uscita 43 e di ingresso 42 delle sezioni tubiere 13 adiacenti.

In una forma preferita di attuazione, il corpo principale dell'inserito di completamento 45 comprende un'anima di materiale ceramico o più in generale refrattario. Preferibilmente il materiale refrattario, di tipo fibroso, viene compresso adattandosi alle superfici rettilinee dei lati lunghi 36b di contatto della sezione tubiera 36, così da garantire un'efficace tenuta. Vantaggiosamente un unico lamierino sagomato e piegato viene fissato all'anima refrattaria del corpo principale per definirne la parete esterna 49 e le ali 51, oltre che le estremità laterali 56 con le anse 55 e le guance 57.

Tutte le imboccature di ingresso 42 e le imboccature di uscita 43 delle sezioni tubiere 13 si estendono sino ad un piano comune ortogonale alla direzione del raggio R, in modo da sfociare tutte all'interno del distributore 28, come illustrato nella figura 3, nella quale il distributore 28 è illustrato scoperchiato, in modo da renderne chiaramente visibile la ripartizione interna. In particolare, il distributore 28 comprende una piastra di base 58 nella quale sono ricavate aperture sagomate alle quali vengono saldati i bordi delle imboccature di ingresso 42a, 42b, 42c, 42d e delle

imboccature di uscita 43a, 43b, 43c, 43d che si trovano alle due estremità rispettivamente delle sezioni tubiere 13a, 13b, 13c, 13d.

L'interno del distributore 28 è ripartito mediante setti divisori 59, 60 che formano camere di comunicazione 61 fra le varie sezioni tubiere 13 dello scambiatore di calore 10 per definire il percorso del fluido dall'ingresso 30 all'uscita 32. In particolare, come illustrato nell'esempio della figura 3, l'ingresso 30 del fluido da scaldare comunica con una prima camera di comunicazione 61a nella quale si aprono le imboccature di ingresso 42a, 42b delle sezioni tubiere 13a, 13b. Il fluido freddo che entra nello scambiatore di calore attraverso l'ingresso 30 viene quindi indirizzato in parallelo nelle due sezioni tubiere 13a, 13b entrando dalle imboccature di ingresso 42a, 42b. Dopo avere attraversato le spire delle sezioni tubiere 13a, 13b, il fluido esce a temperatura maggiore dalle imboccature di uscita 43a, 43b che sfociano in una seconda camera di comunicazione 61b del distributore 28. Nella seconda camera di comunicazione 61b si aprono anche le imboccature di ingresso 42c, 42d delle sezioni tubiere 13c, 13d. Il fluido in uscita dalle sezioni tubiere 13a, 13b viene pertanto indirizzato in parallelo nelle due sezioni tubiere 13c, 13d entrando dalle imboccature di ingresso 42c, 42d. Dopo avere attraversato le spire delle sezioni tubiere 13c, 13d, il fluido esce ad una temperatura ancor più elevata dalle imboccature di uscita 43c, 43d che sfociano in una terza camera di comunicazione 61c del distributore 28. La terza camera di comunicazione 61c comunica anche con l'uscita 32 del fluido riscaldato dallo scambiatore di calore 10 per l'invio alle utenze, ad esempio un impianto di riscaldamento ad acqua di tipo noto.

Lo scambiatore di calore 10 viene realizzato accostando l'una all'altra

diverse sezioni tubiere 13, in modo tale che le rispettive imboccature d'ingresso 42 e d'uscita 43 abbiano i loro assi tutti fra loro paralleli ed anche tutti paralleli ad un medesimo piano longitudinale, passante per l'asse X-X, che divide in due parti lo spazio intercorrente fra le imboccature di ingresso e di uscita di sezioni tubiere 13 adiacenti. In altre parole, come spiegato anche in precedenza, le imboccature d'ingresso 42 e d'uscita 43 di sezioni tubiere adiacenti sono disposte simmetricamente da parti opposte e ad uguale distanza dal suddetto piano longitudinale.

Fra le sezioni tubiere adiacenti 13 vengono interposti rispettivi inserti di completamento 45, per chiudere lo spazio fra l'imboccatura di uscita 43 di una sezione tubiera 13 e l'imboccatura di ingresso 42 della sezione tubiera 13 adiacente. Ogni inserto di completamento 45 viene posizionato in modo tale che le alette 51 appoggino all'estradosso E delle spire 38 delle due sezioni tubiere 13 adiacenti, ed in particolare appoggino sul lato corto 36a dei tubi 36 all'estradosso E delle spire 38 delle sezioni tubiere 13 adiacenti. Le guance 57 dell'inserto di completamento 45 affiancano le estremità 40, 41 dei tubi 36 delle due sezioni tubiere 13, in corrispondenza dei lati lunghi 36b dei rispettivi tubi 36. Le anse 55 risultano accostate e preferibilmente a contatto con i lati corti 36a delle estremità 40, 41 delle sezioni tubiere 13, mentre i fianchi del corpo principale 47 risultano accostati ai lati lunghi 36b dei tubi 36, in modo tale da chiudere pressoché completamente, o comunque ridurre considerevolmente, lo spazio fra le estremità 40, 41 dei tubi 36 delle due sezioni tubiere 13 così da impedire o comunque ostacolare considerevolmente il passaggio dei fumi di combustione in tale zona.

Il distributore 28 viene montato in modo tale che vi sfocino le imboccature di ingresso 42 e di uscita 43, che vengono saldate alle rispettive aperture sagomate ricavate nella piastra di base 58 del distributore 28. Lo scambiatore di calore 10 viene completato montandovi il setto separatore 34 ed i pettini 39, e coprendo il tutto con il guscio di copertura 22. Alle estremità del guscio di copertura 22 vengono montati il coperchio 16 e la struttura di testata 15 anulare, serrati fra di loro tramite i tiranti 17 che corrono esternamente al fascio tubiero 12.

Nell'impiego dello scambiatore di calore 10, sulla struttura di testata 15 viene montato un bruciatore di tipo noto, i cui fumi di combustione lambiscono i tubi 36 delle sezioni tubiere 13 che formano il fascio tubiero 12. I fumi di combustione cedono il loro calore, incluso il calore latente di condensazione, al fluido che scorre all'interno del fascio tubiero 12, che si riscalda entrando dall'ingresso 30 di fluido fino all'uscita 32 che è collegato in modo noto alle utenze.

La composizione dello scambiatore di calore 10 tramite le sezioni tubiere 13 consente di ottenere potenze non ottenibili con uno scambiatore di calore tradizionale a singolo fascio tubiero. Inoltre, la predisposizione delle sezioni tubiere 13 consente di variare la potenza dello scambiatore di calore variando il tipo, la configurazione ed il numero delle sezioni tubiere 13, che ad esempio possono essere in numero maggiore o minore di quello dell'esempio di attuazione sopra descritto nel dettaglio. Le sezioni tubiere 13 possono differire fra loro per numero di spire, diametro e forma della sezione del tubo, diametro dell'avvolgimento a elica del tubo. La predisposizione degli inserti di completamento 45 consente di realizzare le

sezioni tubiere 13 con spire uniformi, senza che sia necessario deformare o piegare in alcun modo il tubo 36 nella direzione longitudinale (X-X). La formatura delle sezioni tubiere 13 può quindi avvenire con grande velocità ed economicità utilizzando macchine piegatubi comunemente note nel settore, senza che sia necessario predisporre stampi di formatura o intervenire in alcun modo sulla sezione dei tubi.

I tubi 36 che formano le sezioni tubiere 13 hanno quindi una sezione trasversale, in particolare la sezione trasversale interna, costante ed indeformata lungo tutta la loro estensione, il che contribuisce a ridurre le perdite di carico nel percorso del fluido da riscaldare. La distribuzione in parallelo del fluido su due o più sezioni tubiere, pur non essendo necessaria, è preferibile poiché contribuisce a ridurre le perdite di carico nel circuito del fluido aumentando la portata di fluido e quindi la potenza dello scambiatore di calore.

Con riferimento ora alla figura 7, viene illustrata un'altra forma di attuazione di uno scambiatore di calore 110 incorporante caratteristiche della presente invenzione. Numeri di riferimento uguali identificano elementi uguali o funzionalmente uguali a quanto descritto in precedenza con riferimento alla forma di attuazione della figura 1. Laddove non indicato espressamente, o desumibile indirettamente dal contesto della descrizione, lo scambiatore di calore 110 può presentare in tutto o in parte gli accorgimenti costruttivi ed i particolari di dettaglio descritti in precedenza con riferimento alla forma di attuazione della figura 1.

Lo scambiatore di calore 110 comprende il fascio tubiero 12 che si sviluppa complessivamente ad elica attorno ad un asse longitudinale X-X. Il

fascio tubiero 12 è composto dalle varie sezioni tubiere 13, indicate individualmente con i numeri di riferimento 13e, 13f, 13g, accostate le une alle altre lungo l'asse longitudinale X-X.

Il fascio tubiero 12 definisce la camera sostanzialmente cilindrica 14 che nell'uso viene occupata dai fumi di combustione che fuoriescono dall'apertura di scarico 20. Diversamente dalla forma di attuazione della figura 1 sopra descritta, lo scambiatore di calore 110 non comprende tiranti, ma la compressione delle spire del fascio tubiero 12 sui denti dei pettini distanziatori 39 viene data dal guscio di copertura 22 che è fissato solidale alle sue estremità da una parte alla struttura di testata 15 e dall'altra parte al coperchio 16. Per motivi di chiarezza, anche nella figura 7 è illustrato solo parte del guscio di copertura 22, che può essere conformato inclinato nella sua parte inferiore verso uno scarico di condensa.

La conformazione del fascio tubiero 12, ed in particolare delle sezioni tubiere 13, è analoga a quanto descritto in precedenza con riferimento alla forma di attuazione della figura 1. In particolare, ciascuna sezione tubiera 13 è formata da un tubo avvolto ad elica, che ha preferibilmente una sezione appiattita, e le cui spire adiacenti sono mantenute a distanza prefissata dei pettini distanziatori 39, preferibilmente distribuiti angolarmente in modo regolare attorno al fascio tubiero 12. Il tubo di ciascuna sezione tubiera 13 ha due estremità da cui rispettivamente entra ed esce il fluido destinato ad essere riscaldato dai fumi di combustione.

Sulla parte superiore dello scambiatore di calore 110 è montato un distributore 128, il cui interno è illustrato in dettaglio nella figura 8. Il distributore 128 ha due ingressi 130a, 130b per il fluido da scaldare nello

scambiatore di calore 110, e due uscite 132a, 132b per il fluido che si è riscaldato percorrendo le spire del fascio tubiero 12 lambite dai fumi di combustione. L'interno del distributore 128 è ripartito mediante setti divisori 157 o pareti 159 che formano camere di comunicazione 160 fra le varie sezioni tubiere 13 dello scambiatore di calore 10 per definire il percorso del fluido dagli ingressi 130a , 130b alle uscite 132a, 132b. Nelle camere di comunicazione 160 sfociano le estremità dei tubi delle sezioni tubiere 13 che vengono messe in comunicazione le une con le altre, definendo così il percorso di fluido da riscaldare all'interno delle spire del fascio tubiero 12.

Nella figura 9 è illustrata una forma di attuazione alternativa di un inserto di completamento 145 che viene interposto fra due sezioni tubiere 13 accostate. L'inserto di completamento 145 è intercambiabile con l'inserto 45 descritto in precedenza con riferimento alla forma di attuazione dello scambiatore di calore della figura 1. L'inserto di completamento 145 comprende un corpo principale 147 che ha uno spessore sostanzialmente uguale o di poco inferiore al passo delle spire del fascio tubiero 12, nel caso di passo costante lungo tutta l'estensione dello scambiatore di calore. In particolare, le facce laterali 148 del corpo principale 147 definiscono preferibilmente una zona di contatto di scambio termico con le spire adiacenti del fascio tubiero 12. Il corpo principale 147 comprende una parete esterna 149 che nella configurazione montata dell'inserto di completamento 145 è affacciata all'esterno del fascio tubiero 12 e sporge rispetto allo spessore del corpo principale 147 in modo da appoggiare sull'estradosso delle spire delle sezioni tubiere 13 adiacenti. Nella parte più interna, corrispondente all'intradosso delle spire delle sezioni tubiere 13, il corpo

principale 147 presenta due appendici 153 sulle quali sono formate rispettive anse 155 che ricopiano la curvatura dei lati corti dei tubi in corrispondenza delle loro estremità che formano le imboccature di uscita e di ingresso delle sezioni tubiere 13 adiacenti. Una coppia di lamine elastiche 157 con rispettive anse 159 è destinata a trattenere l'inserito di completamento 145 in posizione. Anche in questo caso, il corpo principale dell'inserito di completamento 145 comprende preferibilmente un'anima di materiale ceramico o più in generale refrattario.

Nella figura 10 è illustrata una variante dell'inserito di completamento che viene interposto fra due sezioni tubiere accostate. L'inserito di completamento 245 è intercambiabile l'inserito 45 e l'inserito 145 descritti in precedenza con riferimento rispettivamente alle forme di attuazione degli scambiatori di calore della figura 1 e della figura 7. L'inserito di completamento 245 comprende un corpo principale 247 che ha uno spessore sostanzialmente uguale o di poco inferiore al passo delle spire del fascio tubiero 12, nel caso di passo costante lungo tutta l'estensione dello scambiatore di calore. In particolare, le facce laterali 248 del corpo principale 247 definiscono preferibilmente una zona di contatto di scambio termico con le spire adiacenti del fascio tubiero 12. Sul corpo principale 247 è montato un blocco di appoggio 249 conformato sostanzialmente a T, con due alette 250 che nella configurazione montata dell'inserito di completamento 245 sono affacciate all'esterno del fascio tubiero 12 e sporgono rispetto allo spessore del corpo principale 247 in modo da appoggiare sull'estradosso delle spire delle sezioni tubiere 13 adiacenti. Il blocco di appoggio 249 è fissato al corpo principale 247 con una vite 251

che consente di serrare l'inserto di completamento sul fascio tubiero 12.

Nella parte più interna, corrispondente all'intradosso delle spire delle sezioni tubiere 13, il corpo principale 147 si allunga a formare due appendici 253 sulle quali sono realizzate rispettive anse 255 che ricopiano la curvatura dei lati corti dei tubi in corrispondenza delle loro estremità che formano le imboccature di uscita e di ingresso delle sezioni tubiere 13 adiacenti. Sulle due facce laterali 248, a ridosso della faccia inferiore arcuata 246 dell'inserto di completamento 245, sono ricavate due rispettive scanalature incurvate 256 nelle quali viene posto un sigillante adatto a resistere alle alte temperature. Analoghe scanalature per sigillante "alte temperature" possono essere previste anche sulle forme di inserto di completamento 45 e 145 descritte in precedenza.

Come descritto per la precedente forma di attuazione della figura 1, anche lo scambiatore di calore 110 viene realizzato accostando l'una all'altra diverse sezioni tubiere 13, in modo tale che le rispettive imboccature d'ingresso e d'uscita abbiano i loro assi tutti fra loro paralleli ed anche tutti paralleli ad un medesimo piano longitudinale, passante per l'asse X-X, che divide in due parti lo spazio intercorrente fra le imboccature di ingresso e di uscita di sezioni tubiere 13 adiacenti. In altre parole, come spiegato anche in precedenza, le imboccature d'ingresso e d'uscita di sezioni tubiere adiacenti sono disposte simmetricamente da parti opposte e ad uguale distanza dal suddetto piano longitudinale.

Negli esempi di attuazione sopra descritti in dettaglio ed illustrati nelle figure si è fatto riferimento ad un tubo con una sezione appiattita e lati corti arrotondati, ma naturalmente è possibile attuare l'invenzione anche

utilizzando un tubo di sezione diversa, ad esempio circolare, ovale, ellittica, o altra forma conveniente e generalmente utilizzata negli scambiatori del genere. A tale riguardo, un tecnico esperto che legga la presente descrizione e ne apprenda i concetti innovativi saprà adattare gli organi dello scambiatore di calore, fra cui gli inserti di completamento, a forme del fascio tubiero e a sezioni di tubo differenti da quelle illustrate e descritte in precedenza, a titolo di mera esemplificazione.

Gli scambiatori di calore descritti ed illustrati a titolo di esempio prevedono un fascio tubiero che si sviluppa ad elica con un unico diametro di intradosso. Naturalmente è possibile realizzare uno scambiatore di calore che incorpori i principi della presente invenzione in cui il fascio tubiero abbia una o più sezioni tubiere con diversi diametri di intradosso. Una forma particolare di fascio tubiero può prevedere due o più sezioni tubiere di diverso diametro, disposte concentricamente l'una all'interno dell'altra. È inoltre possibile realizzare un fascio tubiero in cui una o più sezioni tubiere siano realizzate con un tubo che contiene al suo interno un secondo tubo appartenente ad un'altra sezione tubiera, ad esempio per realizzare due circuiti di fluido distinti per alimentare utenze differenziate.

Negli esempi descritti ed illustrati i tubi avvolti ad elica delle sezioni tubiere hanno le loro due estremità dirette verso l'esterno dell'elica in direzioni fra loro parallele, e parallele rispetto ad una direzione radiale. Tuttavia è possibile realizzare uno scambiatore di calore che incorpori i principi della presente invenzione e in cui le due estremità del tubo avvolto ad elica sono dirette verso l'esterno dell'elica in direzioni fra loro angolate, così come possono essere angolate rispetto ad una direzione radiale.

Negli esempi descritti ed illustrati in precedenza, le imboccature alle estremità dei tubi sono state definite “imboccature di ingresso” e “imboccature di uscita” per comodità di descrizione e semplicità di esposizione, con riferimento a forme specifiche, non limitative, di attuazione. A seconda della configurazione del circuito del fluido da riscaldare, e perciò del collegamento reciproco fra le varie sezioni tubiere, il fluido può percorrere ciascuna sezione tubiera in uno dei due versi. In tal modo, le imboccature alle estremità di ciascuna sezione tubiera assume il ruolo di imboccatura di ingresso o di imboccatura di uscita a seconda del verso in cui viene percorsa dal fluido da riscaldare, indipendentemente dalla sua posizione nello scambiatore di calore. In altre parole, rispetto a quanto descritto ed illustrato, le imboccature indicate convenzionalmente come di “ingresso” e “uscita” possono a tutti gli effetti risultare invertite, rispettivamente cioè di “uscita” e “ingresso”, in forme di attuazione distinte, ma equivalenti a quelle descritte ed illustrate in precedenza.

Naturalmente, fermo restando il principio del trovato, le forme di attuazione ed i particolari di realizzazione potranno ampiamente variare rispetto a quanto descritto ed illustrato, senza per questo uscire dall’ambito della presente invenzione.

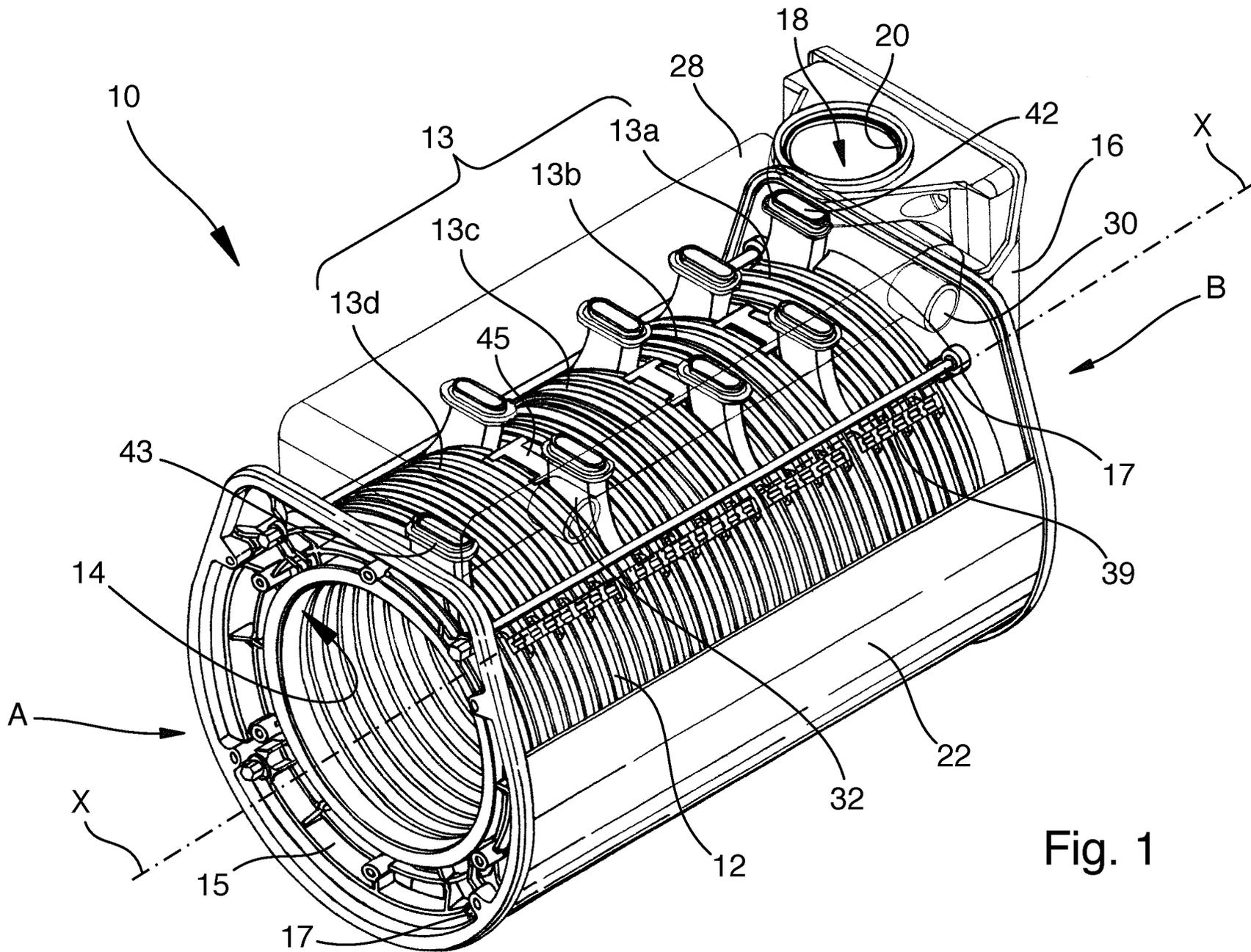
## RIVENDICAZIONI

1. Scambiatore di calore con un fascio tubiero (12) avvolto ad elica attorno ad un asse longitudinale (X-X), in cui il fascio tubiero comprende almeno due sezioni tubiere (13) accostate l'una all'altra nella direzione dell'asse longitudinale (X-X), comprendenti ciascuna un tubo (36) avvolto ad elica e avente una sezione trasversale interna costante lungo il suo avvolgimento ad elica.
2. Scambiatore di calore secondo la rivendicazione 1, in cui le almeno due sezioni tubiere (13) accostate l'una all'altra nella direzione dell'asse longitudinale (X-X) comprendono ciascuna un tubo (36) avvolto ad elica con le sue due estremità (40, 41) dirette verso l'esterno dell'elica in direzioni fra loro parallele o angolate, e parallele o angolate rispetto ad una direzione radiale (R), un inserto di completamento (45) essendo predisposto per chiudere lo spazio fra due estremità affacciate di due rispettivi tubi (36) delle almeno due sezioni tubiere (13) accostate.
3. Scambiatore di calore secondo la rivendicazione 1 o la rivendicazione 2, in cui l'inserto di completamento (45) comprende un'anima di materiale refrattario, preferibilmente un materiale ceramico.
4. Scambiatore di calore secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui l'inserto di completamento (45) comprende organi di posizionamento ed aggancio (51, 55, 57) per posizionarlo ed agganciarlo sui tubi (36) delle sezioni tubiere (13) adiacenti.

5. Scambiatore di calore secondo la rivendicazione 4, in cui gli organi di posizionamento ed aggancio (51, 55, 57) sono realizzati con un lamierino sagomato fissato ad un'anima di materiale refrattario.
6. Scambiatore di calore secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui l'inserito di completamento (45) comprende una parete esterna (49) ed una parete interna (54) sostanzialmente allineate rispettivamente con l'estradosso (E) e l'intradosso (I) delle spire (38) delle sezioni tubiere (13) adiacenti.
7. Scambiatore di calore secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui almeno due sezioni tubiere (13) comprendono un tubo (36) avvolto ad elica attorno ad un asse longitudinale (X-X) per formare spire (38) di diametro prefissato, il tubo (36) avendo una sezione trasversale appiattita, arrotondata sui due lati più corti (36a) situati rispettivamente all'intradosso (I) e all'estradosso (E) delle spire (38), i lati più lunghi ed appiattiti (36b) dei tubi (36) di spire adiacenti essendo affacciati l'uno all'altro ad una distanza prefissata.
8. Scambiatore di calore secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui le spire (38) adiacenti dei tubi (36) che formano il fascio tubiero (12) ad elica sono mantenute ad una distanza prefissata l'una dall'altra mediante pettini distanziatori (39) distribuiti angolarmente in modo regolare attorno al fascio tubiero (12).

9. Scambiatore di calore secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, comprendente un distributore (28) con camere di distribuzione del fluido in ingresso e in uscita dallo scambiatore di calore e dalle sezioni tubiere (13).

10. Scambiatore di calore secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, comprendente un numero pari di sezioni tubiere (13a, 13b, 13c, 13d) configurate per essere percorse a coppie in parallelo dal fluido da riscaldare, le corrispondenti coppie di estremità di uscita (43) e di ingresso (42) dei tubi (36) delle sezioni tubiere (13) sfociando in camere di distribuzione (61) comuni a due a due.



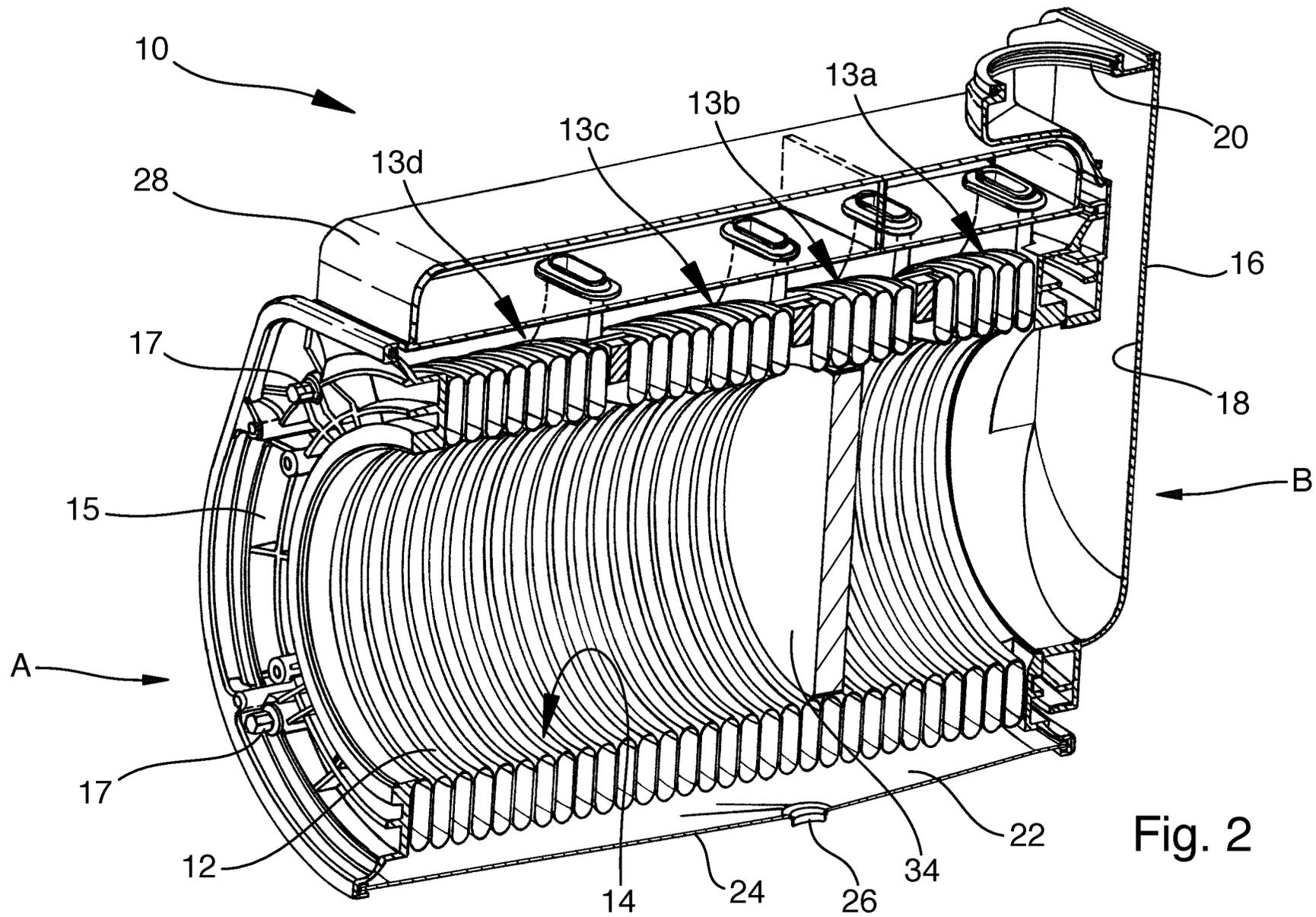


Fig. 2

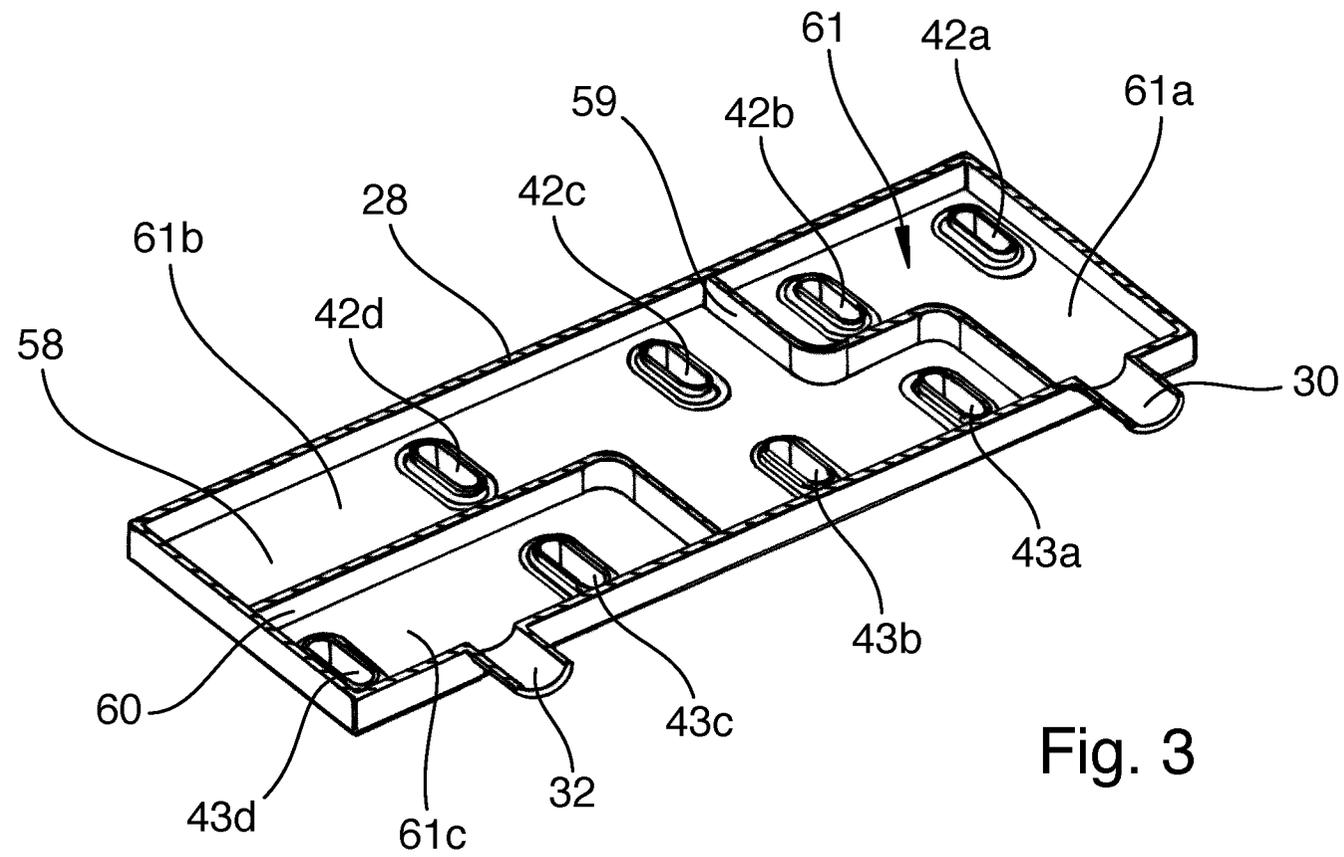


Fig. 3

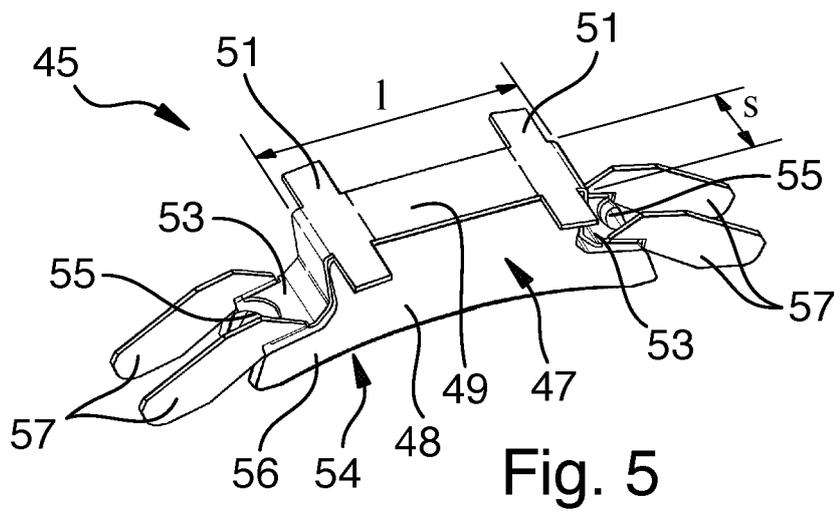


Fig. 5

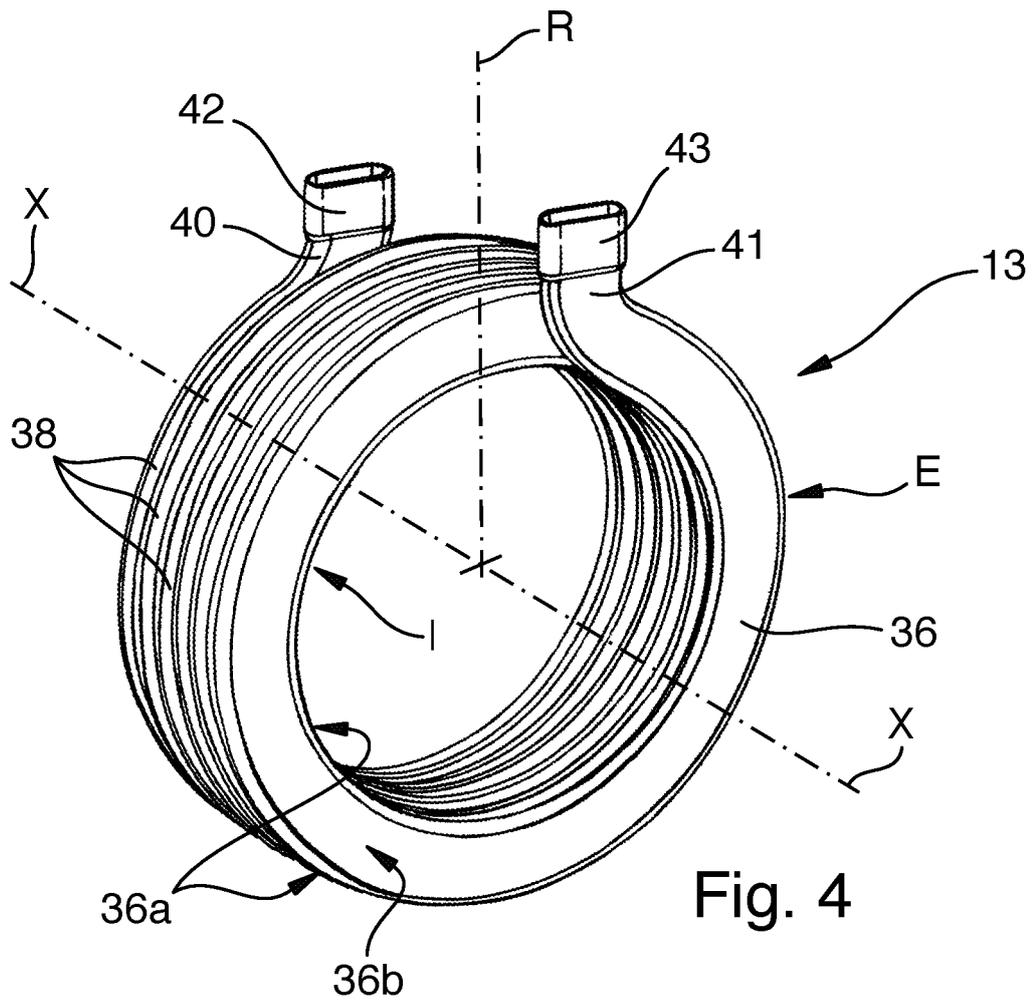


Fig. 4

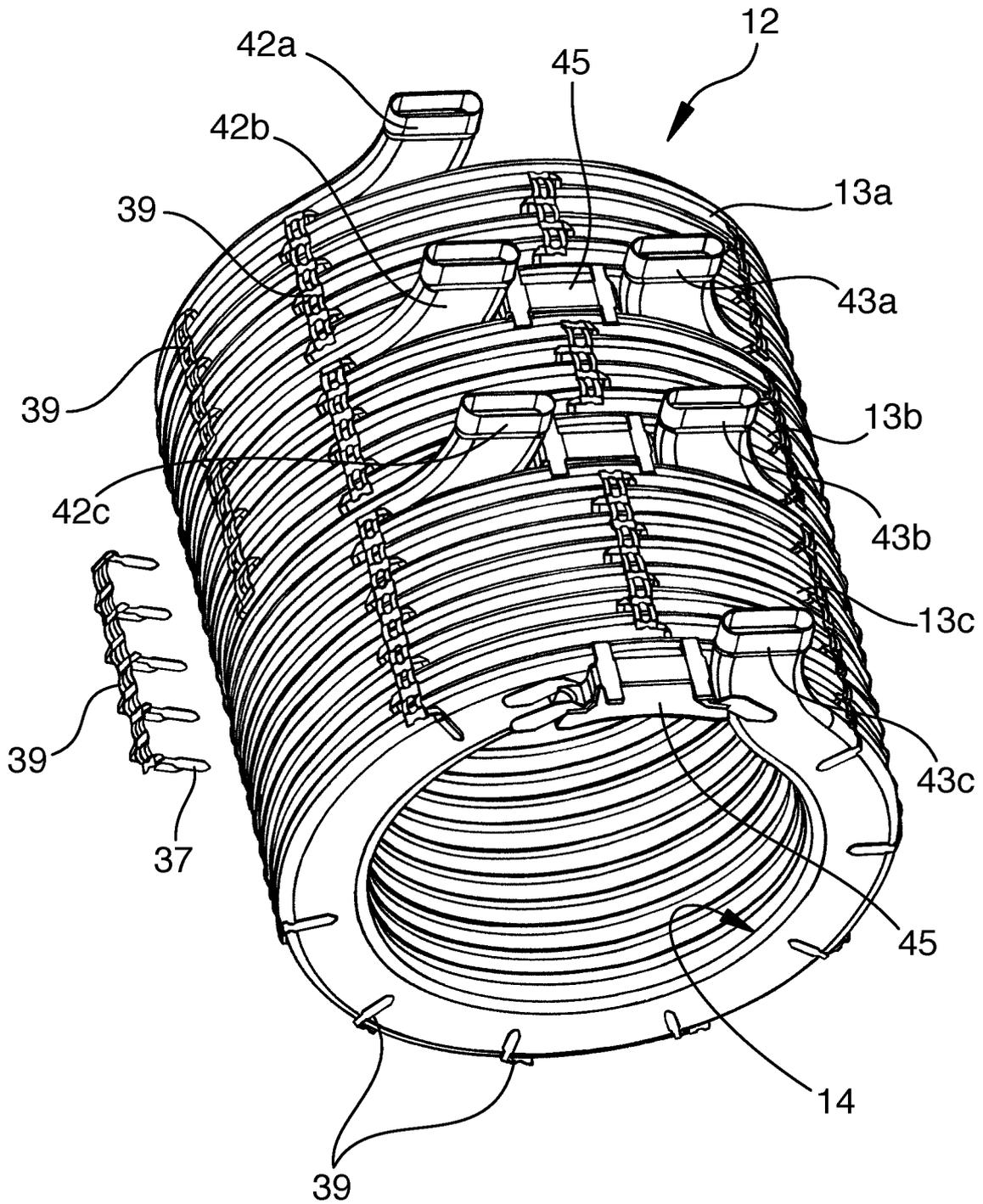


Fig. 6

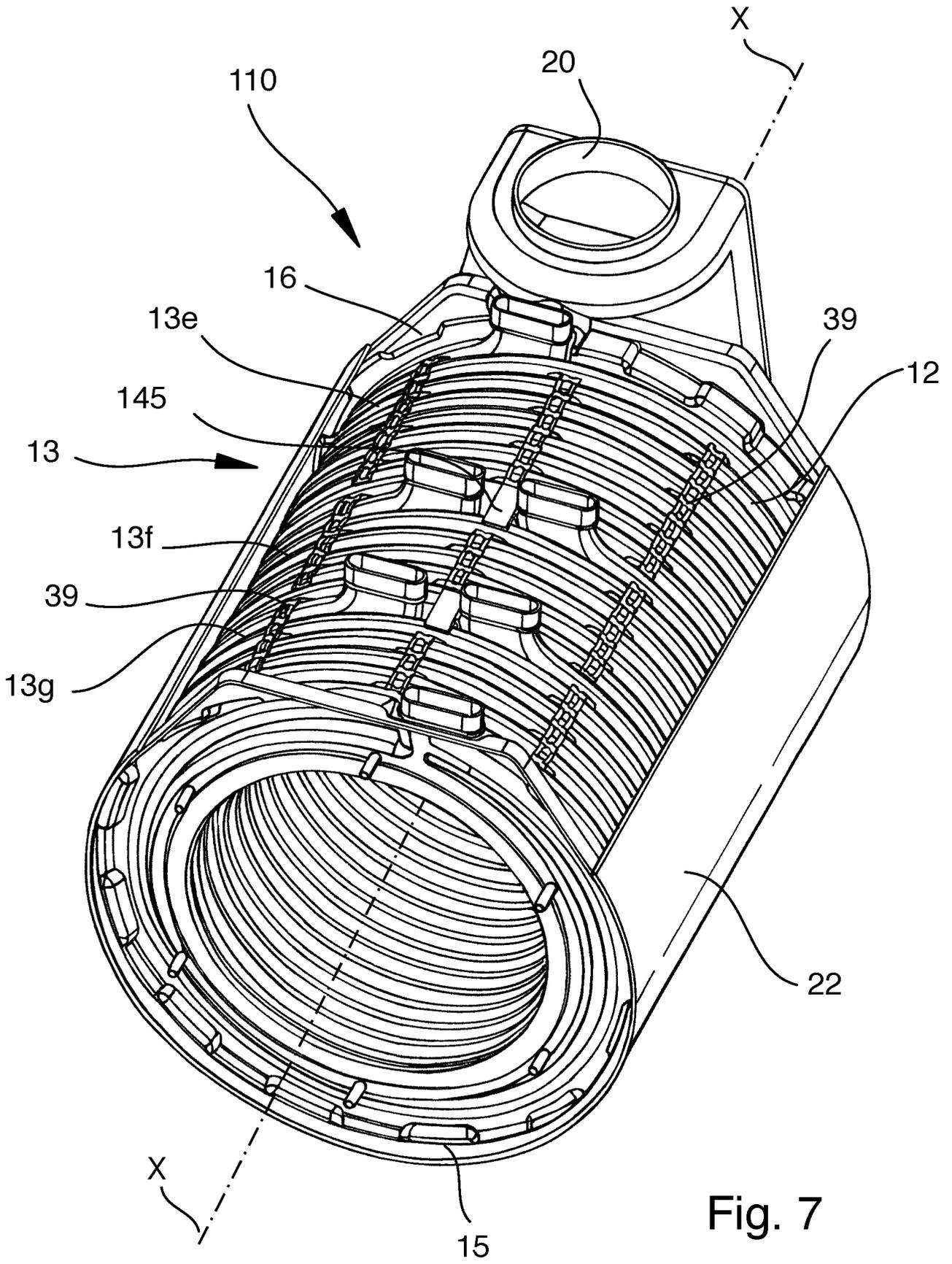


Fig. 7

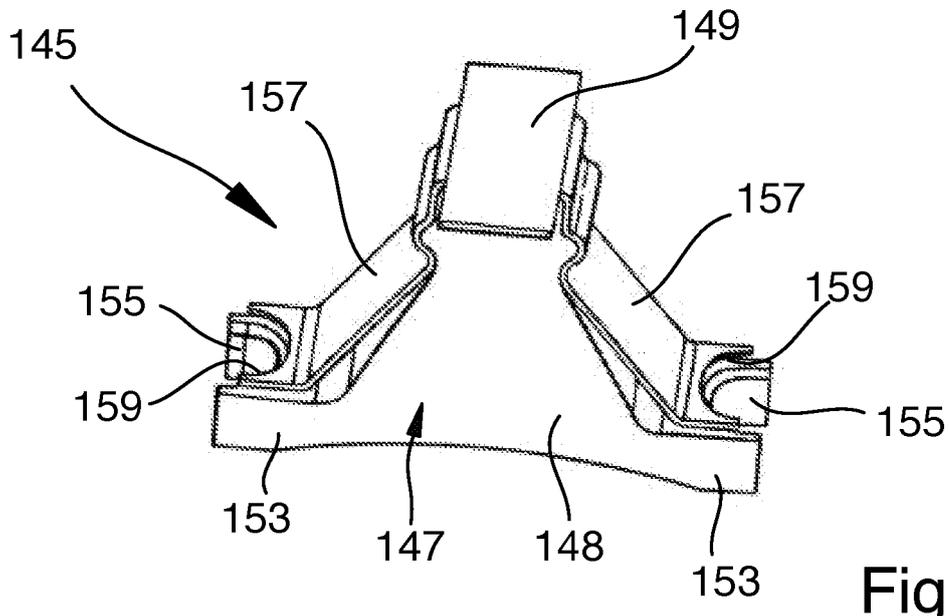


Fig. 9

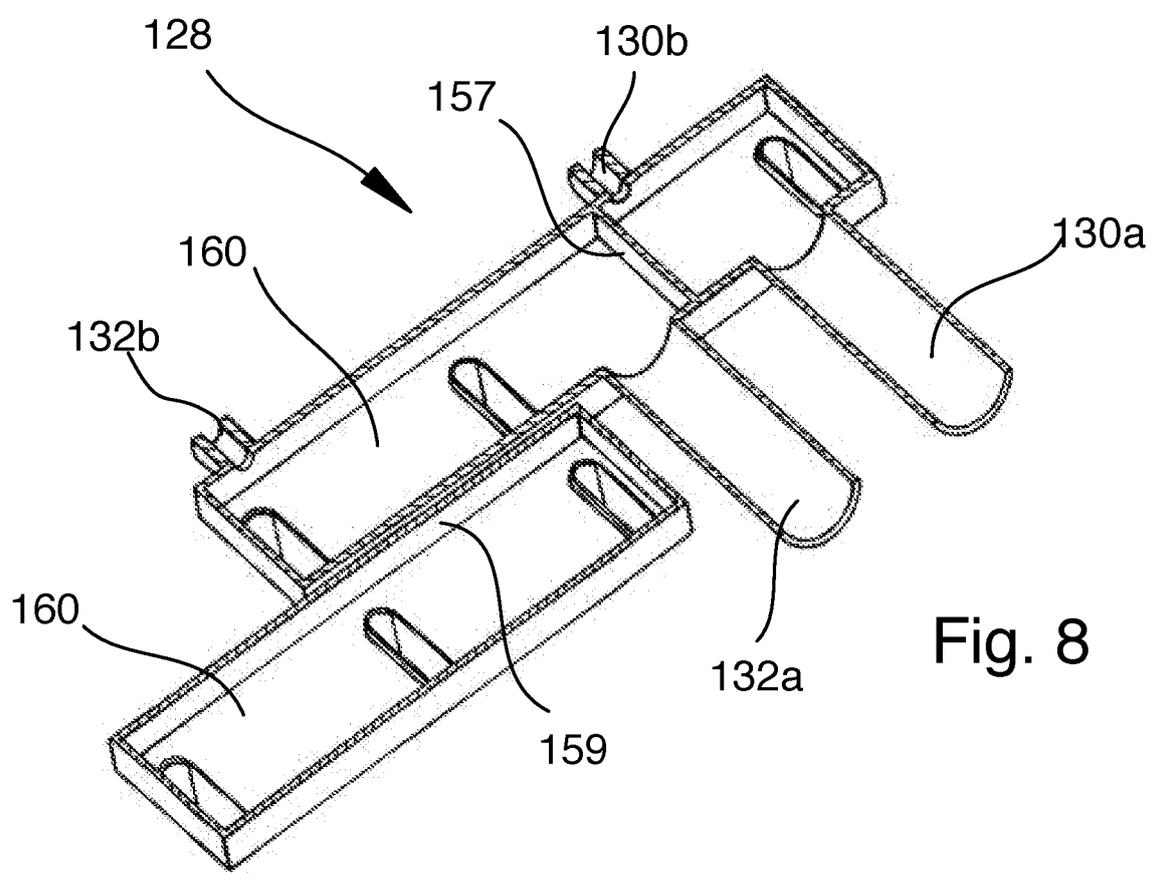


Fig. 8

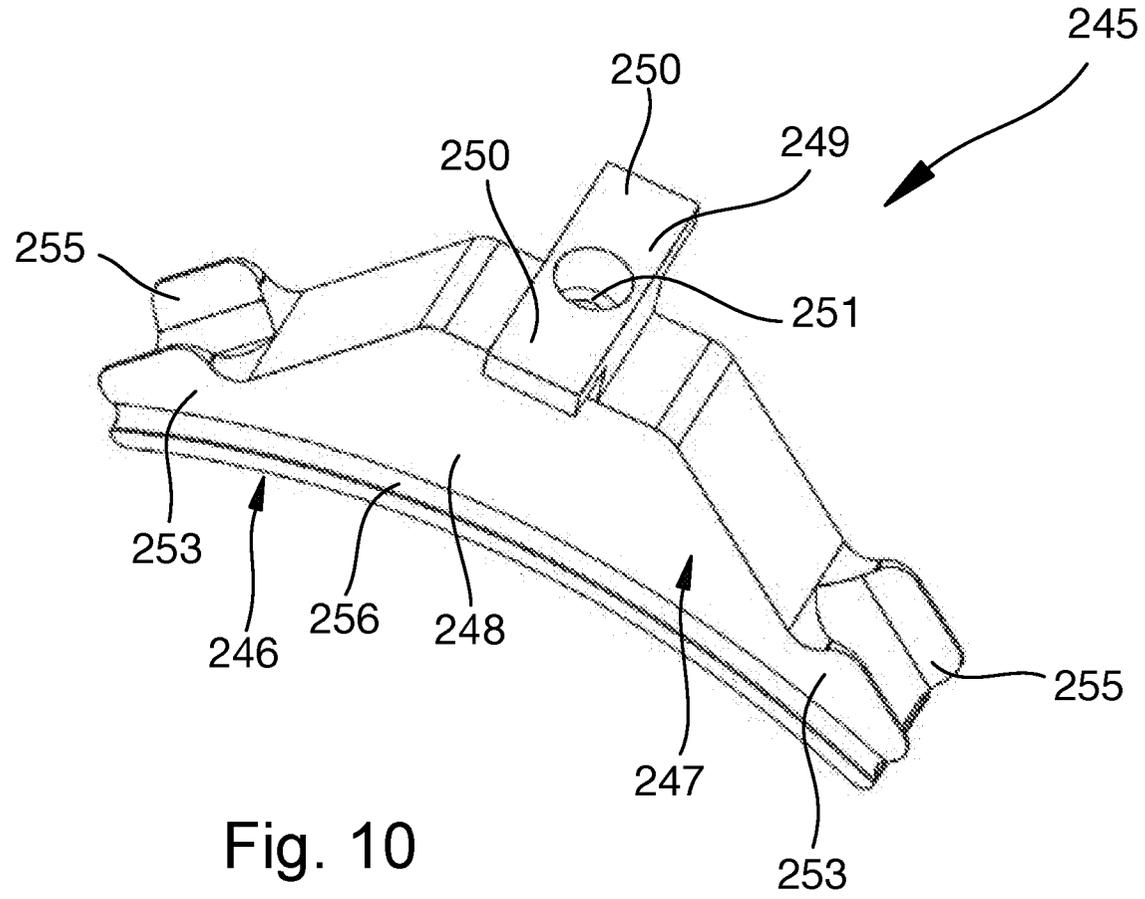


Fig. 10