

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102012902063819A1

Publication Date

20131227

Applicant

INTRONA GIANPIERO

Title

ELEMENTO DI AVVOLGIMENTO, E AVVOLGIMENTO PER UN FORNO
ELETTRICO AD INDUZIONE

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:

"Elemento di avvolgimento, e avvolgimento per un forno elettrico ad induzione"

Di: Alessandro CRESCENZI, nazionalità italiana, piazza Vittorio Veneto 4, I-10123 Torino

e di: Gianpiero INTRONA, nazionalità italiana, strada San Vito - Revigliasco 350, I-10131 Torino

Inventori designati: i Richiedenti

Depositata il: 27 giugno 2012

* * *

DESCRIZIONE

La presente invenzione si riferisce in generale ai forni ad induzione a crogiolo.

Più specificamente l'invenzione ha per oggetto un elemento di avvolgimento, ed un avvolgimento per un forno elettrico ad induzione a crogiolo.

I forni ad induzione a crogiolo comprendono tipicamente un recipiente realizzato con un materiale termicamente refrattario e rivestito esternamente con materiali isolanti, nel quale è definito il crogiolo.

Intorno al crogiolo è disposto un avvolgimento elettrico realizzato con un elemento cavo, assimilabile ad un tubo, realizzato con un materiale elettricamente isolante, tipicamente rame o sue le-

ghe.

L'avvolgimento è raffreddato internamente, mediante un flusso di fluido refrigerante, tipicamente acqua, che fluisce all'interno del suddetto elemento cavo o tubo.

I forni ad induzione a crogiolo possono operare a bassa, media ed alta frequenza, e funzionano essenzialmente come un trasformatore elettrico: il metallo fuso contenuto nel crogiolo si comporta nel funzionamento essenzialmente come un avvolgimento secondario chiuso in corto-circuito, ed è quindi interessato da correnti di elevata intensità, mentre l'avvolgimento primario è rappresentato dall'avvolgimento disposto intorno al crogiolo, che è operativamente collegato ad una sorgente di tensione di alimentazione in corrente alternata. Tale tensione può raggiungere valori efficaci dell'ordine di 3 KV, e l'intensità della corrente nell'avvolgimento del forno può raggiungere intensità dell'ordine di 15 KA.

Per riscaldare la massa da trattare nel forno si sfrutta essenzialmente l'effetto Joule dovuto alle correnti parassite (o correnti di Foucault) ed alle correnti di conduzione.

Gli avvolgimenti per forni ad induzione secon-

do la tecnica anteriore sono realizzati interconnettendo elettricamente (e fluidicamente) successivi spezzoni di conduttore cavo mediante giunzioni, tipicamente saldature, in modo tale da realizzare complessivamente un predeterminato numero di spire (ed un unico circuito idraulico continuo per il flusso del refrigerante).

Tale tecnica realizzativa comporta numerosi problemi e inconvenienti.

L'avvolgimento è un po' il cuore di un forno ad induzione: oltre alla funzione elettrica di generare il campo elettromagnetico, esso ha anche lo scopo di sopportare le forze di espansione del materiale refrattario (ceramico) del crogiolo nella direzione radiale.

Mentre da una parte l'avvolgimento del forno deve sopportare l'espansione del corpo di materiale refrattario, d'altra parte esso viene assoggettato alla spinta di magneti che sono tipicamente disposti circonferenzialmente al suo esterno e che sono pressati e serrati mediante una serie di tiranterie.

Tale sollecitazioni possono risultare potenzialmente pericolose, in quanto suscettibili di provocare incrinature nei punti di giunzione a sal-

datura fra i successivi spezzoni del conduttore cavo dell'avvolgimento.

L'avvolgimento di un forno ad induzione risulta inoltre assoggettato, nell'uso, a vibrazioni anche intense, per effetto delle forze elettrodinamiche provocate dal campo magnetico generato: anche tali vibrazioni possono creare problemi di stabilità meccanica dell'avvolgimento, soprattutto nelle zone in cui sono state realizzate le saldature.

Nei forni secondo la tecnica anteriore l'eventuale cricatura di saldature dell'avvolgimento di induzione comporta danni ingenti, a seguito della fuoriuscita dell'acqua di raffreddamento che fluisce all'interno dell'avvolgimento, con possibile rischio anche di esplosione del forno.

Uno scopo della presente invenzione è di proporre una soluzione che consenta di ovviare agli inconvenienti sopra delineati dei forni ad induzione a crogiolo secondo la tecnica anteriore.

Questi ed altri scopi vengono realizzati secondo l'invenzione primariamente con un elemento di avvolgimento, quale una spira od una bobina comprendente una pluralità di spire, per la realizzazione di un avvolgimento di un forno elettrico ad

induzione mediante interconnessione con almeno un ulteriore elemento di avvolgimento consimile, l'elemento di avvolgimento comprendendo un corpo cavo a guisa di tubo di materiale elettricamente conduttore, realizzato preferibilmente mediante estrusione, in un sol pezzo senza giunzioni o saldatura intermedie e sagomato in modo tale per cui fra le sue estremità risulta definita almeno una spira.

L'invenzione si concretizza altresì in un avvolgimento per un forno elettrico di induzione realizzato mediante interconnessione elettrica di una pluralità di elementi di avvolgimento aventi le caratteristiche sopra definite.

Ulteriori caratteristiche e vantaggi dell'invenzione risulteranno dalla descrizione dettagliata che segue, effettuata a puro titolo di esempio non limitativo, con riferimento ai disegni allegati, nei quali:

- la figura 1 è una vista prospettica parziale di un avvolgimento per un forno elettrico ad induzione a crogiolo secondo la presente invenzione;
- la figura 2 è una vista in pianta di un elemento di avvolgimento monospira secondo la presente invenzione;
- le figure da 3a a 3e sono viste in pianta che

mostrano varianti di realizzazione di un elemento di avvolgimento monospira secondo la presente invenzione; e

- le figure da 4e a 4d sono viste sezionate che mostrano una pluralità di varianti di realizzazione della sezione trasversale dell'elemento conduttore cavo utilizzato per la realizzazione di elementi di avvolgimento secondo la presente invenzione.

Nella figura 1 con W è complessivamente indicato un avvolgimento secondo l'invenzione per un forno elettrico ad induzione a crogiolo di tipo peraltro per sé noto.

Nella realizzazione esemplificativamente e schematicamente illustrata nella figura 1 l'avvolgimento W comprende una pluralità di elementi di avvolgimento monospira, ciascuno dei quali è indicato con 1.

Ciascun elemento di avvolgimento 1 comprende un corpo cavo, a guisa di tubo, di materiale elettricamente conduttore, ad esempio rame o sue leghe, realizzato preferibilmente mediante estrusione, in un sol pezzo senza giunzioni o saldature intermedie e sagomato in modo tale per cui fra le sue estremità 1a, 1b risulta definita (almeno) una spira 1c di forma essenzialmente anulare.

Nell'esempio di realizzazione secondo le figure 1 e 2, ciascun elemento di avvolgimento 1 forma una spira essenzialmente circolare.

Convenientemente, le estremità 1a e 1b di ciascun elemento di avvolgimento 1 sono rivolte verso l'esterno, secondo una direzione almeno approssimativamente radiale.

Tali estremità sono collegate elettricamente fra loro, ad esempio a mezzo di barre, piastre o trecce conduttrici, in modo tale per cui le spire 1c risultino elettricamente interconnesse fra loro, ad esempio in serie oppure in parallelo, o secondo modalità miste.

Ciascun elemento di avvolgimento 1 definisce altresì, al suo interno, il rispettivo circuito idraulico di raffreddamento: un fluido refrigerante, ad esempio acqua, può essere immessa attraverso un'estremità dell'elemento di avvolgimento, per fuoriuscire in corrispondenza dell'altra estremità. I circuiti idraulici di raffreddamento dei singoli elementi di avvolgimento possono essere indipendenti, oppure collegati fra loro. In questo secondo caso, l'interconnessione fra tali circuiti è convenientemente realizzata in modo tale da consentire ad almeno alcuni elementi di avvolgimento di essere

esclusi ovvero by-passati.

Analogamente, anche la connessione elettrica fra gli elementi di avvolgimento è convenientemente realizzata in modo tale da poter escludere ovvero by-passare gli elementi di avvolgimento 1 in cui dovesse malauguratamente verificarsi un qualche problema.

Gli avvolgimenti di induzione realizzati secondo la tecnica anteriore non consentono l'esclusione o il by-passaggio selettivo di porzioni o sezioni dell'avvolgimento in caso di guasto.

Nell'avvolgimento W secondo l'invenzione il fluido refrigerante che percorre ciascun elemento di avvolgimento 1 compie un percorso assai breve, e il suo salto termico risulta ridotto. Ciò consente di assicurare alla parete del corpo refrattario del forno, adiacente all'avvolgimento, una maggior uniformità di temperatura rispetto agli avvolgimenti tradizionali, con riduzione o sostanziale eliminazione dei gradienti termici e dei differenziali di dilatazione.

Poiché il fluido refrigerante deve, in ciascun elemento di avvolgimento, compiere un percorso relativamente breve, esso può operare in condizioni di pressione relativamente bassa, a differenza de-

gli avvolgimenti secondo la tecnica anteriore in cui il fluido, che doveva percorrere l'intero avvolgimento, doveva necessariamente operare ad alta pressione. L'elevata pressione in tali avvolgimenti sollecitava le connessioni intermedie e comportava l'utilizzo di pompe di potenza adeguata.

La costruzione senza saldature intermedie dei singoli elementi di avvolgimento esclude la possibilità che si incrinino giunzioni sotto l'azione delle vibrazioni cui l'avvolgimento viene assoggettato per effetto delle forze elettrodinamiche provocate dal campo magnetico.

A seconda delle caratteristiche del forno, l'associato avvolgimento W può comprendere elementi di avvolgimento 1 di forme differenti. Oltre alla forma circolare, illustrata nelle figure 1 e 2, gli elementi di avvolgimento 1 possono così presentare una varietà di ulteriori forme diverse, quali ad esempio quelle illustrate nelle figure da 3a a 3e.

L'elemento di avvolgimento 1 della figura 3a forma una spira 1c di forma essenzialmente ellittica, mentre l'elemento di avvolgimento secondo la figura 3b forma una spira 1c quasi a forma di 8.

Nella variante secondo la figura 3c, l'elemento di avvolgimento 1 forma una spira essen-

zialmente sagomata a guisa di losanga, mentre nella variante secondo la figura 3d la spira 1c è di forma essenzialmente quadrata.

Infine, nella variante secondo la figura 3e l'elemento di avvolgimento 1 forma una spira 1c sagomata essenzialmente a guisa di triangolo a vertici arrotondati.

Naturalmente molte ulteriori forme sono possibili.

Sebbene nelle figure 1, 2 e 3a-3e siano stati illustrati elementi di avvolgimento 1 formanti ciascuno una singola spira anulare 1c, tali elementi di avvolgimento 1, od almeno alcuni di essi, possono eventualmente comprendere una pluralità di spire anulari consecutive. Siffatti elementi di avvolgimento pluri-spira sono comunque realizzati in un sol pezzo senza giunzioni o saldature intermedie, preferibilmente mediante estrusione.

Nelle figure da 4a a 4h sono esemplificativamente illustrate alcune forme della sezione trasversale dell'elemento conduttore cavo utilizzato per la realizzazione degli elementi di avvolgimento 1 secondo la presente invenzione.

Nella realizzazione secondo le figure 4a e 4b l'elemento di avvolgimento 1 comprende un corpo ca-

vo 2 di sezione trasversale essenzialmente circolare e, rispettivamente, quadrata, con spessore di parete sostanzialmente uniforme.

Nelle varianti secondo le figure 4c e 4d l'elemento di avvolgimento 1 è realizzato con un corpo cavo avente una sezione trasversale essenzialmente rettangolare. Nel caso della figura 4c la sezione trasversale del corpo cavo 2 presenta il lato maggiore essenzialmente parallelo all'asse dell'elemento di avvolgimento 1, mentre nella realizzazione secondo la figura 4d è il lato minore della sezione trasversale ad essere parallelo a detto asse.

Nella realizzazione secondo la figura 4e il corpo cavo 2 dell'elemento di avvolgimento 1 presenta una sezione trasversale essenzialmente rettangolare, con un lato minore marcatamente arcuato.

Nella variante secondo la figura 4f il corpo cavo 2 dell'elemento di avvolgimento 1 presenta una sezione trasversale il cui profilo esterno è analogo a quello del corpo cavo 2 della figura 4e, ma il passaggio interno 3 per il fluido refrigerante è decentrato, e prossimo al lato minore arcuato della sezione.

Nell'esempio illustrato nella figura 4g il

corpo cavo 2 presenta una sezione trasversale con un profilo esterno essenzialmente a forma di una D, in cui è realizzato un passaggio 3 per il fluido a profilo circolare.

Nella variante secondo la figura 4h il corpo cavo 2 presenta un profilo esterno essenzialmente quadrato, e il passaggio 3 per il fluido di raffreddamento è essenzialmente circolare e coassiale con esso.

Naturalmente, molte ulteriori varianti possono essere adottate per la sezione trasversale del corpo cavo 2 con cui è realizzato ogni singolo elemento di avvolgimento 1.

Naturalmente, fermo restando il principio del trovato, le forme di attuazione e i particolari di realizzazione potranno essere ampiamente variati rispetto a quanto è stato descritto ed illustrato a puro titolo di esempio non limitativo, senza per questo uscire dall'ambito dell'invenzione come definito nelle annesse rivendicazioni.

RIVENDICAZIONI

1. Elemento di avvolgimento (1), quale una spira (1c) od una bobina comprendente una pluralità di spire (1c), per la realizzazione di un avvolgimento (W) di un forno elettrico ad induzione mediante interconnessione con almeno un ulteriore elemento di avvolgimento (1) consimile,

l'elemento di avvolgimento (1) comprendendo un corpo cavo (2) a guisa di tubo di materiale elettricamente conduttore, realizzato preferibilmente mediante estrusione, in un sol pezzo senza giunzioni o saldature intermedie e sagomato in modo tale per cui fra le sue estremità (1a, 1b) risulta definita almeno una spira (1c).

2. Elemento di avvolgimento secondo la rivendicazione 1, in cui detto corpo cavo (2) a guisa di tubo è realizzato con rame o sue leghe.

3. Elemento di avvolgimento secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui fra le sue estremità (1a, 1b) risulta definita almeno una spira (1c) avente una forma scelta nel gruppo comprendente le forme seguenti: circolare, ellittica, ad 8, a losanga, quadrata, rettangolare, a triangolo con vertici arrotondati.

4. Elemento di avvolgimento secondo una delle ri-

vendicazioni precedenti, in cui detto corpo cavo (2) a guisa di tubo presenta una sezione trasversale la cui forma è scelta nel gruppo comprendente le seguenti forme: tubolare circolare, tubolare quadrata, tubolare rettangolare, tubolare rettangolare con un lato minore arcuato e convesso verso l'esterno, a D con passaggio interno (3) di sezione circolare, quadrata con passaggio interno (3) di forma circolare.

5. Avvolgimento (W) per un forno elettrico ad induzione, comprendente una pluralità di spire e realizzato con un corpo cavo (2) a guisa di tubo di materiale elettricamente conduttore, definente al suo interno un condotto (3) per il passaggio di un liquido di raffreddamento;

l'avvolgimento (W) essendo caratterizzato dal fatto che è realizzato mediante un'interconnessione elettrica di una pluralità di elementi di avvolgimento (1), ciascuno dei quali è realizzato, preferibilmente mediante estrusione, in un sol pezzo privo di giunzioni o saldature intermedie e sagomato in modo tale per cui fra le sue estremità (1a, 1b) risulta definita almeno una spira (1c).

6. Avvolgimento secondo la rivendicazione 5, in cui detti elementi di avvolgimento (1) sono inter-

collegati fra loro elettricamente in serie, oppure in parallelo, oppure secondo una modalità mista, in particolare mediante piastre o barre o conduttori elettrici in treccia.

7. Avvolgimento secondo la rivendicazione 5 o 6, in cui detto condotto (3) di ciascun elemento di avvolgimento (1) forma un circuito idraulico di raffreddamento separato o separabile da quelli degli altri elementi di avvolgimento (1).

8. Avvolgimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 5 a 7, comprendente una pluralità di elementi di avvolgimento (1) secondo una o più delle rivendicazioni da 1 a 4.

CLAIMS

1. A winding element (1), such as a turn (1c) or a coil comprising a plurality of turns (1c), for forming a winding (W) of an electric induction furnace by interconnection with at least one further winding element (1),

the winding element (1) comprising a hollow body (2) such as tube of an electrically conducting material, preferably made by extrusion, in one piece without intermediate junctions or welds, and shaped such that between the ends (1a, 1b) thereof there is defined at least one turn (1c).

2. Winding element according to claim 1, wherein said tube-like hollow body (2) is made of copper or an alloy thereof.

3. Winding element according to claim 1 or claim 2, wherein between the ends (1a, 1b) thereof, there is defined at least one turn (1c) having a shape selected in the group comprising the following shapes: circular; elliptical; 8-shaped; lozenge-shaped; square; rectangular; triangular with rounded corners.

4. Winding element according to one of the preceding claims, wherein said tube-like hollow body (2) has a transverse cross-section with a shape se-

lected in the group comprising the following shapes: circular; square; rectangular; rectangular with one shorter side which is arcuate and externally convex; D-shaped with an internal passage (3) having a circular cross-section; square with an internal passage (3) having a circular shape.

5. Winding (W) for an electric induction furnace, comprising a plurality of turns and made with a tube-like hollow body (2) of an electrically conducting material, defining an internal conduit (3) for the passage of a cooling liquid;

the winding (W) being characterized in that it is made by electrically interconnecting a plurality of winding elements (1), each of which is made, preferably, by extrusion, in one piece without intermediate junctions or welds, and shaped such that between the ends (1a, 1b) thereof there is defined at least one turn (1c).

6. Winding according to claim 5, wherein said winding elements (1) are interconnected electrically in series, or in parallel, or in a mixed manner, in particular by means of plates or bars or braided electric conductors.

7. Winding according to claim 5 or claim 6, wherein said conduit (3) of each winding element

(1) forms a hydraulic cooling circuit which is separate or separable from those of the other winding elements (1).

8. Winding according to any of claims 5 to 7, comprising a plurality of winding elements (1) according to one or more of claims 1 to 4.

1/5

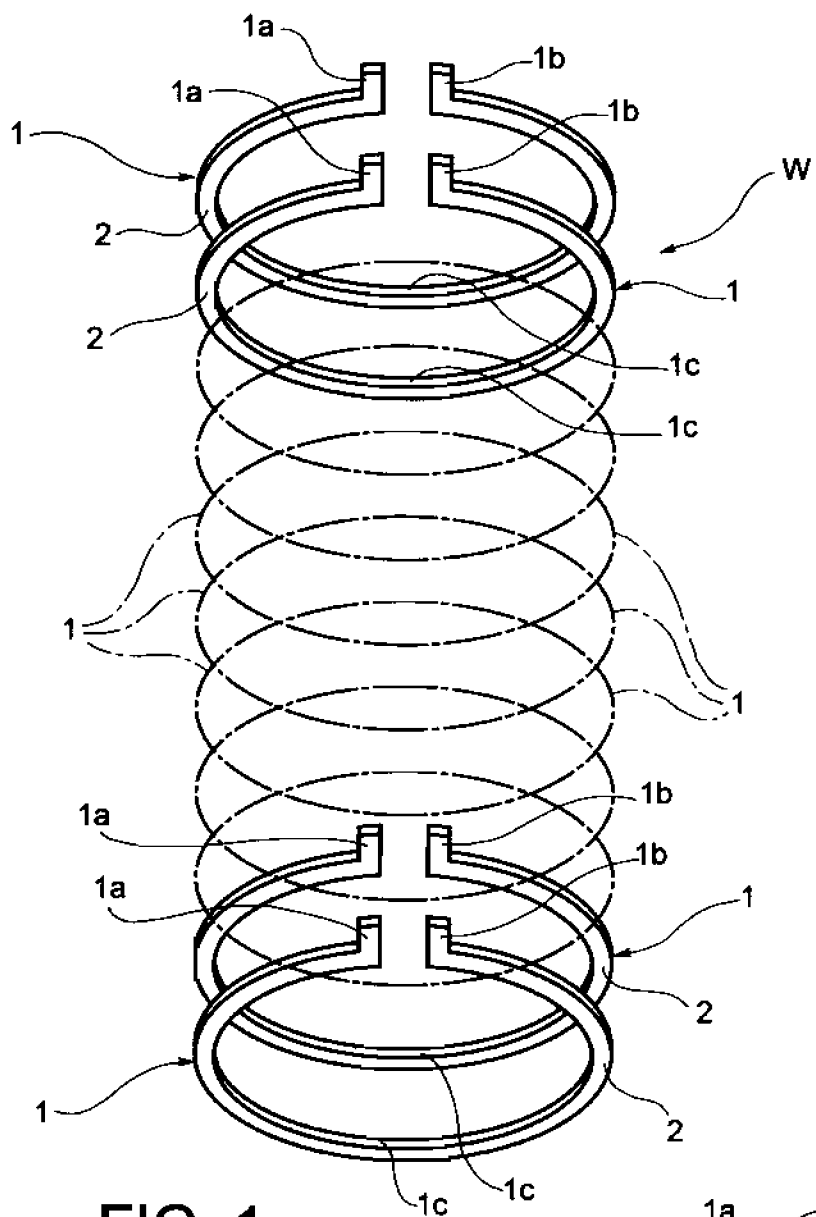


FIG. 1

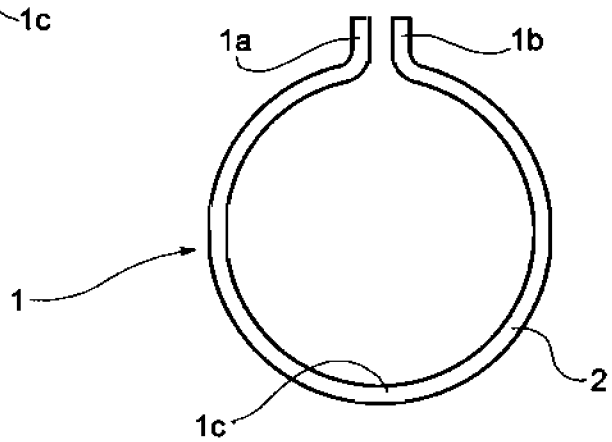


FIG. 2

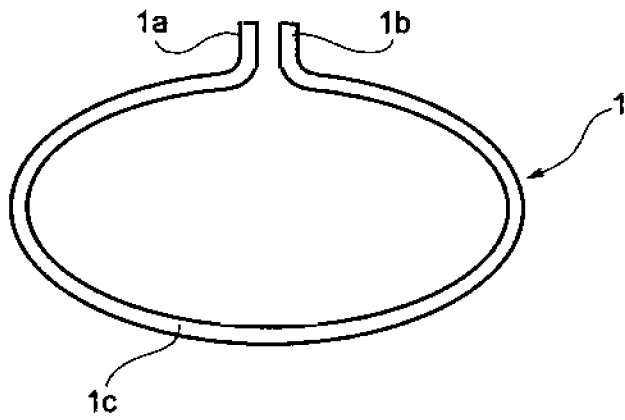


FIG. 3a

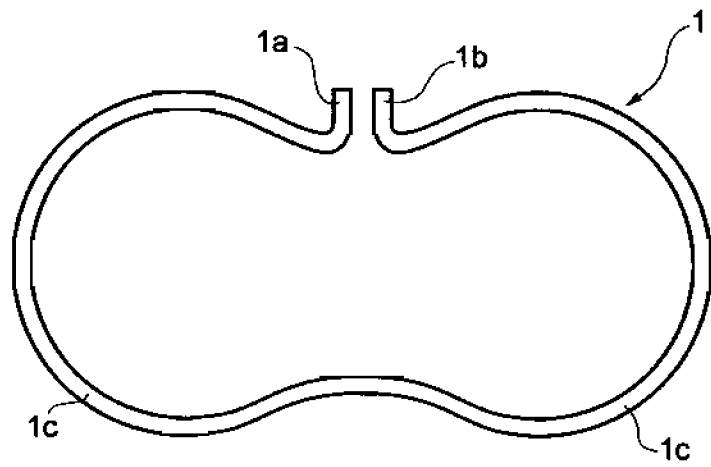


FIG. 3b

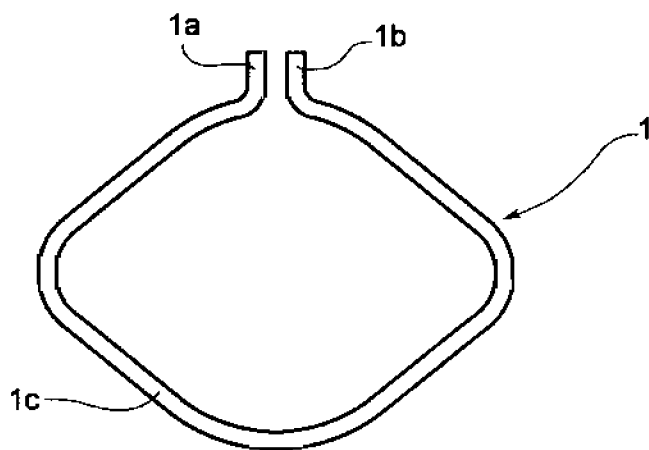


FIG. 3c

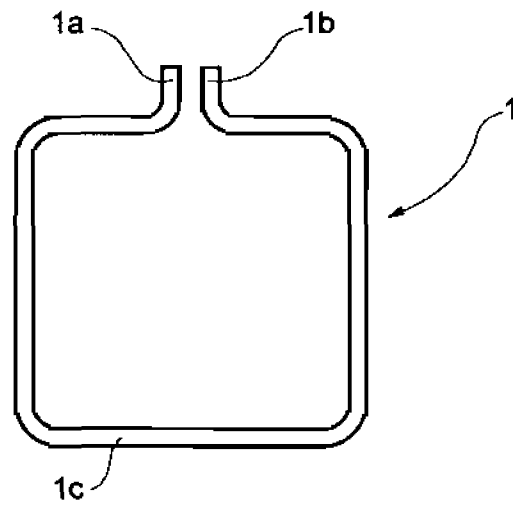


FIG. 3d

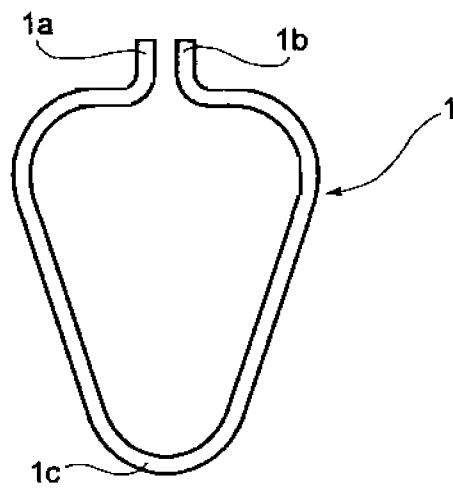


FIG. 3e

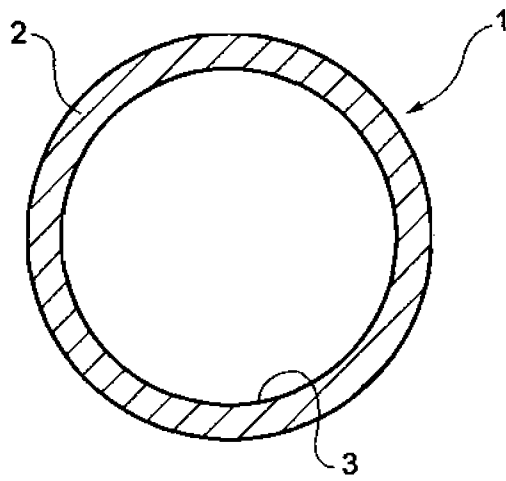


FIG. 4a

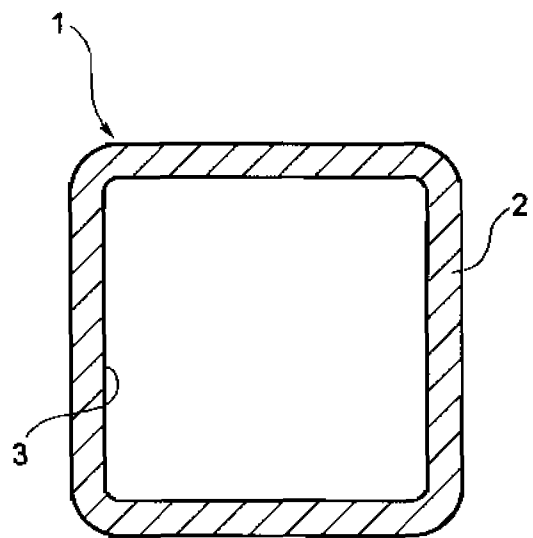


FIG. 4b

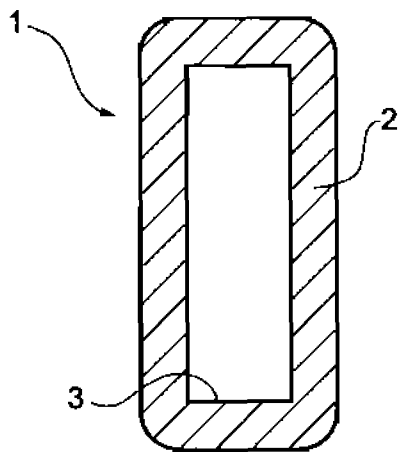


FIG. 4c

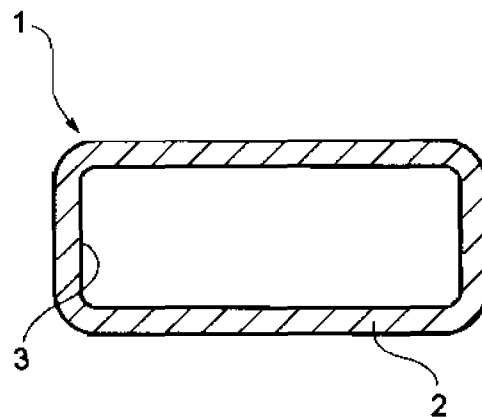


FIG. 4d

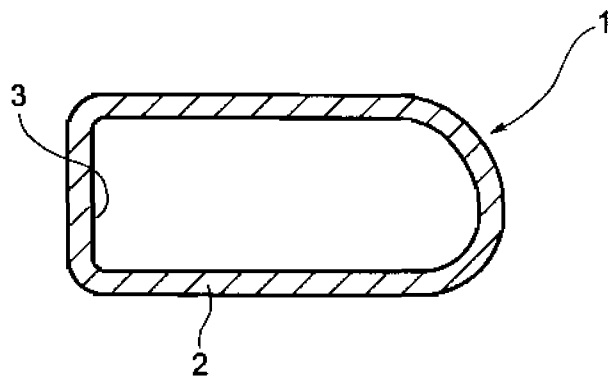


FIG. 4e

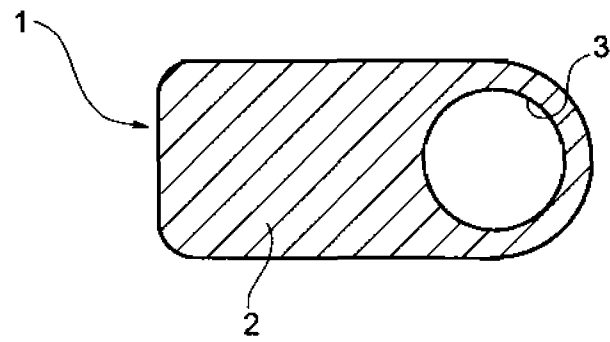


FIG. 4f

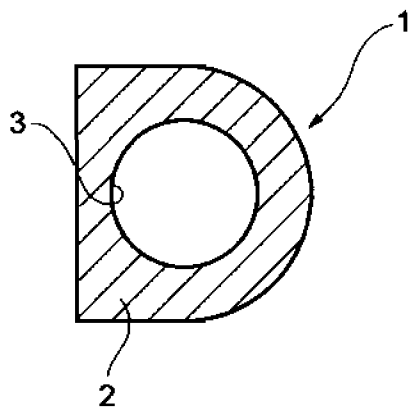


FIG. 4g

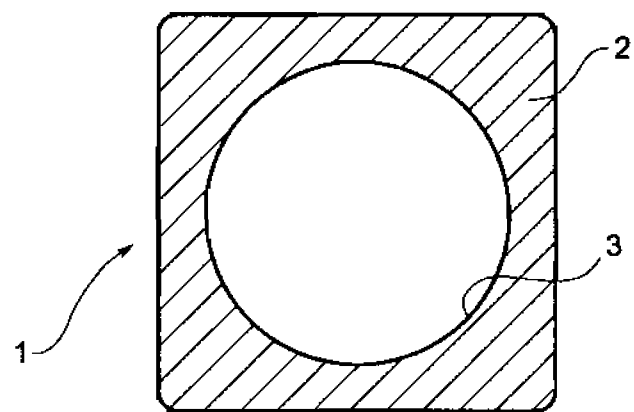


FIG. 4h