



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA LOTTA ALLA CONTRAFFAZIONE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102009901693558
Data Deposito	13/01/2009
Data Pubblicazione	13/07/2010

Classifiche IPC

Titolo

SCAMBIATORE DI CALORE GEOTERMICO VERTICALE E PROCEDIMENTO PER LA SUA INSTALLAZIONE

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:

"Scambiatore di calore geotermico verticale e procedimento per la sua installazione"

Di: TREVI S.p.A., nazionalità italiana, via Dismano, 5819 - 47023 Cesena (FC)

Inventore designato: ATTALA Daniele

Depositata il 13 gennaio 2009

DESCRIZIONE

La presente invenzione riguarda le cosiddette sonde geotermiche o scambiatori di calore verticali utilizzati nel settore della geotermia a bassa temperatura per sfruttare il calore latente del suolo. I sistemi o impianti che lavorano ad energia geotermica sfruttano il fatto che la temperatura del suolo, già a pochi metri di profondità, rimane pressoché costante durante le varie stagioni dell'anno per effetto della radiazione solare. Grazie alla temperatura costante del suolo, d'inverno si estrae da esso del calore per il riscaldamento di edifici e d'estate si cede calore al terreno per raffrescarli.

In molti impianti, lo scambio di calore con il terreno avviene per mezzo di una o più scambiatori di calore di forma allungata (denominati "sonde") installati verticalmente in perforazioni di varie

profondità, ed associati in un circuito chiuso ad una pompa di calore che fa circolare un fluido (tipicamente una soluzione di acqua e glicole al 15-20%) per estrarre e cedere energia dal e al sottosuolo.

In alcune applicazioni si utilizzano sonde tubolari a forma di "U" allungata verticalmente. L'installazione delle sonde avviene mediante una perforazione preliminare di diametro e profondità dipendenti dal tipo di sonda; il numero delle sonde geotermiche e la profondità d'installazione variano in funzione dell'energia termica richiesta. Terminata la perforazione viene inserito, fino alla profondità desiderata, un tubo ad U in polietilene. Lo spazio vuoto che resta tra la superficie esterna del tubo e il foro scavato viene riempito con una miscela ad alta conducibilità termica (acqua-bentonite-cemento-additivi-sabbie quarzifere ecc.) per migliorare il contatto e quindi lo scambio termico per conduzione tra il tubo della sonda e la parete della perforazione.

In altre applicazioni, tipicamente nella geotermia ad alta entalpia, cioè per lo scambio di grosse quantità di calore ad alta temperatura in presenza di rocce a 200-300°C, si possono utilizza-

re scambiatori di calore aventi due tubi coassiali rettilinei. Il fluido viene immesso attraverso la cavità centrale del tubo interno, e lo stesso fluido ritorna risalendo attraverso un'intercapedine tubolare tra il tubo interno e quello esterno. Si possono trovare esempi in DE-C1-199 19 555, US-A-4 201 060, US-A-5 339 890 e WO-A1-2008/009289. In un'altra applicazione ancora diversa, sono state proposte sonde comprendenti un tubo di polietilene avvolto ad elica attorno ad una gabbia metallica cilindrica.

La presente invenzione si prefigge gli scopi di migliorare l'efficienza di scambio termico delle sonde e di installarle in modo più rapido e quindi economicamente vantaggioso in qualsiasi tipo di terreno.

Questi ed altri scopi e vantaggi, che saranno compresi meglio in seguito, sono raggiunti, in accordo con la presente invenzione, da uno scambiatore di calore e da un procedimento per la sua installazione come definiti nelle rivendicazioni annesse.

Verrà ora descritta una forma di attuazione preferita e non limitativa dell'invenzione; si fa riferimento ai disegni allegati, in cui:

le figure 1A-1C sono viste schematiche in alzato, parzialmente sezionate, di uno scambiatore di calore o sonda secondo l'invenzione, associata ad un utensile di perforazione ad elica, durante tre diverse fasi del procedimento per l'installazione dello scambiatore;

la figura 2 è una vista in sezione assiale dello scambiatore di calore della figure 1A-1C;

la figura 3 è una vista in sezione trasversale secondo la traccia III-III della figura 2;

le figure 4A-4C sono viste schematiche in alzato, parzialmente sezionate, di tre diverse fasi del processo per l'installazione di uno scambiatore di calore secondo l'invenzione, associata ad un utensile di perforazione del tipo "DTH hammer"; e

le figure 5A-5D sono viste schematiche in alzato, parzialmente sezionate, che illustrano quattro fasi dell'installazione di uno scambiatore di calore secondo l'invenzione mediante un utensile di perforazione ancora diverso.

Facendo inizialmente riferimento alle figure 2 e 3, uno scambiatore di calore geotermico o sonda secondo una forma di realizzazione preferenziale dell'invenzione è indicato nel suo insieme con 10. La sonda 10 comprende due tubi coassiali rettili-

nei, verticali in condizioni normali di esercizio:
un tubo interno 11 ed un tubo esterno 12 solidali
l'uno all'altro, che definiscono tra essi
un'intercapedine o camera tubolare periferica 13.

La camera 13 è suddivisa da coppie di porzioni
di collegamento continue 14 che si estendono tra il
tubo interno e quello esterno e sono disposte se-
condo superfici ad elicoide, così da formare con i
tubi 11 e 12 una serie di condotti 15, 16, vantag-
giosamente disposti secondo un'elica a più principi
avvolta preferibilmente con un angolo costante at-
torno al tubo cilindrico interno 11. Nei condotti
15, 16 viene fatto scorrere, nella condizione in-
stallata, un fluido di scambio termico. Nella forma
di realizzazione preferita sono previsti una plura-
lità di condotti 15, qui denominati "di mandata",
ed una pluralità di condotti di ritorno 16. Il
fluido viene immesso dall'alto, tramite raccordo
superiore (non illustrato), nei condotti di manda-
ta 15, li percorre fino al piede o fondo dove i
condotti di mandata si collegano ai condotti di ri-
torno 16, e risale in superficie attraverso questi.
Al piede della struttura coassiale 11, 12, per rac-
cordare i condotti di mandata a quelli di ritorno,

può essere previsto un collettore anulare (non illustrato).

Nella forma di realizzazione preferita dell'invenzione, i tubi coassiali 11, 12 e le porzioni di collegamento 14 sono realizzati in un singolo pezzo, vantaggiosamente di un materiale plastico relativamente rigido. Sono particolarmente adatti, anche per i motivi esposti più avanti, il polipropilene o il polietilene ad alta densità (HDPE, PXa), che sono facilmente estrudibili per l'ottenimento della sezione trasversale illustrata nella figura 3.

Nella forma di attuazione preferenziale dell'invenzione i condotti 15-16 formati nella camera 13 hanno andamento elicoidale; questa configurazione è vantaggiosa poiché allunga, a parità di lunghezza complessiva della sonda, il percorso seguito dal fluido, e quindi ottimizza lo scambio termico con il terreno circostante. In una forma di realizzazione alternativa e meno preferita, i condotti potranno seguire un andamento longitudinale, cioè parallelo all'asse ventrale verticale della sonda.

Nella forma di attuazione illustrata nei disegni, la porzioni di collegamento ad elica formano

anche uno o più ulteriori condotti 17, che si aprono verso il fondo della sonda e che possono essere utilizzati per iniettare malta impermeabilizzante e ad alta conducibilità termica al fine di riempire gli spazi vuoti tra la sonda ed il terreno circostante ed aumentare così lo scambio termico tra il fluido e il terreno. Al fine di ottimizzare la superficie di scambio termico, i condotti 15, 16 per la mandata ed il ritorno del fluido di scambio termico hanno sezione trasversale o assiale di forma rettangolare allungata verticalmente.

Il tubo interno 11 individua una cavità assiale centrale 18 che viene sfruttata per accogliere un utensile perforatore 20, ad esempio: un utensile di scavo ad elica, un utensile di scavo a rotoperchussione o un utensile costipatore, atto a realizzare il foro nel terreno per ospitare la sonda stessa. In alternativa ad un utensile ad elica continua si potrà ad esempio utilizzare un utensile a tricono, trilama, bucket, martello a fondo foro ecc. La scelta dell'utensile più opportuno dipenderà principalmente dalle caratteristiche geologiche ed idrogeologiche del terreno.

Con riferimento alle figure 1A-1C e 2, al fondo della sonda coassiale è saldamente fissato un col-

lare 30. Al collare 30 è vincolata in senso assiale ma svincolata in senso rotazionale una corona di alesaggio o *ring bit* 40, bloccata all'utensile perforatore 20 e avente un diametro esterno corrispondente a quello del tubo esterno 12. La corona 40 è accoppiata all'utensile perforatore 20 in modo svincolabile, ad esempio mediante un meccanismo a baionetta con denti 41 (visibili nella figura 1C) o simili sistemi di "interlock", così da ruotare solidalmente all'elica quando a questa viene impartito il movimento di rotazione attorno all'asse verticale che provoca l'infissione dell'elica e quindi la perforazione del terreno.

Il collare e la corona sono agganciati in modo tale che il movimento di discesa della corona trascinerà verso il basso il collare e la sonda ad esso solidale, ma la componente rotatoria del movimento dell'utensile non sarà trasmessa alla sonda. Grazie a questo tipo di accoppiamento, durante la fase di installazione la sonda coassiale è soggetta solamente ad una sollecitazione di trazione verticale verso il basso, ma non subisce sollecitazioni apprezzabili di compressione o di torsione a causa dell'attrito tra il tubo esterno e la parete del foro che viene scavato nel terreno.

Una sequenza preferenziale di fasi per l'installazione di una sonda secondo l'invenzione prevede che la sonda sia disposta verticalmente sulla superficie del terreno (figura 1A) e associata ad un'attrezzatura (non illustrata) di perforazione. I movimenti di rotazione e di traslazione dell'utensile di scavo attorno e lungo l'asse x, secondo modalità note, provocano l'infissione della punta e l'asportazione del terreno, determinando un foro di scavo verticale. Per effetto dell'accoppiamento a baionetta 41, l'utensile di scavo 20 trascina con sé la corona di alesaggio, la quale disgrega il terreno sottostante per mezzo dei denti disgregatori inferiori 42. Per effetto del sistema di bloccaggio *interlock* tra corona e collare, la corona trascina il collare verso il basso, e quindi anche l'intera sonda 10, ma non trasmette a questi la componente rotativa del movimento dell'elica circolare. È possibile che la sonda effettui anche un movimento rotativo nei primissimi metri di discesa; la rotazione sarà però presto impedita dall'attrito che si verifica all'interfaccia tra il tubo esterno della sonda e la parete del foro.

Raggiunta la profondità di scavo desiderata (figura 1B), si inverte il senso di rotazione dell'utensile di scavo. L'accoppiamento a baionetta 41 *interlock* permette all'utensile 20 di liberarsi dalla corona 40, la quale viene lasciata al fondo del foro. L'utensile 20 viene infine sollevato, estratto fuori dalla cavità centrale 18 (figura 1C) e recuperato.

L'iniezione della malta di riempimento ad alta conduttività termica attraverso il condotto o i condotti 17 potrà avvenire attraverso fori di uscita al fondo della sonda e/o attraverso ulteriori fori di uscita intermedi, provvisti di relative valvole di chiusura.

Come si potrà apprezzare, i condotti percorsi dal fluido di scambio termico sono interamente disposti nella zona periferica della sonda, in adiacenza al terreno; ciò ottimizza l'efficienza termica.

L'utilizzazione della cavità assiale centrale della sonda per accogliere l'utensile perforatore consente di effettuare la perforazione e l'installazione della sonda contemporaneamente anziché in due fasi successive. Il procedimento è applicabile in ogni tipo di terreno, selezionando

l'utensile di perforazione più appropriato al caso, per qualsiasi dimensione e profondità.

Il trascinamento della sonda verso il basso da una zona di presa situata nella sua parte inferiore sottopone il corpo della sonda a sollecitazioni di sola trazione durante la fase di inserimento nel terreno. Ciò consente di privilegiare le caratteristiche della sonda che ottimizzano lo scambio termico, mentre la sua resistenza meccanica assume un'importanza secondaria. In particolare si potrà rendere il tubo esterno particolarmente sottile, e/o scegliere di costruirlo in un materiale meccanicamente meno resistente di altri, ma avente una conducibilità termica più elevata.

Le figure 4A-4C illustrano una forma di attuazione del procedimento secondo l'invenzione nella quale l'utensile perforatore 20 è un martello a fondo foro (*DTH hammer*) che effettua un movimento di roto-percussione di per sé noto. Lo scambiatore di calore 10 con il collare 30 e il ring bit 40 vengono infine lasciati nel terreno, analogamente a quanto illustrato nella figura 1C.

Nella variante delle figure 5A-5D è illustrata una forma di attuazione alternativa dove l'utensile

perforatore 20 è associato ad un costipatore a tamburo cilindrico eccentrico 21.

Si intende che l'invenzione non è limitata alle forme di attuazione qui descritte ed illustrate, che sono da considerarsi come esempi di attuazione della sonda e del metodo per la sua installarla nel terreno. L'invenzione è invece suscettibile di modifiche relative a forme, dimensioni (lunghezze, diametri) e disposizioni di parti, dettagli costruttivi e di funzionamento, materiali usati. Ad esempio, il numero e la sezione dei condotti che percorrono la camera periferica può variare in funzione della portata e pressione del fluido di scambio prescelto dal progettista.

RIVENDICAZIONI

1. Scambiatore di calore geotermico verticale (10) comprendente due tubi coassiali rettilinei (11, 12) solidali l'uno all'altro ed una camera tubolare periferica (13) tra il tubo interno (11) ed il tubo esterno (12); caratterizzato dal fatto che nella camera (13) è formata una pluralità di condotti comprendenti almeno un condotto di mandata (15) che corre dalla sommità al fondo della camera (13) ed almeno un condotto di ritorno (16) che corre dal fondo della camera alla sua sommità per la circolazione di un fluido di scambio termico in un impianto geotermico.

2. Scambiatore di calore secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che i condotti (15, 16) sono individuati tra il tubo interno (11), il tubo esterno (12) e una pluralità di porzioni di collegamento (14) che si estendono con continuità tra il tubo interno e quello esterno, suddividendo la camera periferica (13) in detta pluralità di condotti.

3. Scambiatore di calore secondo la rivendicazione 1 o 2, caratterizzato dal fatto che i condotti e le porzioni di collegamento sono disposti secondo

un'elica a più principi avvolta attorno al tubo cilindrico interno (11).

4. Scambiatore di calore geotermica secondo la rivendicazione 1 o 2 o 3, caratterizzato dal fatto che le porzioni continue (14) di collegamento tra il tubo interno (11) ed il tubo esterno (12) sono disposte secondo superfici ad elicoide.

5. Scambiatore di calore secondo una qualunque delle rivendicazioni da 2 a 4, caratterizzato dal fatto che i tubi coassiali (11, 12) e le porzioni di collegamento (14) sono realizzati in un singolo pezzo di un materiale plastico estruso, quale il polipropilene o il polietilene ad alta densità (HDPE, PXa).

6. Scambiatore di calore secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che i condotti (15, 16) per la mandata ed il ritorno del fluido di scambio termico hanno sezione assiale di forma allungata verticalmente.

7. Scambiatore di calore secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che nella camera (13) è formato almeno un ulteriore condotto (17) avente un'apertura inferiore per iniettare un ulteriore fluido all'esterno della sonda.

8. Scambiatore di calore secondo una qualunque delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che comprende inoltre:

- un collare (30) saldamente fissato ad un'estremità inferiore di almeno uno dei tubi coassiali (11, 12),
- un corpo anulare (40) bloccabile in modo svincolabile ad un utensile di perforazione (20) accolto almeno parzialmente nella cavità assiale centrale (18) del tubo interno (11), e
- mezzi di accoppiamento atti ad vincolare reciprocamente il corpo anulare (40) al collare (30) in direzione assiale, permettendo nel contempo la rotazione relativa del corpo anulare (40) rispetto al collare (30).

9. Scambiatore di calore secondo la rivendicazione 8, caratterizzato dal fatto che il corpo anulare (40) è una corona di alesaggio avente diametro esterno corrispondente a quello del tubo esterno (12) e provvista inferiormente di mezzi disagregatori (42) del terreno.

10. Scambiatore di calore secondo la rivendicazione 8 o 9, caratterizzato dal fatto che i mezzi di vincolo (41) tra il corpo anulare (40) e l'utensile (20) includono un meccanismo a baionetta.

11. Procedimento per inserire uno scambiatore di calore nel terreno, comprendente le fasi di:

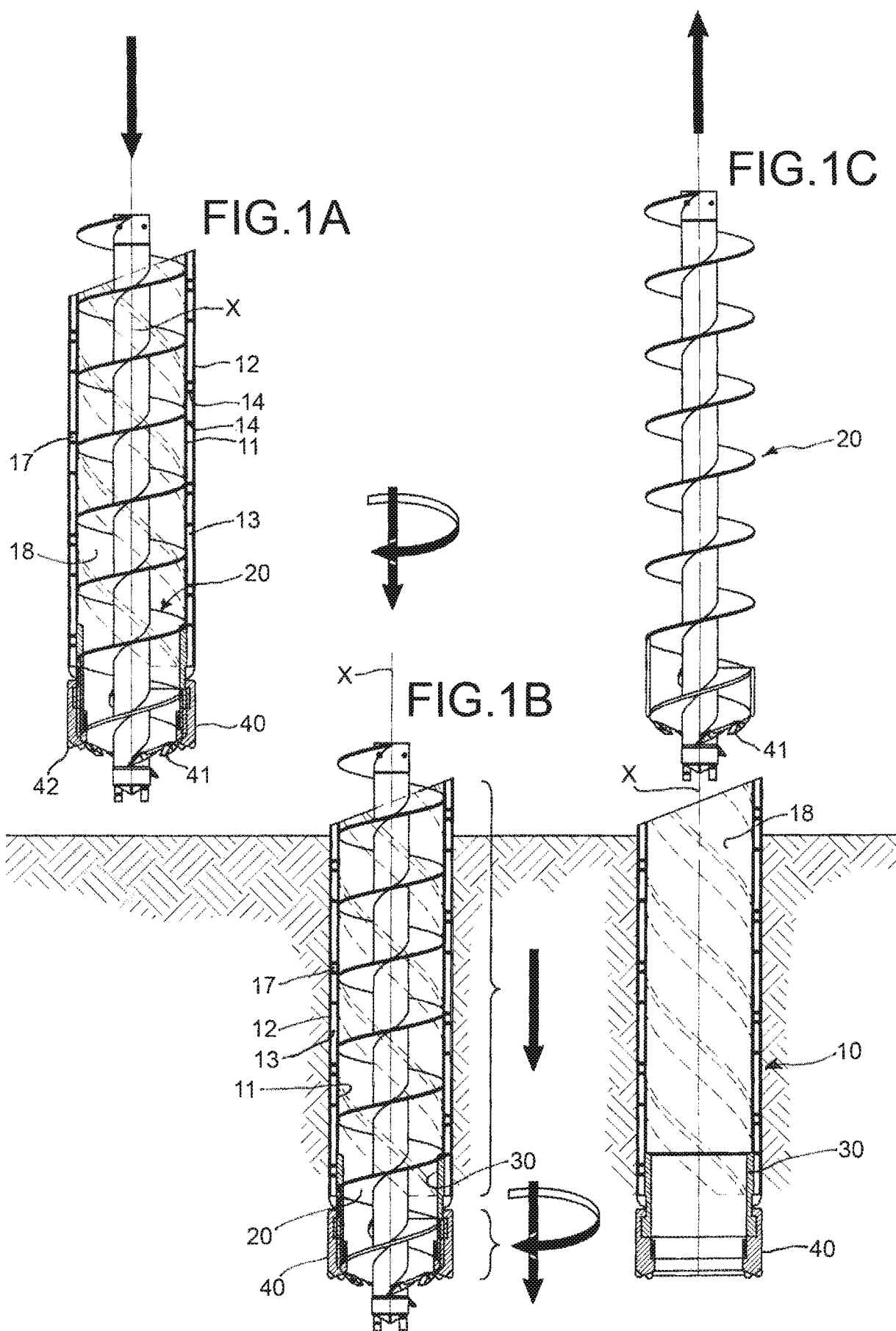
- predisporre uno scambiatore di calore (10) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti ed avente

- due tubi coassiali rettilinei (11, 12) solidali l'uno all'altro,
- una camera tubolare periferica (13) tra il tubo interno (11) ed il tubo esterno (12),
- una pluralità di condotti inclusi nella camera periferica (13) e comprendenti almeno un condotto di mandata (15) che corre dalla sommità al fondo della camera (13) ed almeno un condotto di ritorno (16) che corre dal fondo della camera alla sua sommità (16) per la circolazione di un fluido di scambio termico in un impianto geotermico,
- una cavità centrale assiale (18) formata dal tubo interno (11) ed aperta da cima a fondo;

- predisporre un utensile perforatore (20) accolto almeno parzialmente nella cavità assiale centrale (18) del tubo interno (11);
- vincolare l'utensile (20) ad una parte inferiore (40) dello scambiatore;

- azionare l'utensile (20) in modo tale da perforare il terreno, con conseguente trascinamento dello scambiatore verso il basso.

12. Procedimento secondo la rivendicazione 11, comprendente inoltre la fase finale di recuperare l'utensile (20) sollevandolo ed estraendolo attraverso la cavità centrale (18).



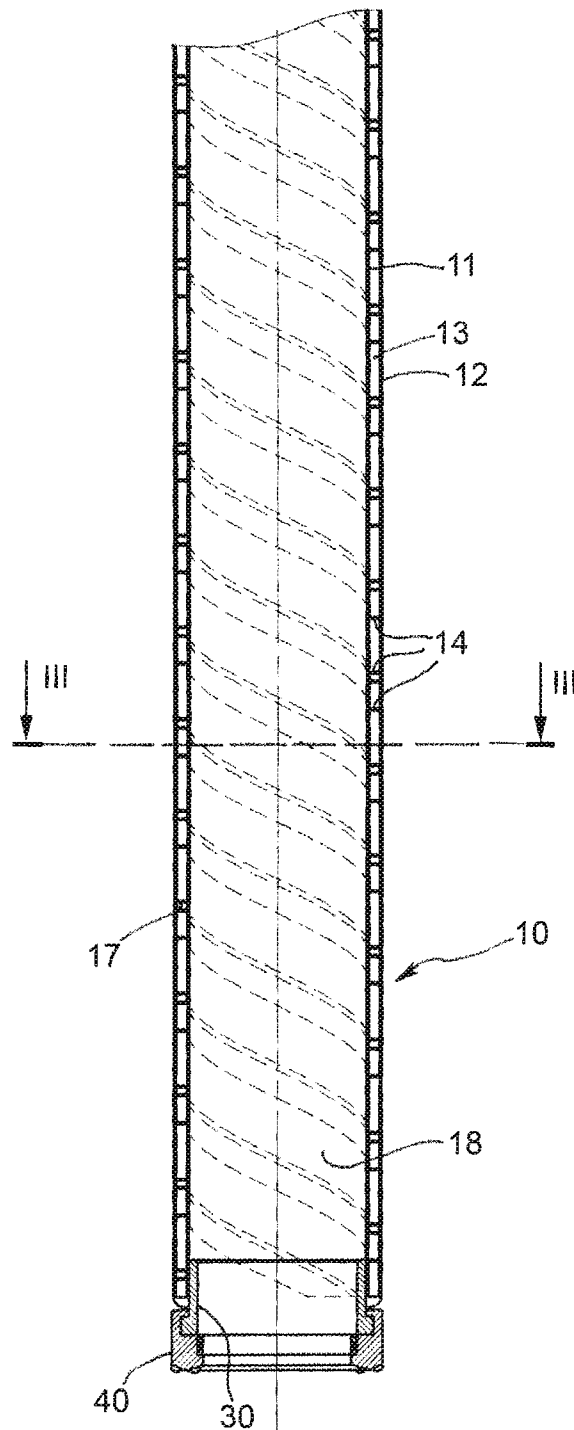


FIG. 2

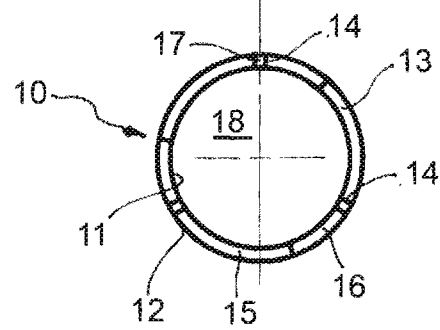


FIG. 3

