



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

DOMANDA NUMERO	102007901497691
Data Deposito	26/02/2007
Data Pubblicazione	26/08/2008

Titolo

IMPIANTO DI DISTILLAZIONE DI ACQUA PER USO INIETTABILE

DESCRIZIONE

La presente invenzione si riferisce ad un impianto di distillazione di liquidi per preparazioni iniettabili e simili, e specificamente ad un impianto di distillazione di acqua per uso iniettabile mediante evaporazione di acqua di alimentazione, 5
atta ad una preliminare produzione di vapore puro, e successiva condensazione di detto vapore puro.

La presente invenzione illustra altresì un relativo metodo di distillazione di liquidi per preparazioni iniettabili e simili.

La presente invenzione trova applicazione nel settore della costruzione di 10
impianti ed apparati per la separazione di miscele complesse e per la purificazione di sostanze, in particolare nell'allestimento di tecnologie di cui tipicamente si dotano laboratori; strutture ospedaliere; ed impianti industriali destinati al trattamento di soluzioni quali l'acqua, con speciale riferimento alle applicazioni in campo biofarmaceutico.

15 Nel settore della produzione di acqua per usi farmaceutici, nella fattispecie, la distillazione rappresenta lo stadio finale di purificazione cui viene sottoposta acqua che ha già subito trattamenti preliminari di depurazione, quali ad esempio la demineralizzazione.

Comunemente, gli impianti di distillazione di acqua per iniettabili, di prassi 20
indicata con la dicitura "water for injection", basandosi sulla preventiva evaporazione per la generazione di vapore puro e la separazione di questo da un residuo di impurità non volativi, risentono notevolmente di problematiche di scarso rendimento energetico.

La quantità di energia che deve essere fornita per l'evaporazione di ogni unità di 25
soluzione, infatti, a fronte delle perdite di impianto, rende spesso gli apparati di

distillazione antieconomici.

I consumi addebitabili all'evaporazione incidono pesantemente così sull'economia di esercizio di tutte le tipologie di impianti di distillazione attualmente in uso, tra loro distinte per le modalità di erogazione di energia
5 necessaria alla vaporizzazione della soluzione, ad esempio a termocompressione, a semplice o multiplo effetto ovvero a caduta di film, la produttività risultandone molto condizionata.

Inoltre, in relazione alle differenti modalità di realizzazione dell'evaporazione della soluzione di alimentazione negli impianti di distillazione in uso in tecnica
10 nota, si presentano rispettivi inconvenienti e complicazioni costruttive.

Gli inconvenienti più frequentemente riscontrabili in tecnica nota sono la poca affidabilità nel garantire una qualità costante del vapore puro prodotto; una difficoltà di mantenimento del sistema in pressione; una considerevole inerzia e difficoltà al raggiungimento della pressione di lavoro e/o di effettuare un
15 degasaggio termico in pressione della soluzione di alimentazione all'inizio del processo di distillazione; la necessità di una frequente manutenzione degli scambiatori di calore; una inefficiente capacità di regolazione dell'erogazione di energia di vaporizzazione in funzione della portata di distillato che si intende istantaneamente produrre.

20 Gli scambiatori di calore attualmente in uso nel settore della distillazione impiegano resistenze elettriche o fasci tubieri nei quali scorre un fluido primario per cedere calore ad un fluido secondario da evaporare.

Da tali modalità di scambio di calore, discende la necessità costruttiva di un generatore di energia mantenuto all'interno dello stesso scambiatore di calore, in
25 modo che si instauri un reciproco contatto fisico utile allo scambio.

Generalmente, si determina l'esigenza costruttiva di avere corpi in immersione nella soluzione da evaporare per la cessione del calore necessario all'evaporazione.

Una tale soluzione costruttiva comporta complicazioni progettuali; ed implica
5 gli inconvenienti di una consistente dispersione del calore generato nonché il rischio di contaminazione dell'acqua.

Allo stato attuale della tecnica, nel settore di riferimento, non esistono un impianto ed un metodo di distillazione mediante evaporazione di una soluzione liquida e successiva condensazione, in grado di garantire l'erogazione di una
10 quantità controllabile di distillato altamente puro, con produzione prontamente regolabile a rapido raggiungimento delle condizioni di funzionamento a regime; ed al contempo tali da assicurare un elevato rendimento termico grazie ad una ottimizzata modalità di scambio di calore modulante.

Scopo della presente invenzione è dunque quello di risolvere i suddetti
15 problemi, proponendo un impianto di distillazione, ed un metodo di distillazione implementabile da un tale impianto di distillazione, così come definiti rispettivamente nella rivendicazione 1 e nella rivendicazione 15.

L'impianto di distillazione secondo la presente invenzione permette di
20 contemperare le istanze di un alto rendimento termico, e quindi di un proporzionale risparmio energetico, con le esigenze di una elevata purezza del vapore pulito prodotto e quindi di una superiore qualità del distillato ottenuto dalla condensazione di questo.

L'impianto di distillazione secondo la presente invenzione si rende pronto alla
25 produzione in tempi esigui dalla messa in funzione, raggiungendo rapidamente in ogni suo comparto la rispettiva pressione interna di lavoro.

La modalità di generazione di potenza energetica necessaria a realizzare il surriscaldamento della soluzione da trattare, e quindi ad indurne l'evaporazione nello scambiatore, è tale da permettere una costruzione dell'impianto in cui la fonte di tale potenza energetica è vantaggiosamente mantenuta all'esterno dello
5 scambiatore di calore.

La modalità di generazione di potenza energetica e lo scambio di calore associato avvengono in modo da ottimizzare il raggiungimento selettivo dell'obiettivo e minimizzare le dispersioni energetiche.

Il generatore di potenza energetica, in particolare, è concepito con criterio
10 modulante ed eroga energia adattandola in continuo automaticamente alla portata di distillato richiesta in uscita ed alla proporzionale quantità di soluzione introdotta mediante prelievo dal serbatoio di stoccaggio a monte dell'impianto.

Il vantaggio suddetto è conforme alla sempre più sentita esigenza di integrare negli equipaggiamenti utilizzati caratteristiche di flessibilità ed automatismi che
15 facilitino e rendano meno critico l'adattamento alle condizioni di utilizzo contingenti.

In questa prospettiva, l'impianto di distillazione secondo la presente invenzione determina una regolarizzazione ed un'ottimizzazione dei ritmi di produzione, non altrimenti conseguibili con gli impianti di tecnica nota.

20 Le soluzioni costruttive adottate, in particolare per il generatore di potenza energetica e l'associato scambiatore di calore, consentono di rendere l'impianto di distillazione secondo la presente invenzione nel suo complesso più compatto rispetto a quelli di tecnica nota e mediamente meno voluminoso di quelli convenzionali, così da richiedere minori costi di manutenzione e gestione.

25 La conseguente diminuzione degli ingombri si traduce inoltre in una

razionalizzazione dell'occupazione degli spazi negli impianti produttivi.

Ulteriori vantaggi, così come le caratteristiche e le modalità di impiego della presente invenzione risulteranno evidenti dalla seguente descrizione dettagliata di una sua forma di realizzazione preferita, presentata a scopo esemplificativo e non limitativo, facendo riferimento alle figure dei disegni allegati, in cui:

5 - la figura 1 è una prima schematizzazione di una prima forma di realizzazione dell'impianto di distillazione secondo la presente invenzione, atta ad illustrarne gli apparati componenti ed una relativa successione di rispettivi stadi operativi, dall'immissione di una soluzione da un serbatoio di stoccaggio all'estrazione di un distillato ottenuto dalla condensazione di un prodotto di
10 trattamento di detta soluzione liquida; e

 - la figura 2 è una seconda schematizzazione di una seconda forma di realizzazione dell'impianto di distillazione secondo la presente invenzione, atta ad illustrarne gli apparati componenti ed una relativa successione di rispettivi
15 stadi operativi, dall'immissione di una soluzione da un serbatoio di stoccaggio all'estrazione di un distillato ottenuto dalla condensazione di un prodotto di trattamento di detta soluzione liquida.

Per descrivere la presente invenzione si farà nel seguito riferimento alle figure sopra indicate.

20 Con riferimento alle figure 1 e 2, un impianto di distillazione 1 secondo la presente invenzione comprende un serbatoio di stoccaggio 10 della soluzione liquida da trattare per ottenere il distillato finale; mezzi di prelievo 11 di una data portata della suddetta soluzione liquida dal serbatoio 10 e di immissione in un circuito fluidodinamico dell'impianto 1; una camera di separazione di fase
25 100, atta ad ammetter tale data portata di soluzione liquida; uno scambiatore di

calore 30, in doppia connessione fluida a,b, rispettivamente sostanzialmente
liquida e gassosa, con la camera di separazione di fase 100, atto a realizzare una
preliminare evaporazione di una data corrente fluida di soluzione liquida,
richiamata nello scambiatore 30 dalla camera di separazione di fase 100; ed un
5 gruppo di condensazione 50 del vapore e di estrazione del distillato che ne
deriva.

I condotti 4, 5 che rispettivamente realizzano detta doppia connessione fluida
a,b con la camera di separazione 100, si chiudono sostanzialmente ad anello
sulla camera di separazione 100.

10 Il flusso fluido della soluzione liquida immessa, ad esempio forzatamente
mediante mezzi di prelievo quali una pompa 11 di alimentazione come una
elettropompa centrifuga multistadio, entra nel circuito fluidodinamico
dell'impianto 1 secondo la presente invenzione e viene ammesso nella camera di
separazione di fase 100 fino al raggiungimento di una corrispondente colonna
15 idrostatica H.

Il circuito fluidodinamica dell'impianto 1 è preferibilmente mantenuto a
pressione controllata, per un corretto svolgimento dei fenomeni che saranno di
seguito illustrati.

La corrente fluida che si instaura nello scambiatore di calore 30 a seguito del
20 richiamo dalla camera di separazione 100 è preferibilmente proporzionale alla
portata di soluzione liquida immessa nella camera di separazione 100.

Il fluido bifasico prodotto allo stadio dello scambiatore di calore 30, ove
l'evaporazione della corrente fluida può avere tipicamente luogo risultando
parziale, passa alla camera di separazione 100, ove si completa la scissione tra
25 fase liquida e fase vapore, il vapore così purificato essendo preferibilmente

prelevato, ad esempio sulla porzione sostanzialmente apicale della testa della camera di separazione di fase 100, mediante condotti di distillazione 6.

La doppia connessione fluida dello scambiatore di calore 30 alla camera di separazione 100 è realizzata mediante rispettive porzioni di circuito fluidodinamico comprendenti primi condotti di convogliamento 4 della suddetta corrente fluida dalla camera di separazione di fase 100 allo scambiatore di calore 30; e secondi condotti di convogliamento 5 alla camera di separazione di fase 100 del fluido bifasico prodotto in detto scambiatore di calore 30.

Il convogliamento del fluido bifasico prodotto nello scambiatore di calore 30 avviene preferibilmente ad una sezione della camera di separazione di fase 100 a livello sostanzialmente superiore alla colonna idrostatica H instauratasi.

I condotti 5 sono altresì configurati in modo da cooperare con la camera di operazione di fase 100 per indirizzare la fase vapore che compone il fluido bifasico preferibilmente in testa alla camera di separazione 100, e comunque in corrispondenza dei condotti di distillazione 6.

Una unità di controllo preferibilmente presiede alle operazioni eseguibili nella sequenza di stadi operativi previsti lungo il circuito fluidodinamico dell'impianto 1. L'unità di controllo può essere programmata per agire con modalità totalmente automatizzate ovvero può interfacciarsi, mediante un pannello selettivamente operabile, con tecnici addetti all'attuazione e/o al monitoraggio da remoto dei processi e delle strutture produttivi, onde permettere istantaneamente una gestione combinata ed interattiva dell'impianto di distillazione 1.

Sono contemplati mezzi di affinamento 7 della separazione di fase, preferibilmente posti sostanzialmente in testa alla camera di separazione di fase

100, atti a purificare ulteriormente il vapore che viene separato dal fluido bifasico in uscita dallo scambiatore di calore 30.

L'impianto di distillazione 1 secondo la presente invenzione comprende mezzi di generazione di potenza energetica, atti a cooperare con lo scambiatore di calore
5 30 in modo da erogare ad esso la potenza energetica necessaria a realizzare l'evaporazione programmata della corrente fluida che si crea al suo interno.

Tali mezzi di generazione di potenza energetica nella fattispecie comprendono un generatore di microonde elettromagnetiche 200, preferibilmente presentante struttura modulare.

10 In particolare, il generatore modulare di microonde elettromagnetiche 200 può comprendere una molteplicità di magnetron 201, ad esempio disposti in linea.

La componente elettrica delle microonde emesse dal generatore di microonde 200 trasferisce energia atta al riscaldamento della soluzione liquida all'interno dello scambiatore, l'effetto di assorbimento delle onde da parte della soluzione
15 essendo sostanzialmente cinetico.

Il trasferimento radiante allo scambiatore di calore 30 è preferibilmente regolato in modo tale per cui il generatore 200 sviluppa una potenza proporzionale al battente idrostatico che si instaura nello scambiatore di calore 30 al passaggio della suddetta corrente fluida di soluzione liquida.

20 La regolazione della potenza energetica sviluppata dal generatore di microonde elettromagnetiche 200, ad opera di detta unità di controllo attraverso ad esempio un organo rilevatore di potenza atto ad inviare un corrispondente segnale ad un attuatore di controllo dell'alimentazione, avviene dunque preferibilmente con modulazione proporzionale al battente idrostatico che si
25 instaura nello scambiatore di calore 30 al passaggio di detta corrente fluida.

Un tale battente idrostatico è ad esempio misurato da un sensore di livello posto nello scambiatore 30, connesso all'unità di controllo in modo che, sulla base dei dati da esso raccolti ed in rapporto a quelli ricavati dall'organo rilevatore di potenza, venga disposto lo stato dell'attuatore di controllo dell'alimentazione.

5 Viene così gestita la potenza erogata da ogni magnetron in relazione alla portata della corrente fluida che passa nello scambiatore ed, in ultima istanza, proporzionalmente alla portata di distillato richiesta in uscita.

Il generatore di microonde 200, così accoppiato allo scambiatore di calore 30 all'interno del quale viene concentrata l'energia emessa per il surriscaldamento della corrente fluida, può comprendere un adattatore ed un sintonizzatore per la
10 sintonizzazione della radiazione delle microonde allo scambiatore 30 ed al suo contenuto.

Oltre al suddetto adattatore e ad un sintonizzatore ad esempio del tipo conosciuto come 3-stub tuner, il generatore di microonde 200 comprende
15 preferibilmente un rilevatore di potenza secondo le modalità suddette, in comunicazione con l'unità di controllo al fine di valutare l'energia generata ed in proporzione riflessa, e quindi gestire nell'arco del processo produttivo i magnetron 201.

Il rilevatore di potenza, in particolare, trasmette segnali, analogici o digitali,
20 ad esempio in tensione in un range di 0÷10 Volt, elaborabili ad esempio da un PLC nell'unità di controllo atto ad impartire proporzionali comandi ad attuatori quali il suddetto attuatore di controllo dell'alimentazione.

Ciascun magnetron 201, testa remota atta alla generazione di microonde, è preferibilmente dotato di un isolatore integrato di protezione dalle onde riflesse.

25 Relativamente alle specifiche applicazioni delle due forme di realizzazione

preferite presentate in figura 1 e 2, la soluzione liquida che alimenta l'impianto 1 è acqua purificata.

Il distillato che ne risulta è acqua per uso iniettabile, nell'ambito tecnico di riferimento generalmente designata con la locuzione "water for injection".

5 I suddetti primi condotti di convogliamento 4 di soluzione liquida allo scambiatore di calore 30 comprendono un tratto presentante sezioni divergenti-convergenti.

Tali sezioni sono atte ad accelerare il flusso della corrispondente corrente fluida in entrata nello scambiatore di calore 30, aumentandone proporzionalmente il
10 numero di Reynolds.

La conformazione dei primi condotti di convogliamento 4 e dello scambiatore di calore 30 è tale che la loro cooperazione rende il flusso della corrente fluida turbolento, portando il numero di Reynolds oltre la soglia del flusso laminare.

La camera dello scambiatore di calore 30, per entrambe le forme di
15 realizzazione di figura 1 e 2, è distinta dalla camera di separazione di fase 100.

Grazie alla suddetta soluzione progettuale, si instaura nei condotti 4 un forte flusso turbolento che accresce l'efficienza energetica dello scambio termico nello scambiatore 30. La potenza energetica dei magnetron 201 e' trasmessa alla fase liquida della corrente fluida a flusso turbolento, determinandone una
20 repentina, verosimilmente parziale evaporazione.

Per effetto di tale parziale evaporazione, la pressione all'interno dello scambiatore di calore 30 cresce rapidamente, fino ad un valore predeterminato, preferibilmente mantenuto costante dal sistema di regolazione asservito all'unità di controllo in condizione di regime.

25 Nella camera dello scambiatore di calore 30 si instaura così un flusso bifasico

liquido-vapore.

I secondi condotti di convogliamento 5 sopra introdotti comprendono analogamente un tratto presentante sezioni convergenti-divergenti, atte ad ottenere una accelerazione del flusso fluido in uscita dallo scambiatore di calore 5 30, con riferimento essenzialmente alla fase vapore risultante dall'evaporazione che ha ivi avuto luogo, sospinta nei condotti 5 dall'avvenuto aumento di pressione.

Le reciproche proporzioni e le configurazioni dei condotti di convogliamento 5 e della camera di separazione 100 sono tali che l'immissione del flusso fluido 10 dallo scambiatore di calore 30 nel vano della camera di separazione di fase 100 a seguito della suddetta accelerazione avviene tangenzialmente rispetto all'interfaccia condotti-camera di separazione.

Il flusso fluido, ancora parzialmente bifasico, entra nella camera di separazione 100 preferibilmente angolato rispetto all'asse dei condotti 5, l'ingresso nel vano 15 sostanzialmente allargato della camera di separazione 100 essendo accompagnato da una congiunta repentina espansione.

Una espansione con un tale, forte gradiente negativo di pressione, procedura conosciuta in gergo tecnico come "flashing", è atta a produrre una ulteriore evaporazione di perfezionamento della separazione di particelle liquide residue 20 dal vapore, in seno al flusso fluido sostanzialmente bifasico a valle dello scambiatore 30.

La conformazione dell'interfaccia tra condotti 5 e camera di separazione 100 è tale da indurre un moto di avanzamento ciclonico del flusso entrante nella camera di separazione 100.

25 In virtù della forza centrifuga che si genera in associazione al moto di

avanzamento ciclonico, si verifica una ulteriore separazione delle fasi vapore e liquida.

Soggette a tale forza, infatti, le particelle liquide coalescono impattando sulle pareti della camera di separazione 100, fino a confluire al fondo di essa, ove è
5 contenuta la soluzione liquida ammessa dal serbatoio, raccogliendovisi come condensa.

L'effetto sinergico della repentina espansione, o flash bifasico, in combinazione con il movimento ciclonico tangenziale, assicura una approfondita e netta separazione tra le goccioline liquide condensate e la fase vapore che viene
10 preferibilmente convogliata in testa alla camera di separazione 100.

Una procedura spinta di espansione così attuata favorisce, inoltre, una preventiva separazione e segregazione delle particelle di gas incondensabili quali CO_2 , N_2 , e O_2 , definitivamente allontanabili nella successiva fase di stoccaggio.

Sono altresì previsti mezzi di affinamento 7 della separazione di fase,
15 preferibilmente posti sostanzialmente in testa alla camera di separazione di fase 100, atti a purificare ulteriormente la fase vapore, al fine di pervenire ad una alta qualità del vapore puro prodotto.

Tali mezzi di affinamento 7 della separazione di fase sono ad esempio delle trappole meccaniche, atte a favorire la coalescenza di eventuali trascinamenti
20 liquidi e quindi ad impedire l'inquinamento della fase gassosa.

In questo modo si perviene alla produzione di vapore puro, sterile, libero da ogni particella sospesa e/o da ioni metallici nonché apirogeno, in conformità alle Farmacopee Europea e Statunitense (EU-Ph. 5 e USP 29).

In particolare, a seguito di analisi eseguite in linea su vapore puro prodotto con
25 l'impianto di distillazione 1 secondo la presente invenzione allo scopo di

rintracciare una eventuale contaminazione da carbonio organico totale, parametro comunemente designato con la sigla T.O.C, i valori monitorati si sono dimostrati sistematicamente al di sotto del limite consentito di 0.5 ppm.

La conducibilità elettrica del distillato a temperatura di 25°C è di 1,3µS/cm.

5 Inoltre è stato riscontrato con analisi non il linea che il valore di endotossine si mantiene al di sotto del valore di 0.25 EU/ml.

Un' idonea strumentazione di misura e sensoristica, opportunamente installata lungo il circuito fluidodinamico all'interno dell'impianto di distillazione 1 secondo la presente invenzione, consente di tenere automaticamente sotto
10 controllo i parametri operativi fondamentali dell'impianto quali temperatura, pressione, portata, velocità di flusso, conducibilità.

La strumentazione atta al controllo dei parametri di processo presiede, tra l'altro, al controllo e mantenimento della pressione del vapore puro, al controllo e mantenimento del livello nel serbatoio di stoccaggio 10 della soluzione liquida
15 di alimento; al controllo e mantenimento del livello della soluzione liquida ammessa nella camera di separazione 100; al controllo della velocità del fluido in ingresso allo scambiatore di calore 30, ad esempio mediante un trasmettitore di portata; al controllo della temperatura e pressione all'interno dello scambiatore di calore 30; al controllo e regolazione della potenza erogata dal
20 generatore a microonde 200 in funzione del consumo e del battente liquido instauratosi all'interno dello scambiatore di calore 30.

La temperatura del distillato in uscita, nella fattispecie acqua per applicazioni iniettabili, è preferibilmente compresa tra $85^{\circ}\text{C} \leq T \leq 95^{\circ}\text{C}$.

Per una buna resistenza ed un allungato ciclo di vita, le parti degli apparati
25 dell'impianto di distillazione 1 a contatto con il fluido durante il processo

produttivo sono realizzate ad esempio in acciaio inox AISI TP316L, preferibilmente con superfici presentati rugosità media $Ra \leq 0,6$, decapate e passivate.

Può esser realizzato un isolamento termico in lamierino inox AISI 304 lucido.

- 5 Il serbatoio di stoccaggio dell'acqua di alimento è preferibilmente di tipo verticale, le parti a contatto con il fluido durante il processo produttivo potendo essere realizzate in acciaio inox AISI TP316L, e presenta superfici con rugosità $RA \leq 0,6$ decapate e passivate.

Le saldature per l'assemblaggio degli apparati dell'impianto secondo la presente
10 invenzione possono essere realizzate in atmosfera protetta di gas inerte e, con particolare riferimento alle applicazioni biomediche sopra descritte, la componentistica è di tipo sanitario.

La struttura di sostegno può essere in acciaio inox AISI 304, preferibilmente satinato.

- 15 Un quadro elettrico di comando e controllo del circuito di distribuzione di energia elettrica all'impianto può essere realizzato in acciaio inox AISI 304, preferibilmente satinato.

L'impianto di distillazione 1 secondo la presente invenzione può presentare due
20 distinte forme di realizzazione, a seconda della configurazione di assemblaggio dello scambiatore di calore 30 relativamente alla camera di separazione di fase 100.

Secondo una prima forma di realizzazione, schematizzata in figura 1, lo scambiatore di calore 30 è assemblato in configurazione sostanzialmente perpendicolare alla camera di separazione di fase 100.

Secondo una seconda forma di realizzazione, schematizzata in figura 2, lo scambiatore di calore 30 è invece assemblato in configurazione sostanzialmente parallela rispetto alla camera di separazione di fase 100.

Conformemente alle rispettive varianti costruttive, saranno adattati i condotti di ammissione nella camera di separazione di fase 100 di detta portata di soluzione liquida ed i condotti 4 di richiamo e prelievo di tale soluzione liquida verso lo scambiatore di calore 30.

Si configura altresì come oggetto della presente domanda di brevetto un metodo di distillazione mediante evaporazione di una soluzione liquida e successiva condensazione.

Un tale metodo comprende i passi di prelevare una data portata di una soluzione liquida da un serbatoio di stoccaggio 10, immettendola, preferibilmente forzatamente, in un circuito fluidodinamico dell'impianto di distillazione 1; mandare poi una tale portata di soluzione liquida in una camera di separazione di fase 100, preferibilmente fino al raggiungimento di una corrispondente colonna idrostatica H nella camera di separazione; mandare una proporzionale corrente fluida della soluzione liquida in uno scambiatore di calore 30 presentante doppia connessione fluida a,b, rispettivamente sostanzialmente liquida e gassosa, con la camera di separazione di fase 100; attuare una generazione modulare di microonde elettromagnetiche 200 in modo da erogare allo scambiatore di calore 30, mediante trasferimento radiante, una potenza energetica proporzionale al battente idrostatico che si instaura nello scambiatore di calore 30 al passaggio della suddetta corrente fluida di detta soluzione liquida; e quindi realizzare una preliminare, parziale evaporazione della corrente fluida, richiamata nello scambiatore 30 dalla camera di separazione di fase 100.

Il metodo di distillazione secondo la presente invenzione può inoltre prevedere il passo di accelerare preliminarmente il flusso fluido in uscita dallo scambiatore di calore 30, e di immettere quindi tale flusso fluido nel vano della camera di separazione di fase 100, a seguito dell'accelerazione impressa, tangenzialmente
5 rispetto all'interfaccia tra condotti 5 e la camera di separazione 100.

In questo modo, come sopra illustrato, il flusso risulta angolato rispetto all'asse dei condotti 5 di connessione fluida.

Viene di conseguenza generato un moto di avanzamento ciclonico del flusso fluido all'interno della camera di separazione 100, ottenendo così, in virtù della
10 forza centrifuga che si sviluppa, una ulteriore separazione delle fasi vapore e liquida.

Il passo di realizzare una preliminare evaporazione all'interno dello scambiatore di calore 30 può associato ad un seguente passo di espandere repentinamente il flusso fluido in concomitanza alla sua immissione nel vano della camera di
15 separazione di fase 100, in modo da produrre una ulteriore evaporazione di perfezionamento della separazione, in seno al flusso fluido ancora parzialmente bifasico all'entrata nel vano, di particelle liquide residue dal vapore.

Un tale passo di espansione repentina viene detto flashing.

Il metodo di distillazione secondo la presente invenzione può inoltre
20 comprendente il passo di generare un moto turbolento in seno alla corrente fluida di soluzione liquida, in concomitanza al passo di mandata nello scambiatore di calore 30.

Il moto turbolento della corrente fluida promuove lo scambio di calore, facilitando il surriscaldamento e l'evaporazione.

A valle del circuito fluidodinamico dell'impianto 1, il processo produttivo si conclude con il passo di condensare la fase vapore del flusso fluido, prelevandola in testa alla camera di separazione di fase 100, e di estrarne il distillato per lo stoccaggio.

- 5 Il trasferimento di energia radiante associato all'emissione di microonde ottiene un pressoché istantaneo super-riscaldamento localizzato del fluido.

Le reazioni promosse da una tale modalità di trasferimento di energia sono dunque più veloci ed avvengono con efficienza e resa maggiori che con il riscaldamento attraverso metodi tradizionali.

- 10 La possibilità di controllo dei parametri operativi e di processo, riconducibile alla capacità del generatore di microonde 200 di modulare la potenza erogata in funzione delle necessità contingenti, garantisce un elevato grado di riproducibilità delle procedure di produzione di vapore puro e di acq per applicazioni iniettabili.

- 15 In virtù del riscaldamento della soluzione liquida attuato attraverso un generatore di microonde 200, vantaggiosamente si innesca un "volano termico" che mantiene in agitazione termica le particelle della soluzione anche quando il generatore di microonde 200 è in stato di stand-by. Questo meccanismo di "volano termico" permette ancora un notevole risparmio di energia elettrica.

- 20 Le microonde generate, agiscono selettivamente solo sul fluido e non sul corpo dello scambiatore, il rendimento della macchina risultandone incrementato.

La struttura compatta ed il facile assemblaggio dell'impianto di distillazione 1 secondo la presente invenzione vantaggiosamente implicano costi di manutenzione inferiori rispetto agli impianti di tecnica nota, affetti da

- 25 complicazioni costruttive.

La presente invenzione è stata fin qui descritta secondo una sua forma di realizzazione preferita, presentata a scopo esemplificativo e non limitativo.

All'impianto di distillazione 1 ed al relativo metodo di distillazione sopra descritti, un tecnico del ramo, allo scopo di soddisfare ulteriori e contingenti esigenze, potrà apportare numerose ulteriori modifiche e varianti, tutte peraltro
5 comprese nell'ambito di protezione della presente invenzione, quale definito dalle rivendicazioni allegate.

RIVENDICAZIONI

1. Impianto di distillazione (1) mediante evaporazione di una soluzione liquida e successiva condensazione, comprendente:
- una unità di controllo, atta alla gestione dei processi produttivi ed al controllo dei parametri di processo;
 - un serbatoio di stoccaggio (10) di detta soluzione liquida;
 - mezzi di prelievo (11) di una data portata di detta soluzione liquida da detto serbatoio (10) e di immissione in un circuito fluidodinamico di detto impianto (1);
 - una camera di separazione di fase (100), atta ad ammettere detta data portata di soluzione liquida;
 - uno scambiatore di calore (30), in doppia connessione fluida (a,b) con detta camera di separazione di fase (100), atto a realizzare una preliminare evaporazione di una data corrente fluida di detta soluzione liquida, richiamata in detto scambiatore (30) da detta camera di separazione di fase (100);
 - mezzi di generazione di potenza energetica, atti a cooperare con detto scambiatore di calore (30) in modo da erogargli la potenza energetica necessaria a realizzare detta evaporazione;
- in cui detti mezzi di generazione di potenza energetica comprendono un generatore modulare di microonde elettromagnetiche (200), cooperante con detta unità di controllo nel senso di regolare la potenza energetica sviluppata proporzionalmente al battente idrostatico che si instaura in detto scambiatore di calore (30) al passaggio di detta corrente fluida di detta soluzione liquida.
2. Impianto di distillazione (1) secondo la rivendicazione 1, in cui detta soluzione liquida è acqua purificata di alimento e detto distillato è acqua per suo

iniettabile.

3. Impianto di distillazione (1) secondo la rivendicazione 1 o 2, comprendente altresì mezzi di affinamento (7) di detta separazione di fase, atti a purificare ulteriormente detto vapore.
- 5 4. Impianto di distillazione (1) secondo la rivendicazione 3, in cui detti mezzi di affinamento (7) di detta separazione di fase sono trappole meccaniche, poste sostanzialmente in testa a detta camera di separazione di fase (100).
5. Impianto di distillazione (1) secondo una delle rivendicazioni da 1 a 4, in cui detta unità di controllo coopera con detto generatore modulare di
10 microonde elettromagnetiche (200), nel senso di regolare la potenza energetica da esso sviluppata proporzionalmente al battente idrostatico che si instaura in detto scambiatore di calore (30) al passaggio di detta corrente fluida ed in ultima istanza proporzionalmente alla portata di distillato richiesta in uscita.
6. Impianto di distillazione (1) secondo una delle rivendicazioni da 1 a 5, in
15 cui detto generatore modulare di microonde elettromagnetiche (200) comprende una molteplicità di magnetron.
7. Impianto di distillazione (1) secondo la rivendicazione 6, in cui detti magnetron sono in linea.
8. Impianto di distillazione (1) secondo una delle rivendicazioni da 1 a 7, in
20 cui detta doppia connessione fluida (a,b) è rispettivamente sostanzialmente liquida e gassosa e comprende rispettivamente:
 - primi condotti di convogliamento (4) di detta corrente fluida da detta camera di separazione di fase (100) a detto scambiatore di calore (30); e
 - secondi condotti di convogliamento (5) a detta camera di separazione di fase
25 (100) di un flusso fluido prodotto in detto scambiatore di calore (30) e/o di

indirizzamento di detto flusso fluido in testa a detta camera di separazione (100);

5 **9.** Impianto di distillazione (1) secondo una delle rivendicazioni da 1 a 8, in cui detti primi condotti di convogliamento (4) comprendono un tratto presentante sezioni divergenti-convergenti atte ad accelerare il flusso di detta corrente fluida in entrata in detto scambiatore di calore (30), aumentandone proporzionalmente il numero di Reynolds.

10 **10.** Impianto di distillazione (1) secondo la rivendicazione 9, in cui la conformazione di detti primi condotti di convogliamento (4) e detto scambiatore di calore (30) è tale che la loro cooperazione rende detto flusso di detta corrente fluida turbolento, portando il numero di Reynolds oltre la soglia del flusso laminare.

15 **11.** Impianto di distillazione (1) secondo una delle rivendicazioni da 1 a 10, in cui detti secondi condotti di convogliamento (5) comprendono un tratto presentante sezioni convergenti-divergenti atte ad ottenere una accelerazione del flusso fluido in uscita da detto scambiatore di calore (30), le reciproche proporzioni e configurazioni di detti condotti di convogliamento (5) e di detta camera di separazione (100) essendo tali che l'immissione di detto flusso fluido da detto scambiatore di calore (30) nel vano di detta camera di separazione di fase (100) a seguito di detta accelerazione avviene tangenzialmente rispetto all'interfaccia tra condotti (5) e camera di separazione (100).

25 **12.** Impianto di distillazione (1) secondo la rivendicazione 11, in cui detta preliminare evaporazione in detto scambiatore di calore (30) è parziale e le reciproche proporzioni e configurazioni di detti condotti di convogliamento (5) e di detta camera di separazione (100) sono tali che l'immissione nel vano di

detta camera di separazione di fase (100) di detto flusso fluido è accompagnata da una congiunta repentina espansione, atta a produrre una ulteriore evaporazione di perfezionamento della separazione, in seno a detto flusso fluido parzialmente bifasico, di particelle liquide residue dal vapore.

5 **13.** Impianto di distillazione (1) secondo la rivendicazione 11 o 12, in cui detta interfaccia tra i condotti di convogliamento (5) e la camera di separazione (100) è conformata in modo tale da generare un moto di avanzamento ciclonico del flusso entrante nella camera di separazione (100), atto ad ottenere, in virtù di una conseguente forza centrifuga, una ulteriore separazione delle fasi vapore e liquida.

14. Impianto di distillazione (1) secondo una delle rivendicazioni da 1 a 13, in cui detto scambiatore di calore (30) è assemblato in configurazione sostanzialmente perpendicolare a detta camera di separazione di fase (100).

15 **15.** Impianto di distillazione (1) secondo una delle rivendicazioni da 1 a 13, in cui scambiatore di calore (30) è assemblato in configurazione sostanzialmente parallela rispetto a detta camera di separazione di fase (100).

16. Metodo di distillazione mediante evaporazione di una soluzione liquida e successiva condensazione, comprendente i passi di:

20 - prelevare una data portata di una soluzione liquida da un serbatoio di stoccaggio (10) immettendola in un circuito fluidodinamico di un impianto di distillazione (1);

- mandare detta portata di soluzione liquida in una camera di separazione di fase (100), fino al raggiungimento di una corrispondente colonna idrostatica (H) in detta camera di separazione;

25 - mandare una proporzionale corrente fluida di detta soluzione liquida in

uno scambiatore di calore (30) presentante doppia connessione fluida (a,b),
rispettivamente sostanzialmente liquida e gassosa, con detta camera di
separazione di fase (100);

- attuare una generazione di microonde elettromagnetiche (200) modulata
5 in modo da erogare a detto scambiatore di calore (30), mediante trasferimento
radiante, una potenza energetica proporzionale al battente idrostatico che si
instaura in detto scambiatore di calore (30) all'immissione di detta corrente
fluida di detta soluzione liquida; e
- realizzare una preliminare evaporazione di detta corrente fluida,
10 richiamata in detto scambiatore (30) da detta camera di separazione di fase
(100).

17. Metodo di distillazione secondo la rivendicazione 16, comprendente
inoltre il passo accelerare detto flusso fluido in uscita da detto scambiatore di
calore (30), e di immettere quindi detto flusso fluido nel vano di detta camera di
15 separazione di fase (100) a seguito di detta accelerazione tangenzialmente
rispetto all'interfaccia tra condotti (5) di convogliamento a detta camera di
separazione di fase (100) di detto flusso fluido e detta camera di separazione
(100), in modo che il flusso risulti angolato rispetto all'asse di detti condotti (5).

18. Metodo di distillazione secondo la rivendicazione 16 o 17, in cui detto
20 passo di realizzare una preliminare evaporazione è associato ad un passo di
espandere repentinamente detto flusso fluido in concomitanza alla sua
immissione in detto vano di detta camera di separazione di fase (100), in modo
da produrre una ulteriore evaporazione di perfezionamento della separazione, in
seno a detto flusso fluido parzialmente bifasico, di particelle liquide residue dal
25 vapore.

19. Metodo di distillazione secondo una delle rivendicazioni da 16 a 18, comprendente il passo di conferire al flusso fluido immesso nel vano di detta camera di separazione di fase (100) un moto di avanzamento ciclonico di detto flusso fluido, ottenendo, in virtù di una conseguente forza centrifuga agente su detto flusso fluido, una ulteriore reciproca separazione delle fasi vapore e liquida.

20. Metodo di distillazione secondo una delle rivendicazioni da 16 a 19, comprendente il passo di generare un moto turbolento in seno a detta corrente fluida di detta soluzione liquida, in concomitanza al passo di mandata in detto scambiatore di calore (30).

21. Metodo di distillazione secondo una delle rivendicazioni da 16 a 20 comprendente il passo di condensare la fase vapore di detto flusso fluido prelevandolo in testa a detta camera di separazione di fase (100) e di estrarne il distillato.

15 **p.p.: UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA "LA SAPIENZA"**

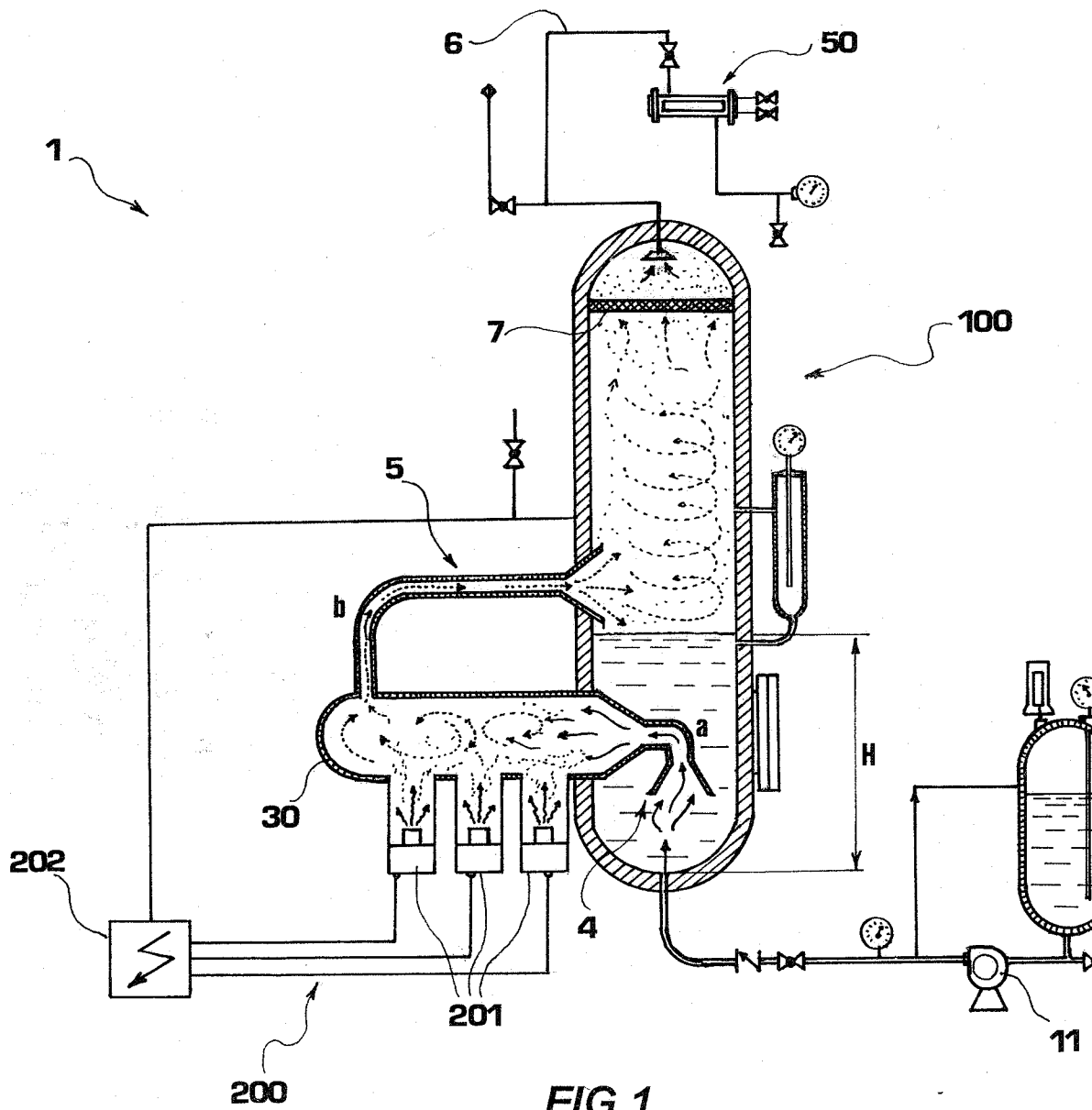


FIG. 1

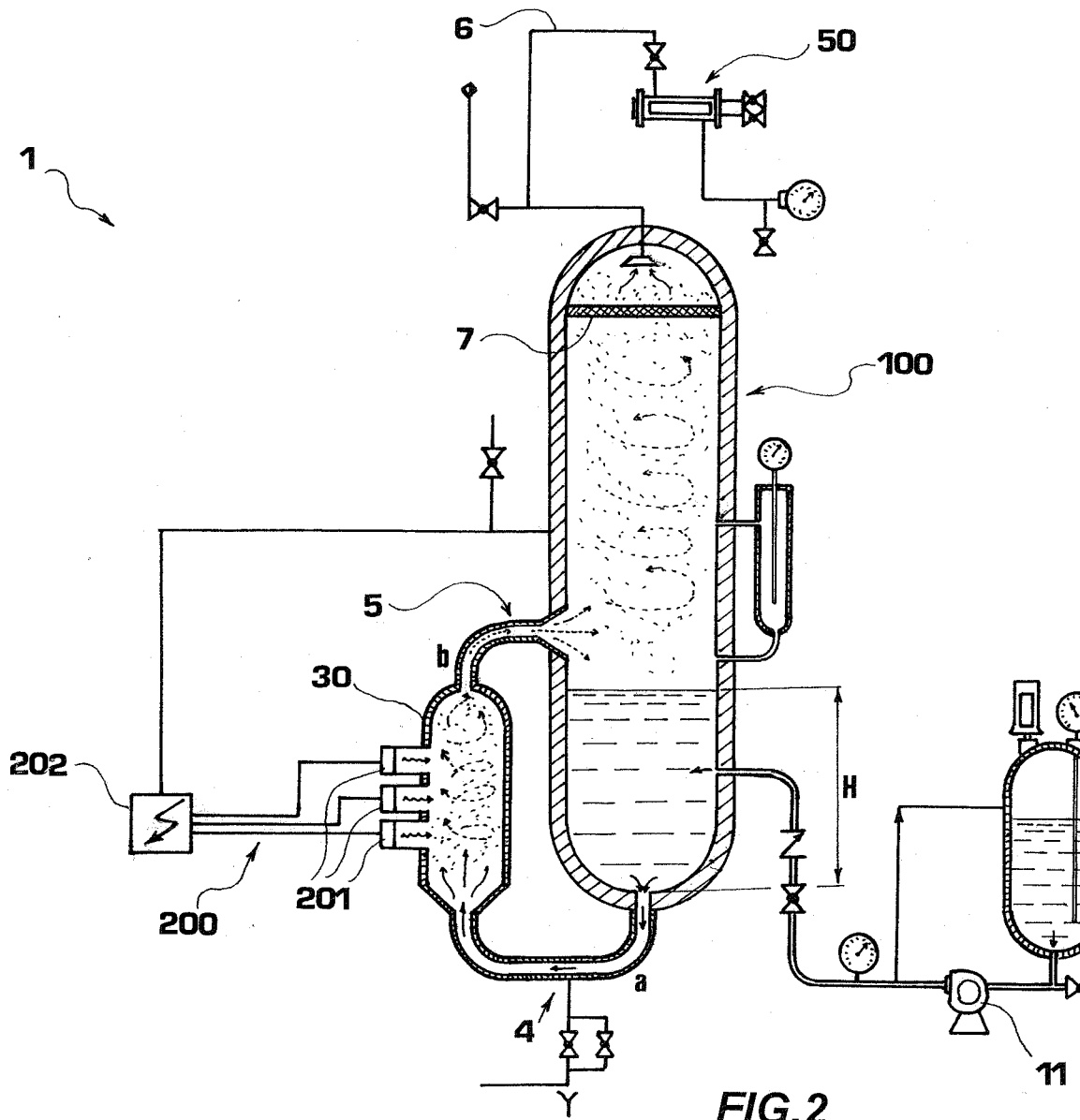


FIG. 2