



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA TUTELA DELLA PROPRIETA' INDUSTRIALE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

UIBM

DOMANDA NUMERO	101995900426171
Data Deposito	08/03/1995
Data Pubblicazione	08/09/1996

Priorità	08/249.183
Nazione Priorità	DE
Data Deposito Priorità	

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	22	B		

Titolo

PERFEZIONAMENTO NELLE CALDAIE E GENERATORI DI VAPORE A SINGOLO ATTRAVERSAMENTO, CON TUBI E NERVATURE SINGOLE E MULTIPLE.

DESCRIZIONE

RM 95 . . 5001 401

a corredo della domanda di brevetto per invenzione
avente per titolo: "Perfezionamento nelle caldaie e
generatori di vapore a singolo attraversamento, con
tubi a nervature singole e multiple"

a nome: The Babcock & Wilcox Company

Campo tecnico e precedenti dell'Invenzione

La presente invenzione si riferisce genericamente a caldaie o generatori di vapore per la generazione di energia elettrica e, in particolare, a un nuovo ed utile progetto di una caldaia a singolo attraversamento a pressione variabile utilizzando sia tubi a nervatura singola che tubi a nervature multiple.

Nel campo delle centrali elettriche, sin dal 1926 si sono utilizzate caldaie a singolo attraversamento. IL progetto della caldaia a singolo attraversamento comprende la previsione di un funzionamento a pressione variabile per adattarsi alla pressione del vapore supercritica. Come mostrato in figura 1, una pompa 8 di alimentazione della caldaia per il sistema 10 prevede tutta la testa di azionamento per forzare l'acqua attraverso un economizzatore 11, un evaporatore 12, e un

ING. BARZANO' & ZANARDO ROMA S.p.A.

surriscaldatore 14 che può essere utilizzato insieme ad un separatore 13. L'acqua viene fatta evaporare continuamente sino a secchezza e quindi surriscaldata senza alcuna separazione di vapor d'acqua. Questo procedimento di circolazione è applicabile a tutte le pressioni operative, ovverosia supercritiche (maggiore di 3208 libbre a pollice quadrato assolute) e subcritiche (inferiori a 3208 libbre a pollice quadrato assoluto). Tipicamente, il sistema 10 utilizza un circuito con camera di combustione a spirale per l'evaporatore 12 poiché un progetto a tubo verticale è più sensibile a riscaldamenti non uniformi da tubo a tubo. Tuttavia, per le operazioni di avvio e a bassi carichi, sono necessari particolari sistemi di by-pass.

Per adattarsi alle condizioni operative di avvio e a basso carico, si sono utilizzati progetti per caldaie a singolo attraversamento con sistemi di ricircolo sovrapposti 10a e 10b che sono illustrati nelle figure 2 e 3. Questi sistemi di ricircolo consentono un ricircolo parziale del fluido sulle pareti della camera di combustione al fine di aumentare la velocità del fluido nei tubi dell'evaporatore incorporando pompe di circolazione 15 e fori 16. Il disegno consente in molte applicazioni

che la camera di combustione 12 rimanga a pressione costante, tipicamente pressione supercritica, e utilizzi un separatore o serbatoio 13 istantaneo per ridurre la pressione del surriscaldatore a pressioni subcritiche all'avvio e con carichi bassi. Questi tipi di sistemi 10a e 10b di caldaia a singolo attraversamento utilizzano tipicamente un progetto di evaporatore a tubi per camere di combustione verticali.

Progetti di caldaie a singolo attraversamento che utilizzano sia evaporatori a camera di combustione a tubi a spirale che verticali sono stati venduti da molti fabbricanti di caldaie. Questi disegni sono stati sviluppati sia per pressioni di vapore supercritiche che subcritiche. Tuttavia, una caldaia a singolo attraversamento a tubi verticali per applicazioni con pressioni variabili è stata posta in funzione di recente. Il funzionamento a pressione variabile di questa caldaia a singolo attraversamento a tubi verticali è limitato a circa il 40% del carico minimo a causa delle necessità di flusso dell'evaporatore. Eccetto che per alcuni combustibili e dimensioni di camere di combustione a tubi a spirale, una camera di combustione a tubi a spirale non presenta questa limitazione. Per queste poche

eccezioni, si ha un flusso minimo più elevato di quanto desiderato a causa dei requisiti del flusso dell'evaporatore. La camera di combustione con tubi a spirale consente una maggiore libertà per far corrispondere il diametro del tubo e la velocità di massa della camera di combustione per assicurare il raffreddamento dei tubi e la stabilità di flusso nei tubi dell'evaporatore a camera di combustione paralleli. Consente inoltre che ciascun tubo della camera di combustione si estende attraverso tutte le varie zone termiche nella camera di combustione, in maniera tale da mantenere ad un valore minimo le differenze nella entrata di calore globale tra i tubi.

Lo sviluppo di una caldaia a singolo attraversamento a pressione variabile a tubi verticali è necessario a causa dei costi elevati della soluzione della camera di combustione a spirale in confronto ad una soluzione a camera di combustione a tubi verticali. La costruzione di una caldaia a singolo attraversamento a circolazione forzata richiede l'utilizzazione di un numero molto elevato di tubi paralleli, saldati insieme per formare pannelli a membrana. Un requisito fondamentale per l'integrità della parete a membrana è un fluido uniforme e la temperatura del metallo in tutti i tubi uniforme a

ciascun livello della camera di combustione. Fino ad oggi, il problema principale relativo alla struttura a tubi verticali è dovuto alla notevole differenza di riscaldamento tra i singoli tubi nella camera di combustione. In camere di combustione a tubi verticali, la differenza di riscaldamento tra i tubi è all'incirca pari a 2,5 volte rispetto alla struttura a camera di combustione a tubi a spirale. Valori tipici della velocità sono velocità di massa medie di 1.500.000 sino a 2.000.000 di libbre/ora per piede al quadrato, utilizzate nelle strutture attuali di caldaia a singolo attraversamento. Queste velocità di massa se sottoposte alle variazioni di assorbimento termico tipiche della camera di combustione periferica (che può essere 35% o più del valore medio) danno una variazione della velocità che diminuisce in grandezza. Questa tendenza è indicata come la caratteristica di singolo attraversamento di un tubo di caldaia. Nel funzionamento a singolo attraversamento, il cambio di velocità dovuto ad un aumento del calore è negativo, come mostrato in figura 4. Se si applica una entrata di calore eccessiva su un singolo tubo, si verifica una riduzione della velocità di massa del fluido in quel tubo, determinando un aumento aggiuntivo nella temperatura di uscita del fluido nel tubo.

Se i tubi della camera di combustione vengono fatti funzionare con velocità di massa ridotte, il risultato rispetto ad ogni singolo tubo che è esposto ad un calore eccessivo è un aumento della velocità di massa. Questo tipo di variazione nella velocità di massa è indicato come caratteristica di circolazione naturale. Per essere in grado di utilizzare velocità di massa inferiori per la struttura della camera di combustione di una caldaia a singolo attraversamento a tubi verticali è necessario utilizzare tubi con nervature nella zona del bruciatore per evitare l'allontanamento dall'ebollizione a nuclei (DNB).

Sono stati impiegati tubi a singola nervatura (SLR) dalla The Babcock & Wilcox Company (B&W), cessionaria della presente invenzione, in caldaie a pressione subcritica, a tubi verticali, a singolo attraversamento. Sono stati impiegati tubi a nervature multiple (MLR) dalla B&W in alcune applicazioni di caldaie a pressione supercritica, a tubi verticali, a singolo attraversamento, e a caldaie a tubi a spirale, a singolo attraversamento che funzionano sia a pressioni subcritiche che a pressioni supercritiche. Esempi delle geometrie di tubi SLR e MLR sono mostrate nelle figure 6-8. I brevetti U.S. No.

ING. ... S.p.A.

3.088.494 e 3.289.451 di Koch, et al., descrivono, rispettivamente, tubi di generazione di vapore con nervature per generatori di vapore con pressione subcritica, e un procedimento e un apparecchio per formare nervature elicoidali interne in un tubo del tipo descritto nel Brevetto U.S. No. 3.088.494.

Per questi tipi di tubi con nervature, le caratteristiche di trasferimento del calore dei tubi sono estremamente buone anche per velocità di massa basse del fluido attraverso i tubi. Generalmente, i tubi SLR consentono flussi termici più elevati rispetto ai tubi MLR per la stessa velocità di massa. La presentazione del trasferimento termico del tubo SLR è stata documentata nella letteratura disponibile. Vedere ad esempio:

(1) "The Effects of Nucleate Boiling Versus Film Boiling on Heat Transfer in Power Boiler Tubes", H.S. Swenson, J.R. Cerver, G. Szoeki, Journal of Engineering for Power, Trans. ASME, Oct. 1962, pp. 365-71;

(2) "Flow Boiling Crisis in Grooved Boiler-tubes", K. Nishikawa, T. Fujii, S. Yoshida and M. Ohno, Proceedings of the Fifth International Heat Transfer

- (7) "Fossil-Fuel-Fired Boilers: Fundamentals and Elements", J.B. Kitto and M.J. Albrecht, Chapter 6 of Boilers, Evaporators and Condensers, pp. 179-275, John Wiley and Sons, Inc.; e
- (8) "Heat Transfer Characteristics of Rifled Tuber in the Near Critical Pressure Region", Makio Iwabuchi, Mikio Tateiwa, Hisao Haneda, Proceedings of the 7th International Heat Transfer Conference, Vol. 5, 1982, pp. 313-18.

In una struttura di caldaia a pressione variabile, a tubi verticali a singolo attraversamento, l'utilizzazione dei tubi MLR descritti in precedenza non è sufficiente a sviluppare la struttura per un evaportore per camera di combustione ottimizzata migliore. La ragione principale è che velocità di massa più elevate devono essere utilizzate per evitare l'allontanamento dalla ebollizione a nucleo (DNB) e quindi il vantaggio della caratteristica della circolazione naturale viene perso. Inoltre, una velocità di massa più elevata richiede pompe di alimentazione più grandi e una maggiore energia, per cui si ha uno svantaggio economico. Problemi di trasferimento termico in prossimità di o molto vicini

al punto della pressione critica (3208 libbre a pollice quadrato assolute) si hanno utilizzando tubi MLR. Come descritto nel summenzionato riferimento 8, in prossimità o in corrispondenza del punto di pressione critica, l'effetto del vortice nei tubi MLR diminuisce, a causa della piccola differenza di densità tra il vapore e l'acqua, determinando condizioni di flusso termico critiche (CHF) a velocità di massa più elevate rispetto ai tubi SLR. Il CHF nei tubi determina temperature eccessive del metallo che devono essere evitate. Questo problema determina difficoltà nella progettazione di un evaporatore per camera di combustione per il funzionamento a pressione variabile a velocità di massa basse. Per il funzionamento a pressione variabile, esisterà un certo punto di carico in cui il flusso termico applicato al tubo sarà sufficientemente elevato per cui il trasferimento di calore attraverso la parete del tubo MLR nel fluido non sarà sufficiente e si avranno temperature elevate nel tubo. Potrebbero quindi verificarsi guasti di tubi della camera di combustione.

E' pertanto evidente che è necessario un nuovo progetto per un generatore di vapore a pressione variabile a singolo attraversamento per superare gli

svantaggi descritti in precedenza. In particolare, è necessaria una caldaia o generatore di vapore a pressione variabile, a tubi verticali, a singolo attraversamento a causa dei costi elevati delle strutture delle camere di combustione a spirale in confronto alle strutture a tubi verticali.

SOMMARIO DELL'INVENZIONE

La presente invenzione si riferisce a caldaie o generatori di vapore a pressione variabile a singolo attraversamento, che hanno l'orientamento dei tubi delle pareti della camera di combustione che può essere verticale, orizzontale o a spirale (ovverosia con un angolo tra gli orientamenti orizzontale e verticale), singoli o con qualsiasi combinazione delle stesse soluzioni. Un aspetto della presente invenzione è rivolto ad un generatore di vapore a pressione variabile a singolo attraversamento che comprende un involucro avente una uscita e superfici scambiatrici di calore realizzate con tubi a foro liscio, tubi a singola nervatura (SLR) e tubi a nervature multiple (MLR) secondo una struttura particolare. Tutti questi tubi vengono realizzati preferibilmente come pannelli con tubi di parete a membrana.

La presente invenzione supera i problemi identificati in precedenza utilizzando tubazioni SLR

nella camera di combustione in quelle posizioni in cui il trasferimento di calore sarà ostacolato se venissero utilizzate tubazioni MLR. I tubi SLR funzionano su un principio diverso rispetto alla generazione di vortici, e quindi non dipendono dalla differenza di densità del vapore e dell'acqua. La loro prestazione CHF è adeguata alle pressioni prossime ai valori critici nel campo delle velocità di massa inferiori proposte in questa invenzione.

Il generatore di vapore comprende bruciatori per bruciare carburante ed aria entro l'involucro che, a loro volta, creano una zona di flusso a basso contenuto termico, una zona di flusso a medio calore, e una zona di flusso a calore elevato del generatore di vapore. Acqua e/o vapore (o, a pressione supercritica, si utilizza il termine "fluido") scorre attraverso i tubi dei pannelli di parete realizzano uno scambiatore termico efficace. I tubi a foro liscio sono disposti nella zona di flusso a basso calore del generatore di vapore, mentre i tubi con nervatura singola (SLR) e i tubi con nervature multiple (MLR) sono disposti selettivamente nelle zone di flusso a calore medio e elevato del generatore di vapore.

Sebbene questa invenzione possa essere utilizzata in generatori di vapore che impiegano

diverse disposizioni di tubi verticali, orizzontali o a spirale, è uno scopo principale della presente invenzione quello di fornire una caldaia o generatore di vapore a pressione variabile, a tubi verticali, a singolo attraversamento adatta per il funzionamento a pressione variabile in un ampio campo di carico che fornisce la capacità di funzionare con carichi minimi bassi e con un salto di pressione basso.

Le varie caratteristiche di novità che caratterizzano l'invenzione sono indicate in particolare nelle rivendicazioni allegate che formano parte di questa descrizione. Per una migliore comprensione dell'invenzione, dei vantaggi operativi e dei vantaggi specifici ottenuti utilizzando la stessa, si fa riferimento ai disegni allegati e alla relativa descrizione in cui sono illustrate forme di realizzazione preferite dell'invenzione.

BREVE DESCRIZIONE DEI DISEGNI

Nei disegni:

La figura 1 è una vista schematica che illustra un sistema di caldaia a singolo attraversamento di tipo noto;

la figura 2 è una vista schematica che illustra un secondo sistema a caldaia a singolo attraversamento di tipo noto;

la figura 3 è una vista schematica che illustra un terzo sistema a caldaia a singolo attraversamento di tipo noto;

la figura 4 è un grafico che mostra le variazioni nelle caratteristiche di massa per la tubazione della camera di combustione verticale;

la figura 5 è una vista in sezione trasversale longitudinale di un tubo che ha un foro centrale liscio;

la figura 6 è una vista in sezione trasversale longitudinale di un tubo a nervatura singola (SLR) che ha una nervatura elicoidale interna continua singola;

la figura 7 è una vista in sezione trasversale di un tubo a nervatura multipla (MLR) che ha nervature elicoidali interne continue multiple;

la figura 8 è una vista in sezione trasversale longitudinale di un altro tubo MLR;

la figura 9 è una vista laterale schematica di un generatore di vapore a tubi verticali, a singolo attraversamento adatto per il funzionamento con pressione variabile secondo una prima forma di realizzazione della presente invenzione;

la figura 10 è una vista laterale schematica di un generatore di vapore a tubi verticali a singolo

ING. BARZANI S.P.A.

attraversamento adatto per il funzionamento a pressione variabile secondo una seconda forma di realizzazione della presente invenzione;

la figura 11 è una vista laterale di un generatore di vapore a tubi a spirale, a singolo attraversamento adatto per il funzionamento a pressione variabile secondo una terza forma di realizzazione della presente invenzione;

la figura 12 è una vista laterale schematica di un generatore di vapore a tubi a spirale a singolo attraversamento adatto per funzionare con pressione variabile secondo una quarta forma di realizzazione della presente invenzione;

la figura 13 è una vista schematica in sezione trasversale diametrale di un pannello di parete che impiega tubi lisci presa lungo la linea 14-14 di figura 9;

la figura 14 è una vista schematica in sezione trasversale diametrale di un pannello di parete che impiega tubi SLR presa lungo la linea 13-13 di figura 9; e

la figura 15 è una vista schematica in sezione trasversale diametrale di un pannello di parete che impiega tubi MLR presa lungo la linea 15-15 di figura 9.

DESCRIZIONE DELLE FORME DI REALIZZAZIONE PREFERITE

Riferendosi in generale ai disegni, in cui riferimenti numerici simili indicano gli stessi elementi o elementi simili in tutti i diversi disegni, e in particolare alle figure 5-8, vi sono mostrate viste in sezione trasversale longitudinale dei vari tipi di tubi che vengono utilizzati nella presente invenzione. La figura 5 mostra un tubo 20 che un foro 22 liscio. La figura 6 mostra un tubo 24 a nervatura singola (SLR) la cui superficie interna 26 ha una scanalatura 28 elicoidale interna continua singola diposta tra zone o nervature 30 elicoidali continue.

La figura 7 mostra un tubo 32 a nervatura multipla (MLR) la cui superficie 34 interna ha una coppia di scanalature 28 elicoidali continue situate tra zone o nervature 30 elicoidali continue. La figura 8 mostra una ulteriore versione di un tubo 36 a nervature multiple (MLR) che ha una pluralità di scanalature 28 elicoidali interne disposte tra zone o nervature 30 elicoidali continue. La disposizione geometrica particolare delle scanalature 28 e delle zone 30 utilizzata nei tubi SLR o MLR viene scelta a seconda delle necessità per ottenere la prestazione desiderata e i requisiti meccanici, così come avviene per il diametro esterno del tubo e lo spessore minimo

della parete. I codici per caldaie e recipienti in pressione applicabili saranno naturalmente applicati come è noto agli esperti nel ramo. Riferendosi ora alle figure 9-12, vi sono mostrate numerose forme di realizzazione della presente invenzione. Le figure 9 e 10 si riferiscono ad un generatore di vapore a tubi verticali a singolo attraversamento adatto per il funzionamento a pressione variabile secondo una prima e una seconda forma di realizzazione della presente invenzione. le figure 11 e 12 si riferiscono ad un generatore di vapore a tubi a spirale a singolo attraversamento adatto per funzionare a pressione variabile seconda una terza e una quarta forma di realizzazione della presente invenzione.

Riferendosi alle figure 9 e 10 viene descritto un generatore di vapore a singolo attraversamento, a tubi verticali indicato genericamente con il riferimento numerico 40. Bruciatori di combustibile, indicati schematicamente con il riferimento numerico 42, forniscono una miscela di combustibile ed aria che viene combusta nella zona del bruciatore 44 della camera di combustione 46. La camera di combustione 46 è definita parzialmente da pareti di involucro 48 costituite da una pluralità di tubi interconnessi da membrane 49 (vedere le figure

13-15) per formare un involucro a tenuta di gas. I prodotti di combustione 50 (gas di combustione caldi, eccetera) scorrono verso l'alto attraverso la camera di combustione 46 nella direzione della freccia 50 attraverso varie superfici di trasferimento del calore inclinate e orizzontali (non mostrate) e escono dal generatore di vapore 40 in corrispondenza dell'uscita 52. I prodotti di combustione trasferiscono il loro calore alle pareti 48 di involucro circostanti scaldando quindi il fluido che scorre entro i tubi che costituiscono queste pareti.

I tubi che costituiscono le pareti di involucro 48 sono generalmente preformati in officina realizzando una pluralità di pannelli 54 che vengono quindi assemblati in loco mediante una saldatura nelle pareti 48 di involucro della camera di combustione. Le figure 9 e 10 mostrano una struttura in cui le pareti laterali 51 del generatore di vapore 40 comprendono cinque pannelli prefabbricati 54 di questo tipo, disposti sostanzialmente verticalmente. Un numero idoneo di pannelli 54 coprirà le pareti 56 e 58 anteriore e posteriore, rispettivamente, del generatore di vapore 40, la larghezza massima di ciascun pannello 54 essendo determinata da limiti imposti dalla spedizione e/o da altre attrezzature,

più in particolare dalla posizione particolare delle aperture per i bruciatori del combustibile 42, e saranno disposte sostanzialmente verticalmente.

Un requisito fondamentale per l'integrità della parete a membrana è una temperatura del fluido e del metallo uniformi in tutti i tubi a ciascun livello della camera di combustione. Fino ad oggi, il problema principale con la progettazione dei tubi verticali era dovuta ad una elevata differenza di riscaldamento tra i singoli tubi nella camera di combustione.

Come indicato in precedenza, in camere di combustione a tubi verticali, la differenza di riscaldamento tra i tubi è circa 2,5 volte maggiore che non nelle camere di combustione a tubi a spirale. Velocità di massa medie tra 1.500.000 e 2.000.000 di libbre/ora-piedi al quadrato sono velocità tipiche che vengono utilizzate nelle attuali soluzioni di caldaie a singolo attraversamento. Queste velocità di massa, se vengono sottoposte alle variazioni di assorbimento del calore della camera di combustione periferiche tipiche, che possono essere pari al 35% o più rispetto alla media, determinano una variazione di velocità che diminuisce in grandezza. Questa tendenza è indicata come la caratteristica del singolo attraversamento di un tubo di caldaia. In un funzionamento a singolo

di combustione 46 in posizioni in cui il trasferimento di calore verrebbe ostacolato se fossero utilizzate tubazioni 32, 36 MLR. I tubi SLR funzionano su un principio diverso dalla generazione di vortici, e pertanto non dipendono dalla differenza di densità tra vapore ed acqua. La loro prestazione CHF è adeguata alle pressioni prossime ai valori critici nel campo delle velocità di massa più basse proposte dalla presente invenzione.

Secondo la presente invenzione, i tubi 24 SLR e i tubi 32, 36 MLR vengono applicati selettivamente ai pannelli che costituiscono il generatore 40 di calore a singolo attraversamento, a tubi verticali per renderlo più adatto per il funzionamento a pressione variabile, come mostrato nelle figure 9 e 10, e ai pannelli che costituiscono il generatore 70 di vapore a singolo attraversamento a tubi a spirale per renderlo più adatto per il funzionamento a pressione variabile,; come mostrato nelle figure 11 e 12. La posizione di ciascun tipo di tubazione in un generatore di vapore 40 o 70 è determinata in base al trasferimento di calore e alle caratteristiche di flusso nei tubi per tutti i carichi che ci si aspetta di incontrare durante il funzionamento dei generatori di vapore 40 e 70. Ciò

dovrebbe coprire fundamentalmente il campo di carichi per un carico di circa il 15 fino al 30% del flusso di vapore a rapporto continuo massimo (MCR) sino al carico di MCR.

I lati di sinistra delle figure 9-12 definiscono a spanne una estensione verticale di zone di flusso a calore basso, medio ed elevato (Q_L , Q_M e Q_H rispettivamente) entro la camera di combustione 46 dei generatori di vapore 40 e 70. Si comprende che l'elevazione verticale reale là dove termina una zona e inizia un'altra dipende da una varietà di parametri, come descritto nel seguito. I valori numerici approssimativi per questi campi di flusso termico possono essere definiti approssimativamente come segue:

Q_L	0 a 40.000 BTU/hr - ft ²
Q_M	30.000 a 48.000 BTU/hr - ft ²
Q_H	50.000 sino a più di 100.000 BTU/hr - ft ²

Il processo di combustione che si verifica nella camera di combustione 46 determina ampiamente la variazione verticale delle velocità di flusso termico, create dai bruciatori di carburante 42 e dai carburanti particolari. Gli esperti nella tecnica dei generatori di vapore a singolo attraversamento comprenderanno che la sovrapposizione di valori

ING. GIULIO ...

numerici per queste zone tiene in considerazione parametri diversi dal flusso termico che possono influenzare il verificarsi di Critical Heat Flux (Flusso di calore critico) o CHF. Il flusso termico reale applicato ai tubi 48 di involucro di parete della camera di combustione è il parametro maggiormente responsabile per determinare se è presente una condizione CHF. Tuttavia, altri parametri come la pressione del fluido, la velocità del fluido, la qualità del fluido, il diametro dei tubi, l'inclinazione dei tubi e la finitura superficiale dei tubi influenzano le condizioni CHF per un tubo 48 di parete di involucro. Pertanto la nomenclatura delle zone di flusso a calore basso, medio ed elevato (Q_L , Q_M e Q_H , rispettivamente, applicata a zone entro la camera di combustione 46 dei generatori 40 e 70 di vapore è più un modo rapido di riferirsi ad aree in cui si richiede un certo tipo di tubi. In alcuni casi, i valori di flusso termico nella regione (i) al di sopra della regione di flusso termico (elevato), Q_H , non diminuisce in maniera sufficiente ai valori della regione di flusso termico "basso", Q_L . L'indicazione di zona di flusso termico "medio", Q_M , viene utilizzata e i tubi MLR 32, 36 (piuttosto che i tubi lisci 20) sono utilizzati in quelle porzioni

corrispondenti di pareti di involucro 48. In altri casi, i valori di flusso termico non diminuiscono sufficientemente ai livelli della regione di flusso termico "basso" Q_L e si possono nuovamente impiegare tubi lisci 20. Come mostrato nelle figure 9 e 10, il generatore 40 di vapore a pressione variabile a singolo attraversamento, a tubi verticali ha un nuovo disegno della camera di combustione che comprende tubi lisci 20 incorporati nei pannelli 60 di parete di involucro a tubi lisci situati nella regione Q_L di flusso termico basso della camera di combustione 46 e una combinazione di pannelli 62 di parete di involucro a tubi SLR 24 e di pannelli 64 di parete di involucro a tubi MLR 32, 36 disposti nelle regioni Q_H e Q_M a flusso termico alto e medio al fine di evitare DNB e CHF, e soddisfare le limitazioni relative alla temperatura del metallo dei tubi. Vedere le figure 13-15 per le viste in sezione trasversale di questi pannelli.

Come mostrato nelle figure 11 e 12, il generatore 70 di vapore a pressione variabile a singolo attraversamento, a tubo a spirale, ha un nuovo disegno della camera di combustione che comprende tubi 20 a foro centrale liscio incorporati nei pannelli 60 di parete di involucro a tubi lisci a spirale disposti

ING. GIULIO G. ...

nella regione Q_L di flusso termico basso della camera di combustione 46 e una combinazione di pannelli 62 di parete di involucro a tubi SLR 24 e di pannelli 64 a parete di involucro a tubi MLR 32, 36 disposti nelle regioni Q_H e Q_M a flusso termico medio al fine di evitare DNB e CHF e soddisfare le limitazioni relative alla temperatura del metallo dei tubi. Come mostrato nelle figure 11 e 12, i tubi che formano le pareti 48 di involucro sono inclinati di un angolo acuto θ rispetto all'orizzontale, tipicamente 5-10°, e si avvolgono attorno a tutto il perimetro della camera di combustione 46, partendo da una porzione inferiore della camera di combustione 46. In una certa posizione superiore definita da vari parametri noti agli esperti nel ramo, l'orientamento dei tubi viene portato in verticale per facilitare considerazioni di progettazione e di supporto.

Le caldaie o generatore di vapore a singolo attraversamento beneficiano di una caratteristica di flusso a circolazione naturale a carichi bassi poiché la variazione di flusso nei tubi che formano le pareti di involucro 48 dovuta a variazioni di calore sarà compensata in maniera tale da proteggere il tubo da una possibile condizione di flusso termico critico. Se il calore assorbito da un tubo aumenta, il flusso

di vapore più bassi (minore del 70% del carico), mentre a carichi più elevati tende a verificarsi una caratteristica di flusso a singolo attraversamento.

Nel generatore di vapore 40 a pressione variabile a singolo attraversamento, a tubi verticali, e nel generatore 70 di vapore a pressione variabile a singolo attraversamento a tubi a spirale, la lunghezza della posizione delle combinazioni di MLR e SLR vengono regolate per ciascun pannello 64, 62 al fine di ottenere caratteristiche di flusso di circolazione naturale ottimali nei tubi 24 SLR e nei tubi MLR 32, 36. La stessa procedura viene utilizzata nel generatore 70 di vapore a tubi a spirale eccetto che la regolazione viene fatta per ciascun pannello 64 e 62 al fine di ottenere caratteristiche di flusso a circolazione naturale ottimali. Poiché i tubi 24 SLR hanno una resistenza di flusso più elevata rispetto ai tubi 32, 36 MLR o ai tubi lisci 20, essi devono essere utilizzati limitatamente alle posizioni in cui sono assolutamente necessari, poiché una resistenza di flusso più elevata tende a ridurre l'effetto di caratteristica di flusso a circolazione naturale desiderato. Tuttavia, il posizionamento appropriato e la produzione corretta dei tubi 24 SLR e dei tubi 32, 36 MLR attorno alla periferia riduce al minimo la

differenza di temperatura del fluido e del metallo tra tutti i pannelli a tubi di parete a membrana verticali o i pannelli a tubi di parete a membrana a spirale ad ogni altezza al fine di stare al di sotto di un limite consentito di 100°F in corrispondenza di tutti i carichi.

Con caratteristiche di flusso a circolazione naturale, i tubi negli evaporatori dei generatori di vapore 40, 70 hanno temperature di uscita simili nonostante le caratteristiche termiche diverse che sono una funzione del disegno dei tubi utilizzati, sia la camera di combustione con tubi verticali o a spirale. Il disegno reale delle posizioni di ciascun tipo di tubazione è una funzione della dimensione geometrica della camera di combustione, del tipo e della qualità del combustibile, e delle necessità di variazioni di carico dell'unità. L'applicazione di questo concetto, descritto in precedenza, può essere diversa per ciascun pannello verticale o a spirale della camera di combustione 46 in ciascun tipo di generatore di vapore 40, 70. La posizione delle transizioni tra i tipi di tubazioni in un pannello può essere alla stessa altezza o ad altezze differenti, sia maggiori che inferiori, rispetto alla posizione della transizione tra tipi di tubi in un pannello

1000 2 1000 2 1000 2 1000 2 1000 2

adiacente ad esso.

Per spiegare ulteriormente la posizione nei generatori 40 e 70 di vapore in cui i vari tipi di tubi 20 a foro liscio, tubi 24 SLR e tubi 32 MLR vengono disposti, le figure 9-12 comprendono una legenda verticale 80. La legenda verticale 80 definisce/identifica approssimativamente numerose zone nella camera di combustione 46. Partendo dal fondo della camera di combustione 46 e muovendosi direttamente e verticalmente verso l'alto vi sono in ordine una porzione 82 inferiore, una prima porzione 84 intermedia, una seconda porzione 86 intermedia e una porzione superiore 88. La porzione superiore 88 è ulteriormente suddivisa, per le forme di realizzazione delle figure 10 e 12, in una prima parte 90 e una seconda parte 92 direttamente e verticalmente al di sopra della prima parte 90. I vari tipi di tubi 20, 24 e 32 possono essere descritti come disposti generalmente nelle zone summenzionate, così come dalla descrizione precedente in cui alcuni tipi di tubi sono disposti sulla base delle condizioni termoidrauliche a cui ciascun tubo è esposto.

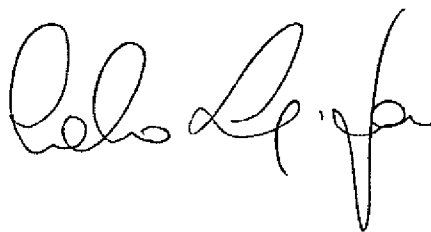
La presente invenzione risolve i problemi termoidraulici che sono associati all'utilizzazione di tubazioni MLR e tubazioni a foro liscio nei generatori

di vapore a pressione variabile a singolo attraversamento a tubi verticali di tipo noto così come nelle unità a pressione variabile a singolo attraversamento con tubi a spirale o anche orizzontali. In un generatore di vapore a singolo attraversamento a tubi orizzontali, l'angolo acuto θ sarebbe uguale a 0° ; quando i tubi completano un singolo giro attorno al perimetro esterno della camera di combustione, essi eventualmente saranno piegati verso una direzione verticale per un breve tratto per ottenere uno sfalsamento verticale opportuno dal livello precedente, e iniziano nuovamente il loro avvolgimento orizzontale, usualmente in una direzione opposta alla loro direzione orizzontale iniziale. Vi sono notevoli vantaggi di costi utilizzando una camera di combustione a tubi verticali, secondo la presente invenzione, rispetto alle strutture di camere di combustione a spirale di tipo noto. La presente invenzione consente carichi minimi inferiori e ha un salto di pressione più basso nel circuito della camera di combustione consentendo quindi l'utilizzazione di pompe di alimentazione più piccole che richiedono una minore potenza per funzionare. L'utilizzazione di questa struttura di caldaia a singolo attraversamento a pressione variabile perfezionata consente di

Dati tecnici: ... (A)

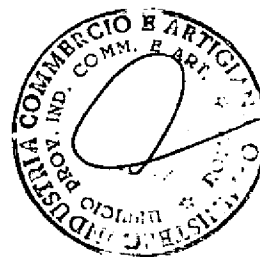
ottenere una maggiore efficienza a carichi pieni o parziali rispetto alle caldaie a singolo attraversamento e alle caldaie a tamburo subcritiche.

Sebbene siano state mostrate e descritte in dettaglio forme di realizzazione specifiche dell'invenzione al fine di illustrare l'applicazione dell'invenzione, si comprenderà che l'invenzione può essere realizzata in maniera diversa senza allontanarsi dai principi summenzionati.



UN MANDATARIO
per se e per gli altri
Carlo Luigi Iannone
(N° d'iscr. 456)

ING. BARZANO & ZAINARDO ROMA S.P.A.



RIVENDICAZIONI

1. Generatore di vapore a singolo attraversamento adatto per il funzionamento a pressione variabile in un ampio campo di carichi e in particolare a carichi bassi, il generatore di vapore avendo una camera di combustione definita parzialmente da pareti di involucro raffreddate mediante fluido comprendente: mezzi a bruciatore di combustibile per bruciare combustibile e aria in un processo di combustione che crea una variazione vertical nelle velocità di flusso termiche sulle pareti di involucro comprendenti uno o più zone di flusso termico più o meno elevato; e in cui le pareti di involucro raffreddate mediante fluido che circondano la una o più regioni a flusso termico basso nella camera di combustione prevedono tubi a foro interno liscio, e le pareti di involucro raffreddate mediante fluido che circondano la una o più regioni a flusso termico elevato prevedono sia tubi a singola nervatura (SLR) che tubi a nervature multiple (MLR) per evitare un allontanamento dalla ebollizione a nuclei (DNB) e dalle condizioni di flusso termico critiche (CHF) nella una o più regione a flusso termico elevato.

2. Generatore di vapore a singolo attraversamento secondo la rivendicazione 1 in cui le

ING. G. STANO & ENRICO ROMAN S.P.A.

pareti di involucro raffreddate mediante fluido comprendono: tubi a foro interno liscio che formano le pareti raffreddate mediante fluido che circondano una porzione inferiore della camera di combustione; tubi a nervature multiple (MLR) che formano le pareti raffreddate mediante fluidi che circondano una prima porzione intermedia della camera di combustione disposta direttamente e verticalmente al di sopra della porzione inferiore; tubi a nervature singole (SLR) che formano le pareti raffreddate mediante fluidi che circondano una seconda porzione intermedia della camera di combustione situata direttamente e verticalmente al di sopra della prima porzione intermedia; e tubi a foro centrale liscio che formano le pareti raffreddate mediante fluido che circondano una porzione superiore della camera di combustione situata direttamente e verticalmente al di sopra della seconda porzione intermedia, i tubi in ciascuna porzione della camera di combustione essendo connessi per ottenere una comunicazione di fluidi una con l'altra.

3. Generatore di vapore ad attraversamento singolo secondo la rivendicazione 1, in cui i tubi in ciascuna porzione della camera di combustione sono connessi uno con l'altro per ottenere una

comunicazione di fluidi in maniera tale che un fluido che entra nelle pareti raffreddate mediante fluido della porzione inferiore della camera di combustione possa essere convogliato verso le pareti raffreddate mediante fluido sulla porzione superiore della camera di combustione.

4. Generatore di vapore a attraversamento singolo secondo la rivendicazione 1, in cui il processo di combustione crea una variazione verticale nei rapporti di flusso termico sulle pareti di involucro comprendenti una o più zone a flusso termico basso, una o più zone a flusso termico medio e una o più zone a flusso termico elevato.

5. Generatore di vapore ad attraversamento singolo secondo la rivendicazione 4, in cui le pareti di involucro raffreddate mediante fluido comprendono: tubi a foro centrale liscio che formano le pareti raffreddate mediante fluido circondanti una porzione inferiore della camera di combustione; tubi a nervature multiple (MLR) che formano le pareti raffreddate mediante fluido che circondano una prima porzione intermedia della camera di combustione situata direttamente e verticalmente al di sopra della porzione inferiore; tubi a nervatura singola (SLR) che formano le pareti raffreddate mediante fluido che

circondano una seconda porzione intermedia della camera di combustione disposta direttamente e verticalmente al di sopra della prima porzione intermedia; tubi a nervature multiple (MLR) che formano le pareti raffreddate mediante fluido che circondano una prima parte di una porzione superiore della camera di combustione, la prima parte situata direttamente e verticalmente al di sopra della seconda porzione intermedia; e tubi a foro centrale liscio che formano le pareti raffreddate mediante fluido che circondano una seconda parte della porzione superiore della camera di combustione, la seconda parte è situata direttamente e verticalmente al di sopra della prima parte della porzione superiore, i tubi in ciascuna porzione della camera di combustione essendo in comunicazione di fluido uno con l'altro.

6. Generatore di vapore a singolo attraversamento secondo la rivendicazione 5 in cui i tubi in ciascuna porzione della camera di combustione sono in comunicazione di fluido uno con l'altro in maniera tale che il fluido che entra nelle pareti raffreddate mediante fluido sulla porzione inferiore della camera di combustione possa essere convogliato alle pareti raffreddate mediante fluido sulla porzione superiore della camera di combustione.

7. Generatore di vapore a singolo attraversamento secondo la rivendicazione 1, in cui le pareti di involucro raffreddate mediante fluido comprendono pannelli di parete a tubi a membrana saldati, assemblati in officina, preformati che possono essere assemblati mediante saldatura tra pannelli adiacenti per creare le pareti di involucro della camera di combustione per ottenere un involucro a tenuta di gas.

8. Generatore di vapore a singolo attraversamento secondo la rivendicazione 7, in cui i pannelli a parete di tubi a membrana saldati e assemblati in officina preformati possono essere assemblati in pannelli di tubi sostanzialmente verticali.

9. Generatore di vapore a singolo attraversamento secondo la rivendicazione 7, in cui i pannelli a parete di tubi a membrana saldati e assemblati in officina preformati circondanti almeno le porzioni inferiori e intermedie della camera di combustione possono essere assemblati in pannelli di tubi a spirale inclinati secondo un angolo acuto θ rispetto all'orizzontale quando si avvolgono attorno ad un perimetro della camera di combustione.

10. Generatore di vapore a tubi verticali a

di vapore a tubi verticali a singolo attraversamento secondo la rivendicazione 10, in cui i tubi in ciascuna porzione della camera di combustione sono in comunicazione di fluido uno con l'altro in maniera tale che il fluido che entra nelle pareti raffreddate mediante fluido sulla porzione inferiore della camera di combustione possa essere convogliato alle pareti raffreddate mediante fluido sulla porzione superiore della camera di combustione.

12. Disposizione di tubi convogliatori di fluidi che formano le pareti di involucro del generatore di vapore a tubi verticali a singolo attraversamento secondo la rivendicazione 10, comprendente inoltre: tubi a nervature multiple (MLR) che formano le pareti raffreddate mediante fluido che circondano una prima parte della porzione superiore della camera di combustione, la prima parte disposta direttamente e verticalmente al di sopra della seconda porzione intermedia, i tubi a foro centrale liscio formando le pareti raffreddate mediante fluido che circondano la porzione superiore della camera di combustione essendo disposti in una seconda parte della porzione superiore della camera di combustione, la seconda parte situata direttamente e verticalmente al di sopra della prima parte della porzione

superiore.

13. Disposizione di tubi convogliatori di fluidi che formano le pareti di involucro del generatore di vapore a tubi verticali, a singolo attraversamento secondo la rivendicazione 7, in cui le pareti di involucro raffreddate mediante fluidi comprendono pannelli di parete a tubi a membrana saldati assemblati in officina preformati che possono essere assemblati mediante saldatura tra pannelli adiacenti in pannelli sostanzialmente verticali di tubi per creare le pareti di involucro della camera di combustione per formare un involucro a tenuta di gas.

14. In un generatore di vapore a tubi a spirale a singolo attraversamento con una camera di combustione che è definita parzialmente da pareti di involucro raffreddate mediante fluido, una disposizione di tubi di convogliamento del fluido formanti le pareti di involucro comprendendo: tubi a foro centrale liscio che formano le pareti raffreddate mediante fluido che circondano una porzione inferiore della camera di combustione; tubi a nervature multiple (MLR) che formano le pareti raffreddate mediante fluido che circondano una prima porzione intermedia della camera di combustione situata direttamente e

verticalmente al di sopra della porzione inferiore; tubi a nervatura singola (SLR) che formano le pareti raffreddate mediante fluido che circondano una seconda porzione intermedia della camera di combustione situata direttamente e verticalmente al di sopra della prima porzione intermedia; e

tubi a foro centrale liscio che formano le pareti raffreddate mediante fluido che circondano una porzione superiore della camera di combustione situata direttamente e verticalmente al di sopra della seconda porzione intermedia, i tubi in ciascuna porzione della camera di combustione essendo in comunicazione di fluido uno con l'altro.

15. Disposizione di tubi per il convogliamento di fluido che formano le pareti di involucro del generatore a vapore a tubi a spirale a singolo attraversamento secondo la rivendicazione 14, in cui i tubi in ciascuna porzione della camera di combustione sono in comunicazione di fluido uno con l'altro in maniera tale che il fluido che entra nelle pareti raffreddate mediante fluido sulla porzione inferiore della camera di combustione possa essere convogliato alle pareti raffreddate mediante fluido alla porzione superiore della camera di combustione.

16. Disposizione di tubi di convogliamento

di fluido che formano le pareti di involucro del generatore a vapore a tubi a spirale a singolo attraversamento secondo la rivendicazione 14, comprendente inoltre: tubi a nervature multiple (MLR) che formano le pareti raffreddate mediante fluido che circondano una prima parte della porzione superiore della camera di combustione, la prima parte situata direttamente e verticalmente al di sopra della seconda porzione intermedia, i tubi a foro centrale liscio formanti le pareti raffreddate mediante fluido che circondano la porzione superiore della camera di combustione essendo disposte in una seconda parte della porzione superiore della camera di combustione, la seconda parte disposta direttamente e verticalmente al di sopra della prima parte della porzione superiore.

17. Disposizione di tubi di convogliamento di fluidi che formano le pareti di involucro del generatore di vapore a tubi a spirale a singolo attraversamento secondo la rivendicazione 14, in cui le pareti di involucro raffreddate mediante fluido comprendono pannelli di parete a tubi a membrana saldati assemblati in officina preformati che possono essere assemblati mediante saldatura tra pannelli adiacenti pre creare le pareti di involucro della

camera di combustione per formare un involucro a tenuta di gas.

18. Disposizione di tubi di convogliamento di fluido che formano le pareti di involucro del generatore di vapore a tubi a spirale a singolo attraversamento la rivendicazione 14, in cui i pannelli a prete a tubi a membrana saldati e assemblati in officina preformati che circondano almeno la parte inferiore della prima parte intermedia, la seconda parte intermedia e una prima parte della porzione superiore della camera di combustione sono inclinati secondo un angolo acuto θ rispetto all'orizzontale quando si avvolgono ad un perimetro della camera di combustione.

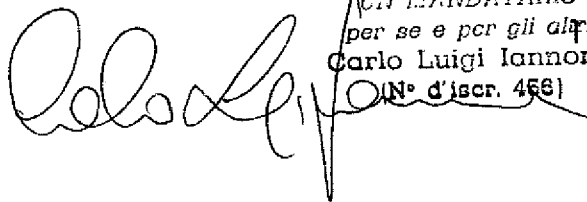
19. Disposizione di tubi di convogliamento di fluido che formano le pareti di involucro del generatore di vapore a tubi a spirale a singolo attraversamento secondo la rivendicazione 14, in cui tubi che formano le pareti di involucro che circondano almeno la parte inferiore, la prima parte intermedia, la seconda parte intermedia e una prima parte della porzione superiore della camera di combustione sono inclinati con un angolo acuto θ rispetto all'orizzontale quando si avvolgono attorno ad un perimetro della camera di combustione.

20. Disposizione di tubi di convogliamento di fluido che formano le pareti di involucro del generatore di vapore a tubi a spirale a singolo attraversamento secondo la rivendicazione 19, in cui tubi che formano le pareti di involucro circondanti la seconda parte della porzione superiore della camera di combustione si estendono sostanzialmente verticalmente.

Roma, il - 8 MAR. 1995

p.: The Babcock & Wilcox Company

ING. BARZANO' & ZANARDO ROMA S.p.A.


MILITARE
per se e per gli altri 4359/LC
Carlo Luigi Iannone
(N° d'iscri. 458)

ING. BARZANO' & ZANARDO ROMA S.p.A.



FIG.1

TECNICA
ANTERIORE

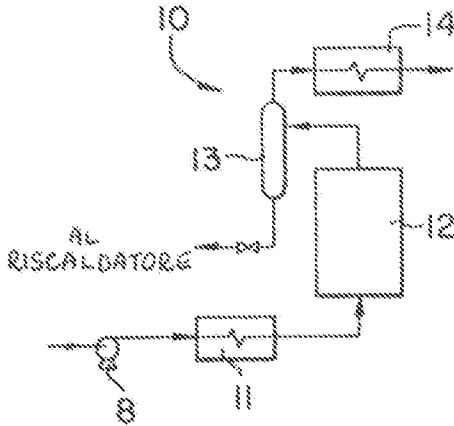


FIG.2

TECNICA
ANTERIORE

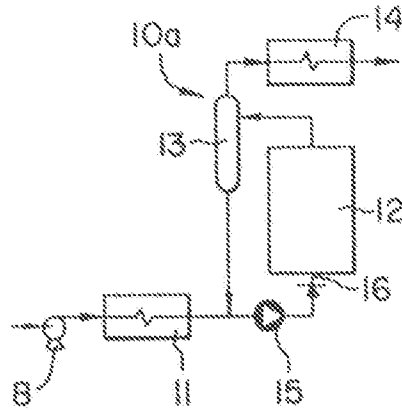


FIG.3

TECNICA
ANTERIORE

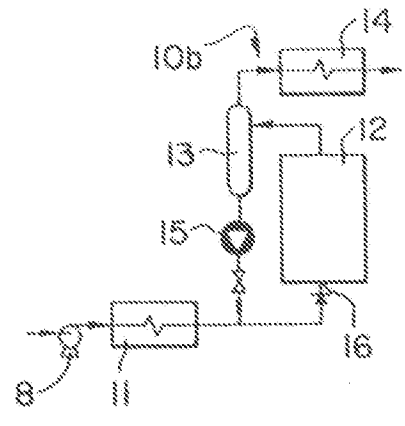
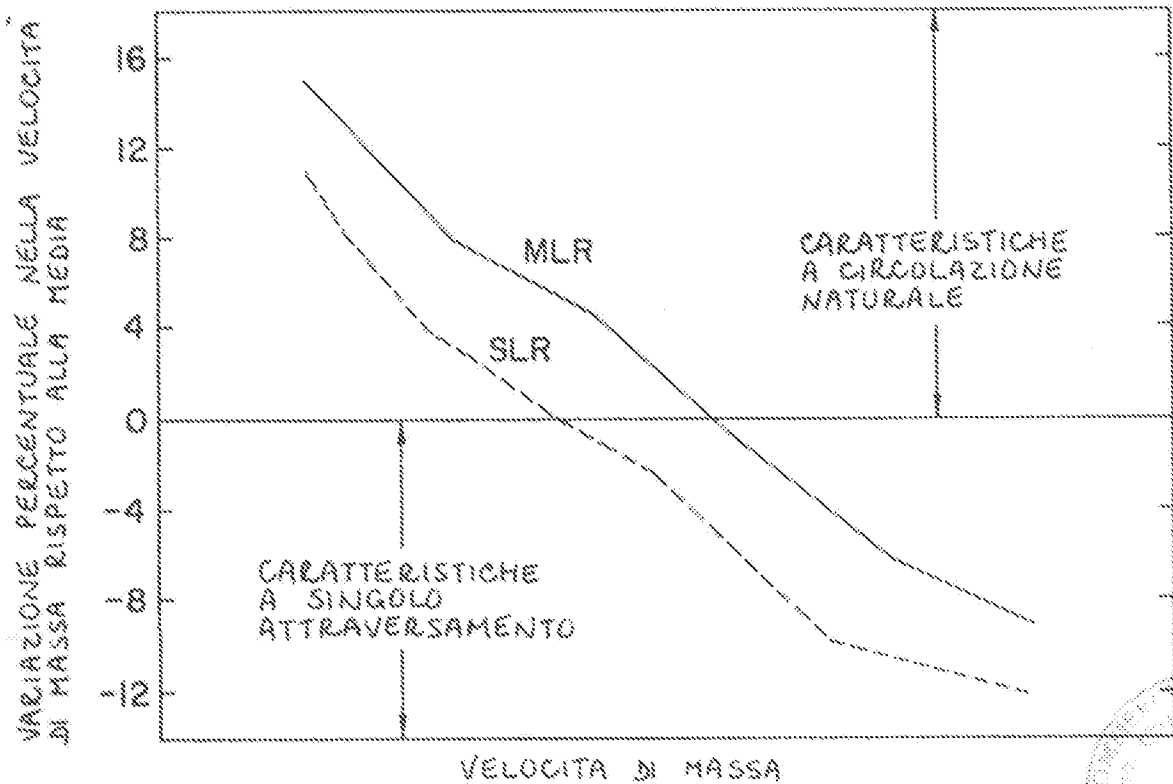


FIG.4

VARIAZIONI NELLE CARATTERISTICHE DI MASSA DEI TUBI DELLA CAMERA
DI COMBUSTIONE VERTICALE PER UN AUMENTO DEL 25% DELL'INGRESSO DI CALORE



D.P.: THE BABCOCK & WILCOX COMPANY
ING. BARZANO & ZANARDO ROMA S.p.A.

UN ILLEGATARIO
per se e per gli altri
Carlo Luigi Iannone
(N° d'iscr. 456)

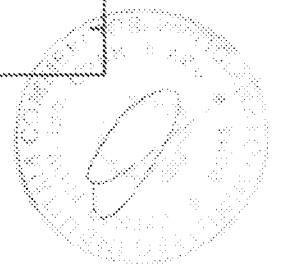


FIG.5

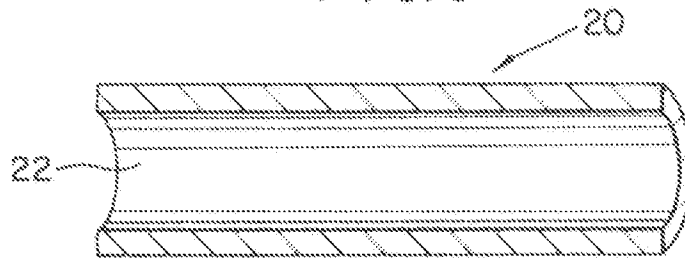


FIG.6

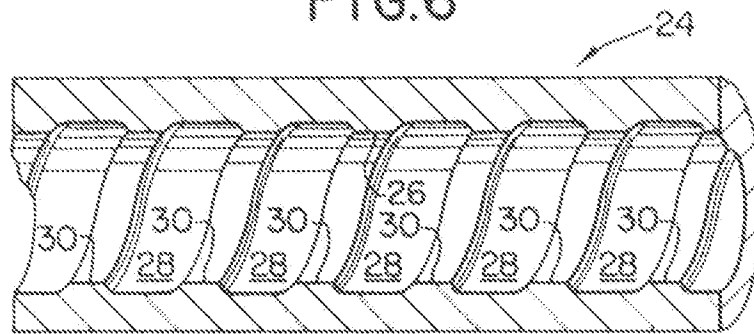


FIG.7

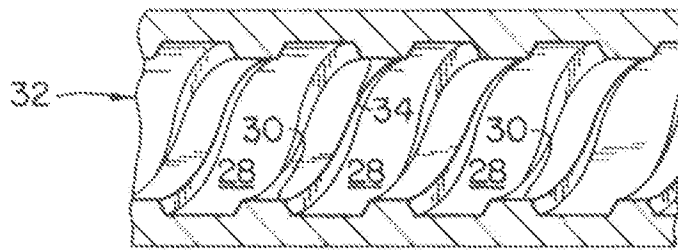


FIG.8

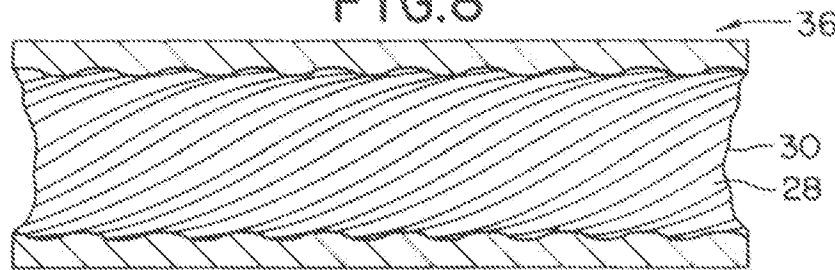


FIG.13

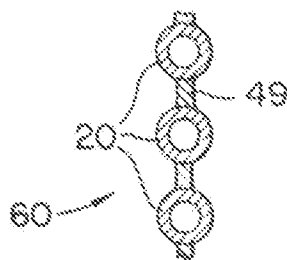


FIG.14

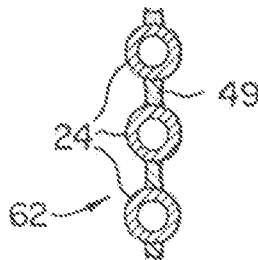


FIG.15

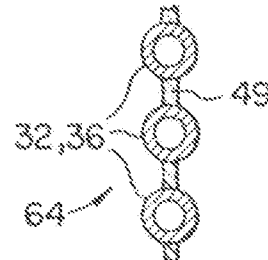
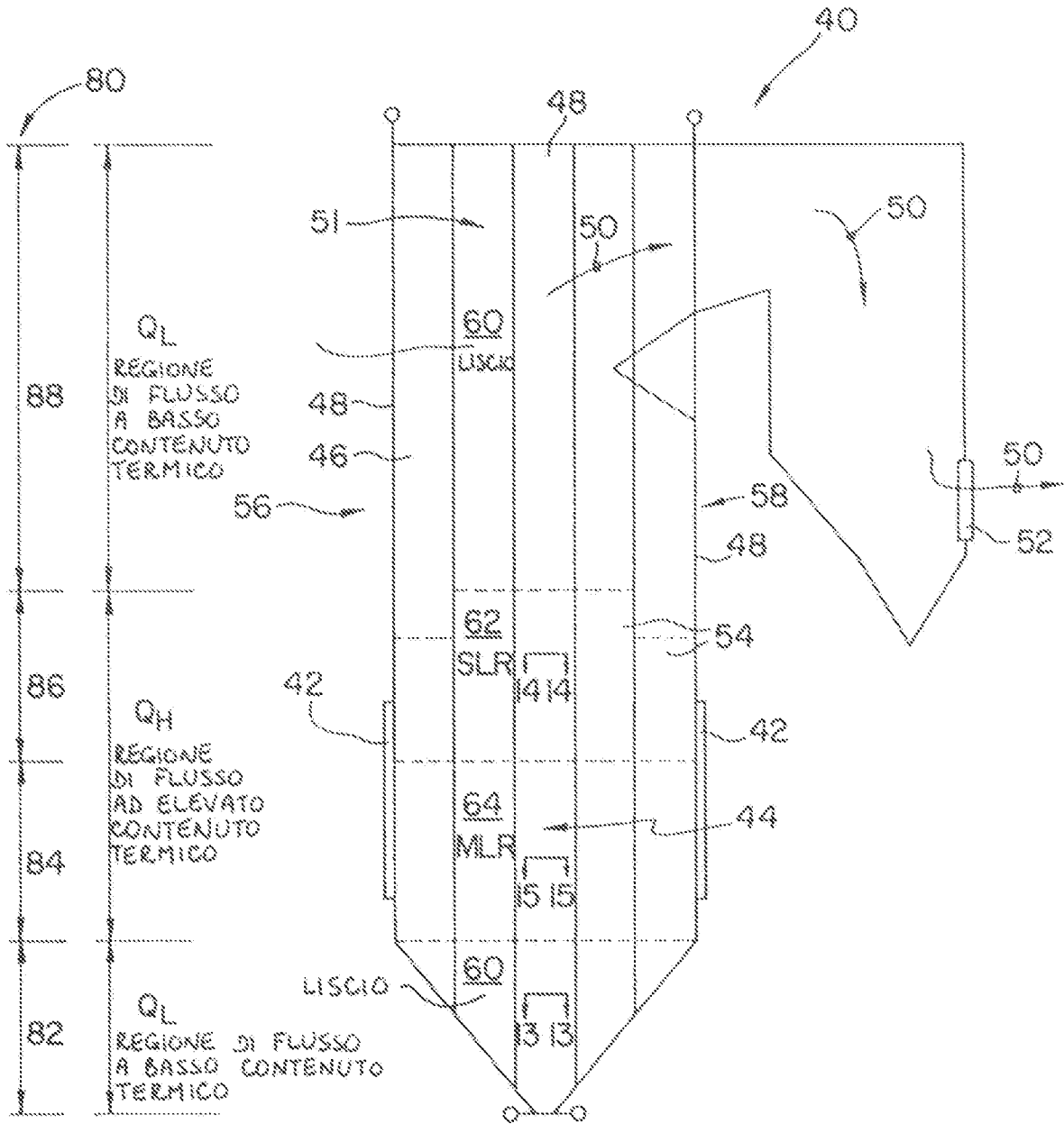
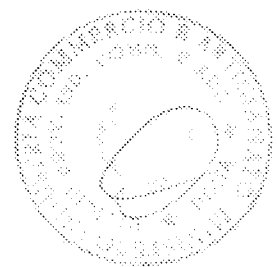


FIG.9



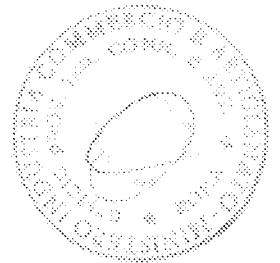
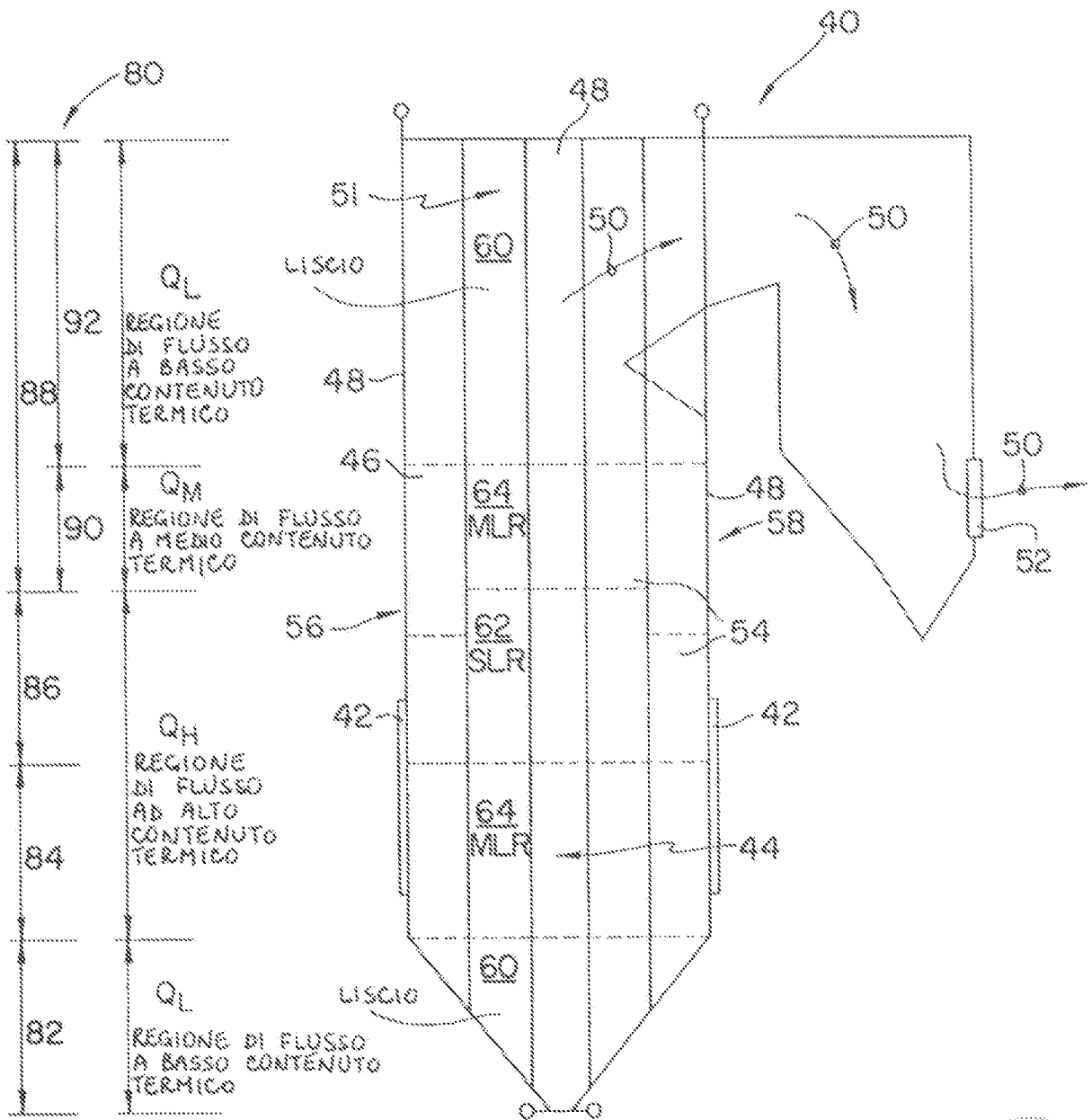
D.P.: THE BABCOCK & WILCOX COMPANY
 ING. BARZANO & ZANARDO ROMA S.p.A.

UN MANDATARIO
 per se e per gli altri
 Carlo Luigi Iannone
 (N° d'iscr. 480)



Carlo Luigi Iannone

FIG.10

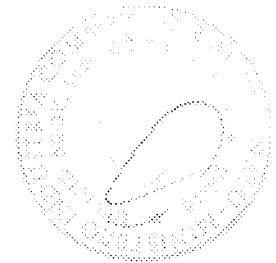
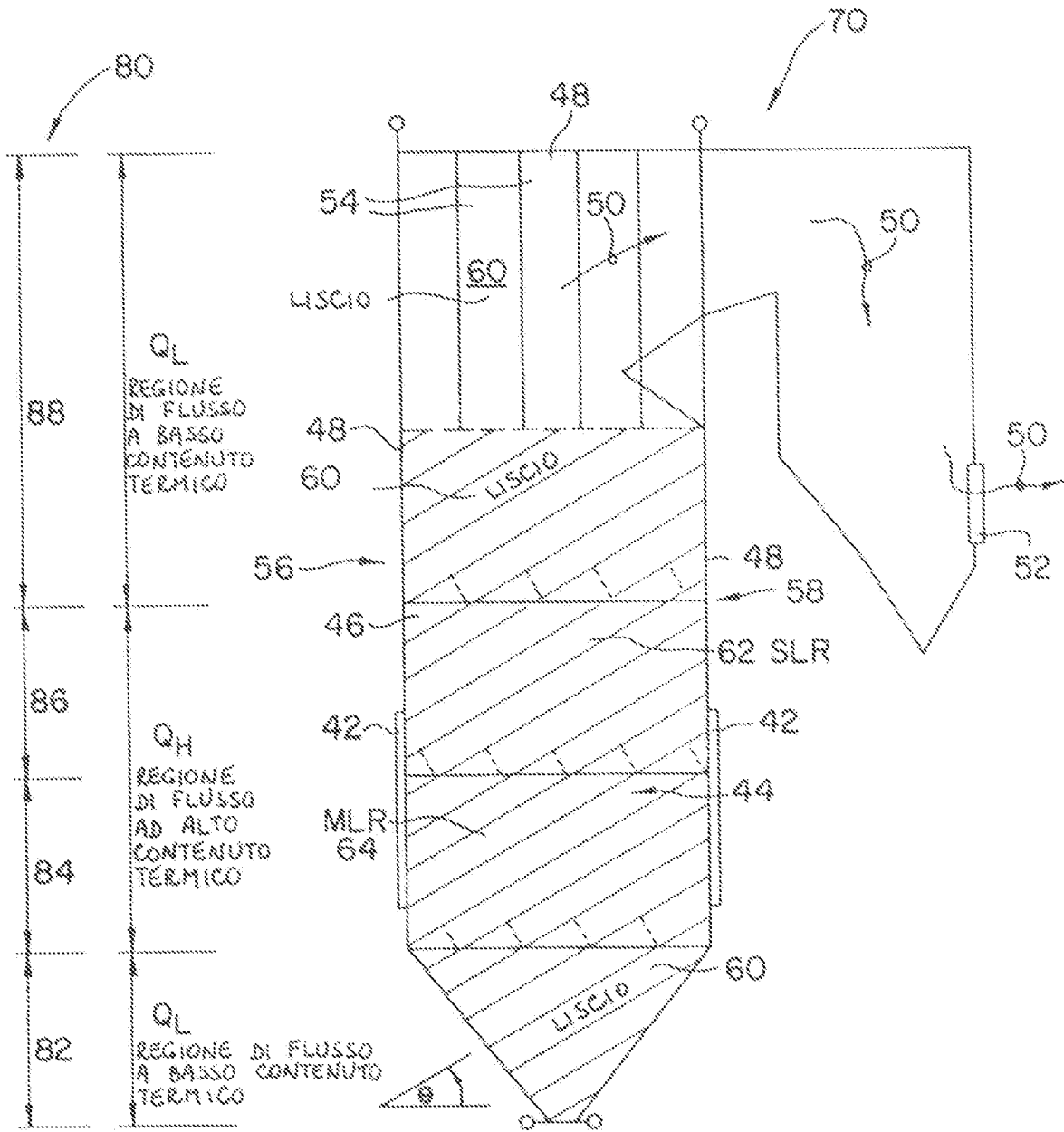


P.D.: THE BARCOCK & WILCOX COMPANY
 ING. BARZANO' & ZANARDO ROMA S.p.A.

UN MANDATARIO
 per me e per gli altri
 Carlo Luigi Iannone
 (N° n°locr. 466)

Carlo Luigi Iannone

FIG. II



p.d.: THE BABCOCK & WILCOX COMPANY
 ING. BARZANO' & ZANARDO ROMA S.p.A.

per uso e per gli altri
 Carlo Luigi Tassinari
 (N° d'istr. 488)

Carlo Luigi Tassinari

