



(11) **EP 1 902 267 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
18.05.2011 Patentblatt 2011/20

(51) Int Cl.:
F28F 9/16 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **06762346.2**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2006/006440

(22) Anmeldetag: **03.07.2006**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2007/006446 (18.01.2007 Gazette 2007/03)

(54) **ROHRBÜNDELWÄRMEÜBERTRAGER MIT VERSCHLEISSBESTÄNDIGER ROHRBODENAUSKLEIDUNG**

SHELL-AND-TUBE HEAT EXCHANGER COMPRISING A WEAR-RESISTANT TUBE PLATE LINING
ÉCHANGEUR DE CHALEUR À FAISCEAU TUBULAIRE, POURVU D'UNE PLAQUE TUBULAIRE À REVÊTEMENT RÉSISTANT À L'USURE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR

- **HEISTERKAMP, Marco**
46399 Bocholt (DE)
- **OELMANN, Werner**
46282 Dorsten (DE)
- **SCHWARZ, Oliver**
46348 Raesfeld (DE)

(30) Priorität: **07.07.2005 DE 102005032118**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
26.03.2008 Patentblatt 2008/13

(74) Vertreter: **Berg, Dirk**
Deutsche BP AG
Gewerbliche Schutzrechte
Johannastraße 2-8
45899 Gelsenkirchen (DE)

(73) Patentinhaber: **RUHR OEL GmbH**
45899 Gelsenkirchen (DE)

(72) Erfinder:

- **GILLESSEN, Christoph**
46514 Schermbeck (DE)
- **SCHIELKE, Helmut**
45699 Herten (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 0 451 507 DE-C- 881 199
DE-C1- 19 536 300 FR-A- 878 494
GB-A- 2 092 691 NL-A- 7 016 348
US-A- 4 152 818

EP 1 902 267 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Rohrbündel-Wärmeübertrager (RWÜ) mit verschleißbeständiger Rohrbodenauskleidung zum Einsatz in thermischen Crackanlagen gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. EP-A-0 567 674 beschreibt einen derartigen Wärmeübertrager.

[0002] Derartige RWÜ werden beispielsweise in Ethylenanlagen zur Erzeugung von Ethylen durch thermisches Spalten abstromseitig einer Transferleitung eines Spaltofens eingesetzt und als Spaltgaskühler (Transferline Exchanger, TLE) bezeichnet.

[0003] Spaltgaskühler müssen außerordentlich hohen Anforderungen an die Konstruktion und die Werkstoffeigenschaften genügen. Das durch Pyrolyse von Kohlenwasserstoffen wie Naphtha, LPG, Ethan oder auch Hydrocrackerrückstand (Unconverted Oil, Waxy) aus dem Spaltofen austretende heiße Reaktionsgemisch (bis ca. 850°C) muss in den Spaltgaskühlern rasch gekühlt werden, um unerwünschte Nebenreaktionen zu vermeiden. Der Spaltgaskühler bzw. RWÜ dient als Abhitzekeessel, in welchem durch Verdampfung von mantelseitig geführtem Speisewasser Hochdruckdampf erzeugt werden kann.

[0004] Während des Prozesses entstehen in den Spaltöfen Koksablagerungen, die in gewissen Zeitabständen (60-80 Tage) durch Oxidation mit Luft entfernt werden müssen. Zum Entkoken wird bei verminderter Feuerungsleistung des Ofens ein Luft / Dampfgemisch durch die Rohre des Spaltofens geführt, mit dem die kohlenstoffhaltigen Ablagerungen abgebrannt werden. Hierbei lösen sich auch Kokspartikel, die mit dem Entkokungsgas über den Spaltgasweg durch den Spaltgaskühler zur Entkokungsleitung geführt werden.

[0005] Das aus dem Spaltofen mit hoher Geschwindigkeit austretende Spaltgas bzw. das Entkokungsgas tritt üblicherweise über eine Transferleitung in eine axial angeordnete Gaseintrittskammer von unten in den Spaltgaskühler ein und trifft auf den unteren Rohrboden, um nach Durchgang durch die Wärmeaustauscherrohre des Spaltgaskühlers dem weiteren Prozeß zugeführt zu werden.

[0006] Das Spaltgas enthält trotz kurzer Verweilzeiten Kokspartikel, die bei den hohen Geschwindigkeiten des Spaltgases stark erodierend wirken. Um das im Spaltofen erzeugte heiße Reaktionsgemisch rasch abzukühlen, muß der Weg zwischen Spaltofen und Kühlerrohren möglichst schnell durchlaufen werden. Aufgrund der dadurch bedingten kurzen Bauform der sich üblicherweise im Durchmesser von der Transferleitung zum Kühler aufweitenden Gaseintrittskammer konzentriert sich die Gasströmung mit den Kokspartikeln auf den mittleren Bereich des Rohrbodens und der Kühlerrohre, die besonders stark angegriffen werden. Die hierdurch verursachte Schwächung der drucktragenden Wandungen macht erhebliche Aufwendungen für Instandsetzungen erforderlich; die damit verbundenen Stillstandszeiten führen zu

Produktionsausfällen.

[0007] Zur Lösung vergleichbarer Probleme sind verschiedene Ansätze bekannt, die auf dem Einsatz keramischer, feuerfester Werkstoffe als Auskleidungen, Formstücke oder Beschichtungen beruhen:

[0008] Aus EP-A-0 567 674 sind Wärmetauscher zum Kühlen von in einer Kohlevergasungsanlage erzeugtem Synthesegas bekannt, bei der der gaseintrittseitige Rohrboden mit einer keramischen Schicht aus einzelnen, nebeneinander angeordneten, an den Außenkanten aneinander stoßenden quaderförmigen Tüllen besteht, wobei jede Tülle eine konische Öffnung aufweist, die sich in einen Rohrabchnitt verengt, der in ein Wärmeaustauscherrohr hineinragt. Diese Lösung stellt keinen gasdichten Abschluss zwischen den einzelnen quaderförmigen Elementen her. Dies würde in Spaltgaskühlern einer Olefinanlage zu Koksbildung in den Zwischenräumen führen und die Materialien zerstören. Des Weiteren würden die Enden der verwendeten Tüllen eine Abrißkante im Rohrboden bilden, was bei den in Spaltgaskühlern gefahrenen hohen Strömungsgeschwindigkeiten starke Verwirbelungen mit der Folge von zusätzlichen Erosionen hervorrufen würde.

[0009] In der DE-C-44 04068 wird eine keramische Verkleidung offenbart, die aus feuerfesten Formkörpern gebildet wird. Diese können beispielsweise sechseckig sein und sind mit Lochungen versehen, durch die an der Unterseite des Rohrbodens angeschweißte Stifte oder Haken hindurchgreifen können. Der Formkörper wird auf diese Weise am Rohrboden aufgehängt. Eine fugenlose Beschichtung wird mit dieser Konstruktion nicht erreicht.

[0010] Des Weiteren ist bekannt, in einem Reaktor installierte Kühlrohre mit einer erosionshemmenden feuerfesten Beschichtung auszurüsten (vgl. US 4 124 068), um das Risiko eines Rohrversagens und das Eindringen von Kühlwasser in das umgebende Reaktionsgemisch bei erhöhter Temperatur zu vermindern.

[0011] In der DE 195 34 823 A 1 ist vorgeschlagen worden, die Rohrboden auf der Gaseintrittsseite mit einem chemisch abbindenden erosionsbeständigen Feuerfestprodukt zu beschichten, bei dem die Beschichtung aus einer Stampfmasse zunächst in einer verarbeitbaren Form aufgebracht und anschließend zu einer feuerfesten Masse gebrannt wird.

[0012] Diesen Anwendungen ist gemeinsam, dass sie keramische, also nichtmetallische Werkstoffe mit dem metallischen Apparatewerkstoff, im Wesentlichen Stahl verbinden. In der Praxis hat sich gezeigt, dass die Kombination keramischer und metallischer Bauteile aufgrund der unterschiedlichen Werkstoffeigenschaften, wie thermische Ausdehnungskoeffizient sowie unterschiedliche Verformbarkeit (spröde/duktile) bei der Verarbeitung, Montage und Instandsetzung besonderen Aufwand benötigen und oft problematisch sind. Bei eingesteckten Keramiktüllen ergibt sich darüber hinaus das Problem von Verwirbelungen und daher besonderer Beanspruchung des Materials am in Strömungsrichtung gesehen hinteren Ende der Tülle durch die dort vorhandene Ab-

rißkante. Im Gegensatz zu den Ausführungen in der DE 195 34 823 hat sich gezeigt, dass eine Beschichtung mit einer Feuerfestmasse nur im Kernbereich in der Mitte des Rohrbodens nicht praktikabel ist, da die dann nicht einheitliche Oberfläche des Rohrbodens in Zusammenwirkung mit den unterschiedlichen Materialeigenschaften dazu führt, dass besondere Probleme im Übergangsbereich, d. h. an der Außenkante der Feuerfestmasse auftreten, etwa durch Abplatzen derselben oder besonders starke Erosion durch Verwirbelung an der Kante. Darüber hinaus ist beim Aufbringen einer Beschichtung mit einem Feuerfestprodukt nur der Rohrboden als solcher geschützt. Vorteilhaft ist jedoch auch ein Schutz zumindest des in Strömungsrichtung gesehen vorderen Teils des jeweiligen Kühlerrohrs. Dies kann nur erreicht werden durch Einsetzen einer Tülle bzw. Hülse.

[0013] Dem Problem einer wesentlich stärkeren Anströmung und Beanspruchung der Kernzone im Vergleich zu den Randzonen ist versucht worden u. a. durch kegelförmige Einbauten (vgl. US-PS 35 52 487) oder durch diffusorartige Umlenkvorrichtungen ohne Einbauten (vgl. DE-PS 21 60 372) in den Eintrittskammern zu begegnen.

[0014] Ferner ist vorgeschlagen worden, sowohl zur Vergleichmäßigung der Durchströmung der Eintrittskammer als auch zum Schutz des Rohrbodens vor Erosion den RWÜ mit Einbauten aus Stäben, die zu Ringen gebogen sind, zu versehen, wobei die Ringe entlang der Oberfläche eines Kegels angeordnet sind, dessen Spitze zu dem Gaseintritt gerichtet ist (vgl. EP 0 377 089 A1).

[0015] Hierdurch sollen die von dem mit hoher Geschwindigkeit strömenden Gas im Bereich der Kernströmung mitgeführten Kokspartikel abgebremst und teilweise radial nach außen gelenkt werden, so dass sie nicht mehr zu Erosionsschäden an dem Rohrboden und den Rohren führen. Auf der anderen Seite ist mit derartigen Einbauten ein unerwünschter Differenzdruck und durch entsprechende Verweilzeiterhöhung ein Ausbeuteverlust verbunden.

[0016] Die Erfindung geht einen anderen Weg, indem durch eine metallische Auskleidung des Rohrbodens und des Eintrittsbereichs der Kühlerrohre ein wirksamer Verschleißschutz angestrebt wird. Der Abtrag an dem eintrittseitigen Rohrboden und in den Kühlerrohren machten periodische Abstellungen zur Inspektion und Instandsetzung der Spaltgaskühler erforderlich, wobei man sich in der Vergangenheit so beholfen hat, die Rohrböden durch Auftragsschweißung wieder auf die erforderliche Wanddicke zu bringen und die Kühlerrohre abschnittsweise zu ersetzen. Dieses Verfahren ist sehr aufwendig und kann hinsichtlich der Widerstandsfähigkeit des eingesetzten Werkstoffes ebenfalls nicht zufrieden stellen, da dieser lediglich dieselben Eigenschaften wie der ursprünglich eingesetzte aufweist.

[0017] Festgestellt wurde, dass der Werkstoffabtrag im Gaseintrittsbereich nicht allein durch mechanischen Abtrag sondern durch ein Zusammenwirken von Hochtemperaturkorrosion (Verzunderung) und mechani-

schem Abtrag der gebildeten Korrosionsprodukte (Eisenoxid) erfolgt.

[0018] Aufgabe der Erfindung ist also, auf den Rohrboden und den Eintrittsbereich der Kühlerrohre eine metallische Auskleidung mit hoher Beständigkeit gegen Hochtemperaturkorrosion aufzubringen, die im Übrigen ähnliche Werkstoffeigenschaften wie der Apparatewerkstoff (Duktilität, Wärmeausdehnungskoeffizient) aufweist. Auch eine Teilauskleidung soll ohne negative Nebeneffekte möglich sein. Des Weiteren soll die Auskleidung leicht aufzubringen und auch wieder leicht zu entfernen bzw. auszutauschen sein.

[0019] Gelöst wurde diese Aufgabe durch einen Rohrbündel-Wärmeübertrager (RWÜ) mit einer gegen den hier auftretenden Verschleiß beständigen Rohrbodenauskleidung zum Einsatz in thermischen Crackanlagen mit Kühlerrohren (1), die von dem zu kühlenden Gas durchströmt und an ihren Enden durch je einen Rohrboden gehalten werden, und versehen mit einem vom Kühlmittel durchströmten Mantel, wobei der gaseintrittsseitige Rohrboden (2) auf seiner von dem in den RWÜ eintretenden Gas angeströmten Seite zumindest teilweise durch eine Materialschicht bedeckt ist, die auf der Stirnseite von einzelnen, nebeneinander angeordneten und an den Außenkanten aneinander stoßenden in die Rohrenden eingesteckten Hülsen besteht (Fig.1), dadurch gekennzeichnet, dass die Einsteckhülsen aus einem hitzebeständigen metallischen Werkstoff bestehen.

[0020] Die Einsteckhülsen (Fig.2) sind im Prinzip einfach aufgebaut, nämlich im einfachsten Fall aus einem Rohr (4) und einer Platte (5). Das Rohr ist an einem Ende mit der Platte versehen, wobei sich die Fläche der Platte in einem 90° Winkel zur Längsachse des Rohres befindet. Anders ausgedrückt kann man sagen, dass das Rohr senkrecht auf der Platte steht. Die Platte (Fig.3) ist durchbrochen, so dass das anströmende Gas durch die Platte hindurch in das Rohr strömen kann. In einer einfachen Ausführungsform weist die Platte eine Bohrung auf. Diese ist vorzugsweise ähnlich oder gleich dem Innendurchmesser des Rohres. Die Herstellung der Einsteckhülse erfolgt entweder als Schweißkonstruktion, durch Zerspaltung, durch Gießen oder durch Kaltumformung.

[0021] Bevorzugt ist die Platte zentrisch zur Rohrquerschnittsmittelpunkt ausgerichtet. Die Längsachse des Rohres führt dann durch das Zentrum der Plattenfläche. Sinnvollerweise befindet sich auch die genannte Bohrung zentrisch in der Plattenfläche.

[0022] Die Platte selber weist eine Form auf, die so gestaltet ist, dass die Außenkanten der Platte mit den Außenkanten der Platten benachbarter Hülsen so aneinander stoßen, dass der eintrittsseitige Rohrboden zumindest teilweise vollflächig bzw. lückenlos bedeckt ist (Fig. 1).

[0023] Die geeigneten geometrischen Formen der Platten hängen davon ab, in welchen geometrischen Verhältnissen die einzelnen Kühlerrohre zueinander angeordnet sind. Geeignete geometrische einzelne Flächen, die durch Aneinanderlegen eine geschlossene größere

Fläche bilden, sind z. B. dreieckige Flächen, insbesondere gleichschenkelige, viereckige Flächen, insbesondere rechteckige, aber auch Rauten bzw. Rhomben und Sechsecke, insbesondere solche, bei denen alle Winkel bzw. Seitenlängen identisch sind. Sind die Rohre des Rohrbündels so angeordnet, das in der Draufsicht sich ein Gitternetzwerk bildet, wobei die Rohre jeweils die Kreuzungspunkte markieren und dieses Gitter ein quadratisches ist, so ist auch bevorzugt, dass die Platten der Hülse quadratisch sind.

[0024] Vorteilhafterweise weist das Rohr der Hülse einen Außendurchmesser auf, der gleich oder geringfügig geringer ist als der Innendurchmesser der Kühlerrohre. Nur in einem solchen Fall können die Einsteckhülsen mit ihrem Rohr paßgenau in die Kühlerrohre eingesteckt werden. In der Praxis hat sich erwiesen, dass eine optimale Länge der Rohre der Einsteckhülsen im Bereich von 50 bis 200 mm liegt, besonders geeignet sind Rohre mit einer Länge von 70 bis 150 mm. Insbesondere Rohre mit 100 bis 120 mm Länge sind optimal, da dies dem Rohrabschnitt der Kühlerrohre entspricht, der unter Betriebsbedingungen am stärksten beansprucht wird.

[0025] Die Materialdicke des Rohres und der Platte der Einsteckhülse sind den übrigen Dimensionen des RWÜ und den Betriebsbedingungen angepasst. Üblicherweise ist eine Wanddicke des Rohres von etwa 1 mm optimal. Die Platte weist vorzugsweise eine Dicke von 2 mm bis 10 mm auf.

[0026] Wie bereits erwähnt, erfolgt der Werkstoffabtrag im Gaseintrittsbereich insbesondere im stark beanspruchten mittleren Bereich der Rohrplatte durch ein Zusammenwirken von Hochtemperaturkorrosion (Verzunderung) und mechanischem Abtrag der gebildeten Korrosionsprodukte (Eisenoxide). Dies ist insofern eine neue Erkenntnis, als dass man in Fachkreisen bislang davon ausgegangen ist, dass der Werkstoffabtrag allein oder zumindestens überwiegend durch mechanische Abrasion erfolgt. Dies hat den Fachmann davon abgehalten, metallische Beschichtungen zugunsten von keramischen bzw. Feuerfestmassenbeschichtungen einzusetzen, zumal die früher gängige Methode des Aufschweißens mühsam und kostspielig war und nicht zu wünschenswert langen Standzeiten geführt hat.

[0027] Der Erfindung liegt auch die Erkenntnis zugrunde, dass metallische Materialien, die unter den gegebenen Prozeßbedingungen ausreichend beständig gegen Hochtemperaturkorrosion sind, bei denen also an der Oberfläche nicht ständig Korrosionsprodukte gebildet werden, dann gegen die rein mechanische Abrasionsbeanspruchung ausreichend resistent sind. Insoweit werden also bevorzugt hochtemperaturkorrosionsbeständige Metalllegierungen eingesetzt, insbesondere hoch Chrom-haltige Stähle und Nickelbasislegierungen. Aufgrund ihrer Beständigkeit unter den genannten Prozeßbedingungen sind austenitische Stähle zur Herstellung der Einsteckhülsen besonders bevorzugt.

[0028] Um eine günstige Gasströmung zu erreichen, ist dieser Eintritt der Hülse konisch oder abgerundet

gestaltet (6).

[0029] Damit am hinteren Ende der in das Kühlerrohr eingeführten Hülse keine Abrißkante entsteht, die zu Verwirbelung und Werkstoffabtrag im Kühlerrohr führen kann, ist das der Platte entgegengesetzte Rohrende der Einsteckhülse angefast (7).

[0030] Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäß eingesetzten Einsteckhülsen liegt in der Verformbarkeit des metallischen Materials aus dem sie hergestellt sind. Dies erlaubt, die Hülse mit einem einfachen gängigen Verfahren, z. B. durch Anwalzen, fest und spaltfrei mit dem Kühlerrohr zu verbinden. Alternativ zum Anwalzen kann auch das Verfahren des hydraulischen Anlegens angewandt werden.

[0031] Die Werkstoffeigenschaften der Einsteckhülsen erlauben eine dünnwandige Ausführung der Hülse, wodurch die Bildung einer Abrißkante an dem der Stirnseite entgegengesetzten Rohrende minimiert wird. Außerdem wird durch eine dünne mit dem Kühlerrohr fest verbundene Hülse die Wärmeübertragung nur sehr wenig behindert und die Kühlleistung des RWÜ an dieser Stelle nicht beeinträchtigt.

[0032] Im Vergleich mit dem bekannten Stand der Technik weist die vorliegende Erfindung folgende Vorteile auf:

- Die Werkstücke bzw. Einsteckhülsen sind im Vergleich zu Keramik sehr robust und brauchen nicht besonders gegen Stoß oder Fall gesichert werden.
- Es werden an die Maßhaltigkeit sowohl der Kühlerrohre als auch der Hülse nicht so hohe Anforderungen wie bei Keramik gestellt. Dies liegt u. a. darin begründet, dass erst durch das Anwalzen bzw. hydraulische Anlegen die feste Verbindung zwischen Kühlerrohr und Hülsenrohr hergestellt wird. Das Verfahren ist daher besonders auch bei Reparaturen oder Nachrüstungen bereits gebrauchter Kühler mit durch Abtrag im Innendurchmesser vergrößerten Kühlerrohren anwendbar. Bei solchen bereits vorgeschädigten Kühlern ist wegen des erfolgten Materialabtrags eine größere Aufweitung notwendig, aber mit den verwendeten Materialien ohne weiteres leistbar. Die Einsteckhülsen werden dann beim Anwalzen bzw. hydraulischen Anlegen etwas weiter aufgeweitet als bei vergleichbaren nicht vorgeschädigten Kühlerrohren.
- Niedrige Herstellungskosten, da gängige Materialien und Verfahren, automatisierbare Serienfertigung
- Bei einem instandzusetzenden Kühler sind nur geringe Vorarbeiten z. B. Sandstrahlen notwendig, jedoch keine weitere Oberflächenbehandlung und auch kein Verschließen der Rohre wie z. B. beim Aufbringen einer Stampfmasse.
- Die Montagekosten sind niedrig, da es sich bei den verwendeten Werkzeugen um Standardwerkzeuge handelt.
- Die Einbauzeit ist vergleichsweise kurz, da kein Anbringen von Verankerungen, Schrauben oder der-

gleichen notwendig ist, ebenfalls kein Schweißen und auch kein Einbrennen, wie z. B. bei einer Stampfmasse.

- Sehr wichtig ist auch die einfache und schnelle Demontage der eingesetzten Einsteckhülsen ohne die Gefahr einer Beschädigung des Kühlers. Vorzugsweise wird hierzu zwischen Platte und Rohr mit einem geeigneten Werkzeug (z.B. Innenrohrschneider, Fräser, Bohrer) ein Trennschnitt angebracht. Nach Entfernen der Platte wird ein Dorn zwischen Kühlerrohr und Hülsenrohr getrieben, worauf dieses manuell gezogen wird.
- Die Platten der Einsteckhülsen können an ihren Rändern, nämlich dort, wo die Ränder den Außenrand der gebildeten Gesamtfäche bilden, also nicht an Ränder benachbarter Einsteckhülsen stoßen, abgeschrängt sein, um keine schwarze Kante zwischen der Platte der Einsteckhülse und dem Rohrboden zu bilden.

[0033] Der Einsatz der erfindungsgemäßen RWÜ ist nicht auf thermische Crackanlagen beschränkt. Vielmehr kann er auch in anderen Prozessen eingesetzt werden, bei denen an das Material aufgrund der Prozeßbedingungen ähnliche Anforderungen gestellt werden. z. B. abstromseitig von Wirbelschichtfeuerung sowie Verbrennungsturbinen.

[0034] Die erfindungsgemäßen RWÜ können nach allen gebräuchlichen Bauformen, z.B. Festplatten-, Schwimmkopf-, U-Rohr-Wärmeübertrager, gestaltet werden. In Crackanlagen kommen üblicherweise Festplatten-Wärmeübertrager zum Einsatz.

Figur 1 zeigt eine Querschnittszeichnung durch einen Rohrboden (2) mit hier 2 exemplarischen Kühlerrohren (1), die über eine Rohreinschweißung (3) mit der Bodenplatte verbunden sind. In die Kühlerrohre ist jeweils eine Hülse bestehend aus Hülsenrohr (4) und Hülsenplatte (5) eingesteckt. Die Platten der Hülsen benachbarter Rohre (1) haben eine gemeinsame Stoßkante (8), an der sie paßgenau aneinanderstoßen. Dadurch kann der Rohrboden (2) vollständig abgedeckt werden. Das anströmende Spaltgas trifft diesen dann nicht, sondern die Stirnseite der Platte der Einsteckhülsen.

Figur 2 zeigt eine Einsteckhülse im Längsschnitt und Figur 3 dieselbe Hülse in der Draufsicht. Die Hülse wird gebildet durch das Hülsenrohr (4) und die Hülsenplatte (5). Deutlich zu erkennen ist der gerundete Eintrittsbereich (6) sowie das angefastete Rohrende (7).

Bezugszeichenliste

[0035]

(1) Kühlerrohr

- (2) Rohrboden
- (3) Rohreinschweißung
- (4) Hülsenrohr
- (5) Hülsenplatte
- (6) Gerundeter Eintrittsbereich
- (7) Angefastetes Rohrende
- (8) Stoßkante

10 Patentansprüche

1. Rohrbündel-Wärmeübertrager (RWÜ) zum Kühlen von Gasen aus thermischen Crackanlagen, ausgestattet mit

- a) einer gegen Verschleiß durch Verzunderung beständigen Rohrbodenauskleidung
- b) Kühlrohren (1), die von dem zu kühlenden Gas durchströmt und an ihren Enden durch je einen Rohrboden gehalten werden und
- c) einem vom Kühlmittel durchströmten Mantel,

wobei der gaseintrittsseitige Rohrboden (2) auf seiner von dem in den RWÜ eintretenden Gas angeströmten Seite zumindest teilweise durch eine Materialschicht bedeckt ist, die aus der Stirnseite von einzelnen, nebeneinander angeordneten und an den Außenkanten aneinander stoßenden in die Rohrenden eingesteckten Hülsen besteht, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einsteckhülsen aus verzunderungsresistenten Metalllegierungen, insbesondere aus austenitischem Stahl, bestehen.

2. RWÜ nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einsteckhülsen im Wesentlichen aus einem Rohr (4) gebildet sind, welches an einem Ende mit einer Platte (5) versehen ist, die in einem 90°-Winkel zur Längsachse des Rohres ausgerichtet und so durchbrochen ist, dass das anströmende Gas durch die Platte (5) hindurch in das Rohr (4) strömen kann.
3. RWÜ nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Platte (5) zentrisch zur Rohrquerschnittsmittelpunkt ausgerichtet ist.
4. RWÜ nach vorstehendem Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Platte (5) eine Form aufweist, die so gestaltet ist, dass die Außenkanten der Platte mit den Außenkanten der Platten benachbarter Hülsen so aneinander stoßen (8), dass der eintrittsseitige Rohrboden zumindest teilweise lückenlos bedeckt ist.
5. RWÜ nach einem der vorstehenden Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Platte (5) rechteckig vorzugsweise quadratisch ist

6. RWÜ nach einem der vorstehenden Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rohr (4) der Hülse einen Außendurchmesser aufweist, der gleich oder geringfügig geringer ist als der Innendurchmesser der Kühlerrohre (1). 5
7. RWÜ nach einem der vorstehenden Ansprüche 2 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rohr (4) der Einsteckhülse eine Länge von 50 bis 200 mm, vorzugsweise 70 bis 150 mm, insbesondere 100 bis 120 mm aufweist. 10
8. RWÜ nach einem der vorstehenden Ansprüche 2 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rohr (4) der Einsteckhülse eine Wanddicke von 1 mm aufweist. 15
9. RWÜ nach einem der vorstehenden Ansprüche 2 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Platte (5) der Einsteckhülse eine Dicke von 2 bis 110 mm aufweist. 20
10. RWÜ nach mindestens einem der vorstehenden Ansprüche 2 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das der Platte (5) entgegengesetzte Rohrende der Einsteckhülse angefast ist. 25
11. RWÜ nach einem der vorstehenden Ansprüche 2 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einsteckhülse mit dem jeweiligen Kühlerrohr (1) durch Anwalzen oder hydraulisches Aufweiten fest verbunden ist. 30
12. Verfahren zum Ausstatten eines RWÜ gemäß Anspruch 1 mit einer Materialschicht, **dadurch gekennzeichnet, dass** aus einem Rohr (4) und einer Platte (5) gebildete Hülsen in die Wärmetauscherrohre eingesteckt und das eingesteckte Rohr (4) der Hülse mit dem Wärmetauscherrohr (1) durch Anwalzen oder hydraulisches Anlegen fest verbunden wird. 35 40

Claims

1. Shell- and tube heat exchanger used for cooling gases in thermal cracking plants which features 45
- a) a tube sheet lining resistant to scaling-induced wear and tear, 50
 - b) cooling tubes (1) through which the gas to be cooled flows and which are held in place by a tube sheet at either end, and
 - c) a shell through which the cooling medium flows, 55

and in which the gas-inlet side of tube sheet (2) is at least partially covered on the side from which the

gas reaches the tube sheet by a layer of material on its face consisting of single sleeves which are inserted into the tube ends and which are located side by side and touch one another at the outer edges, **characterised in** such that the sleeves are made of scaling-resistant metal alloys, especially of austenitic steel.

2. Shell- and tube heat exchanger according to claim 1 **characterised in that** the sleeves for the most part consist of a tube (4) fitted with a plate at one end, with the plate (5) being arranged at a 90° angle to the longitudinal axis of the tube and the plate (5) featuring an opening through which the gas can flow into the tube (4).
3. Shell- and tube heat exchanger according to claim 2 **characterised in that** the plate (5) is aligned centrally with the centre of the tube's cross section.
4. Shell- and tube heat exchanger according to the above claim **characterised in that** the plate (5) is shaped such that its outer edges touch the outer edges of the plates of the adjacent sleeves in such a way that the inlet-side of the tube sheet is covered without a gap - at least partially.
5. Shell- and tube heat exchanger according to the above claims 2 to 4 **characterised in that** the shape of the plate (5) is rectangular, preferably square.
6. Shell- and tube heat exchanger according to one of the above claims 2 to 5 **characterised in that** the tube (4) of the sleeve has an outer diameter equal to or smaller than the inner diameter of the cooling tubes (1).
7. Shell- and tube heat exchanger according to one of the above claims 2 to 6 **characterised in that** the tube (4) of the sleeve has a length of between 50 and 200 mm, preferably of between 70 and 150 mm, in particular of between 100 and 120 mm.
8. Shell- and tube heat exchanger according to one of the above claims 2 to 7 **characterised in that** the tube (4) of the sleeve has a wall thickness of 1 mm.
9. Shell- and tube heat exchanger according to one of the above claims 2 to 8 **characterised in that** the plate (5) of the sleeve has a thickness of between 2 and 110 mm.
10. Shell- and tube heat exchanger according to at least one of the above claims 2 to 9 **characterised in that** the tube end of the sleeve facing the plate (5) is beveled.
11. Shell- and tube heat exchanger according to one of

the above claims 2 to 10 **characterised in that** the sleeve is permanently fixed to the respective cooling tube (1) by being rolled in or hydraulically expanded.

12. A process to provide a shell- and tube heat exchanger according to claim 1 with a layer of material **characterised in that** the sleeves consisting of a tube (4) and a plate (5) are inserted into the heat exchanger tubes and that the inserted tube (4) of the sleeve is permanently fixed to the cooling tube (1) by being expanded or hydraulically expanded.

Revendications

1. Echangeur de chaleur à faisceau tubulaire destiné à refroidir les gaz d'installations de chaleurs de craquage, équipé

- a) de plateau à tubes avec un revêtement résistant à l'usure par calaminage,
b) de tubes de refroidissement (1) parcourus par le gaz à refroidir et maintenus à chacune de leurs extrémités par un plateau à tubes, et
c) d'une calandre parcourue par un fluide de refroidissement,

le plateau à tubes (2) situé du côté de l'arrivée du gaz étant, sur sa face exposée au gaz entrant dans l'échangeur de chaleur à faisceau tubulaire, au moins en partie recouvert d'une couche composée de la partie frontale d'embouts installés les uns à côté des autres dont les parois extérieures se touchent et qui sont enfichés dans les extrémités des tubes, **caractérisé en ce que** les embouts enfichables sont en alliages de métaux résistants au calaminage, en particulier en acier austénitique.

2. Echangeur de chaleur à faisceau tubulaire selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les embouts enfichables sont constitués pour l'essentiel d'un tube (4) doté à son extrémité d'une plaque (5) formant un angle de 90° avec l'axe longitudinal du tube et perforée de telle manière que le gaz arrivant puisse pénétrer dans le tube (4) à travers la plaque (5).

3. Echangeur de chaleur à faisceau tubulaire selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** la plaque (5) est centrée sur le milieu de la section du tube.

4. Echangeur de chaleur à faisceau tubulaire selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** la plaque (5) présente une forme telle que les bords extérieurs de la plaque et les bords extérieurs des plaques des embouts voisins se touchent (8) de telle manière que le plateau à tubes situé du côté de l'entrée [du gaz] soit au moins en partie recouvert de façon continue.

5. Echangeur de chaleur à faisceau tubulaire selon l'une des revendications précédentes 2 à 4, **caractérisé en ce que** la plaque (5) est de forme rectangulaire et, de préférence, carrée.

6. Echangeur de chaleur à faisceau tubulaire selon l'une des revendications précédentes 2 à 5, **caractérisé en ce que** le tube (4) de l'embout présente un diamètre extérieur égal ou légèrement inférieur au diamètre intérieur des tubes de refroidissement (1).

7. Echangeur de chaleur à faisceau tubulaire selon l'une des revendications précédentes 2 à 6, **caractérisé en ce que** le tube (4) de l'embout enfichable présente une longueur comprise en 50 et 200 mm, de préférence entre 70 et 150 mm, par exemple entre 100 et 120 mm.

8. Echangeur de chaleur à faisceau tubulaire selon l'une des revendications précédentes 2 à 7, **caractérisé en ce que** le tube (4) de l'embout enfichable présente une épaisseur de paroi de 1 mm.

9. Echangeur de chaleur à faisceau tubulaire selon l'une des revendications précédentes 2 à 8, **caractérisé en ce que** la plaque (5) de l'embout enfichable présente une épaisseur de 2 à 110 mm.

10. Echangeur de chaleur à faisceau tubulaire selon au moins l'une des revendications précédentes 2 à 9, **caractérisé en ce que** l'extrémité, opposée à la plaque (5), du tube de l'embout enfichable est chanfreinée.

11. Echangeur de chaleur à faisceau tubulaire selon l'une des revendications précédentes 2 à 10, **caractérisé en ce que** l'embout enfichable est solidement relié au tube de refroidissement (1) correspondant par laminage ou dudgeonnage hydraulique.

12. Procédé destiné à équiper un échangeur de chaleur à faisceau tubulaire d'une couche de matériau conformément à la revendication 1 et **caractérisé en ce que** des embouts composés d'un tube (4) et d'une plaque (5) sont enfichés dans les tubes de l'échangeur de chaleur et que le tube enfiché (4) de l'embout est solidement relié au tube de l'échangeur de chaleur (1) par laminage ou dudgeonnage hydraulique.

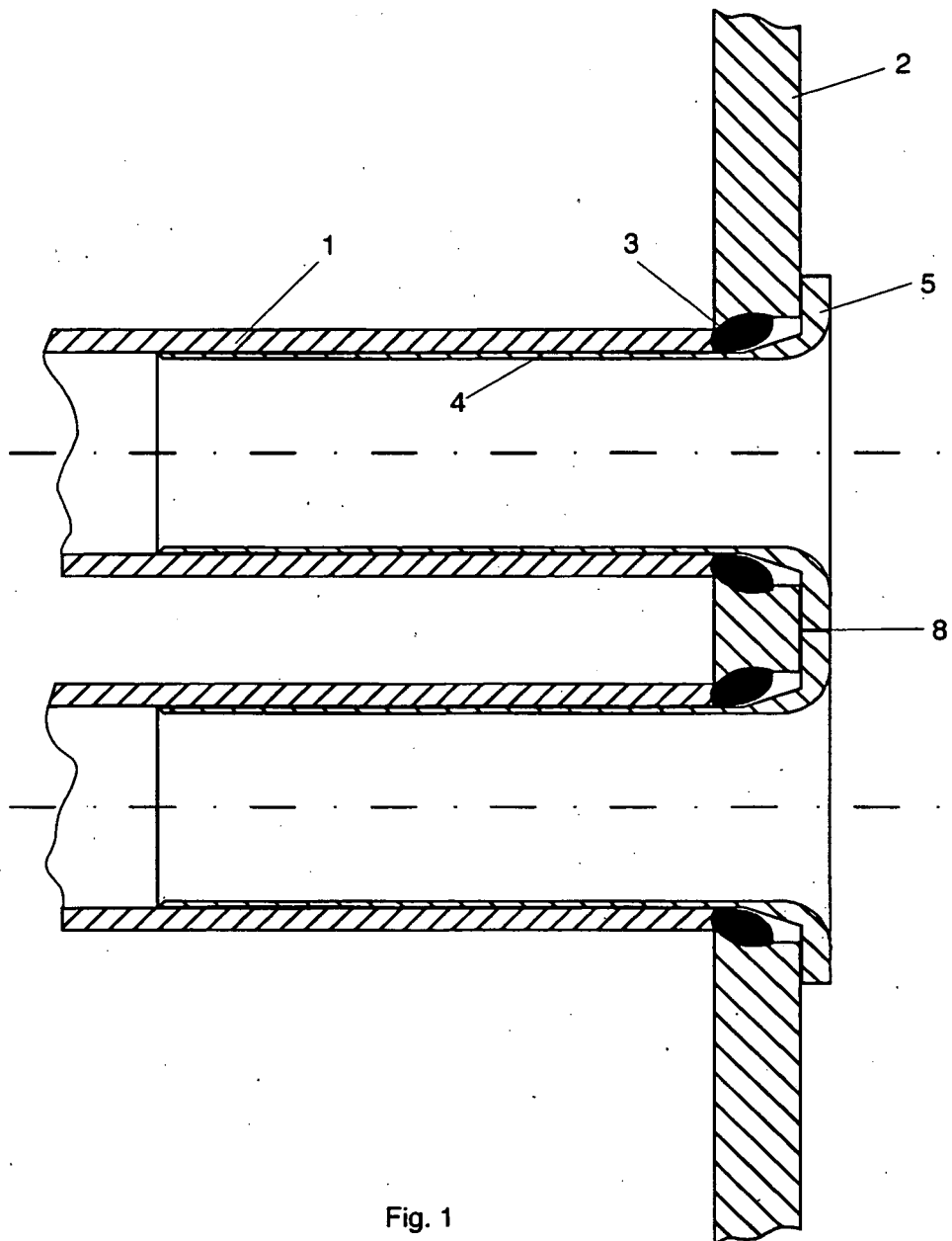


Fig. 1

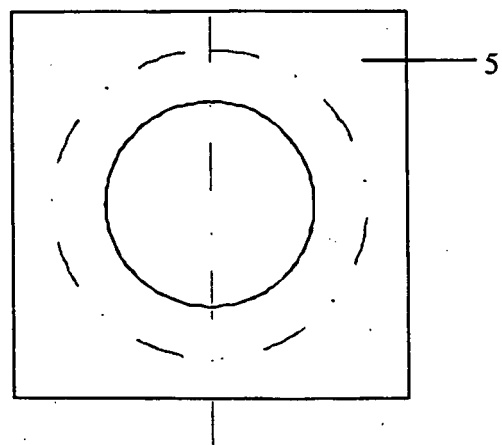
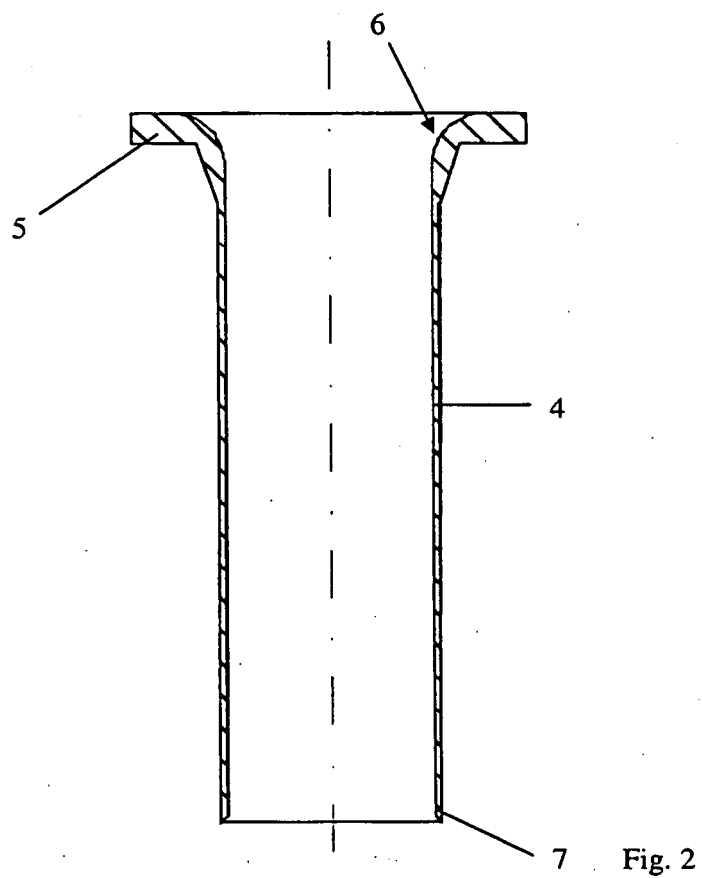


Fig. 3

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 0567674 A [0001] [0008]
- DE 4404068 C [0009]
- US 4124068 A [0010]
- DE 19534823 [0011] [0012]
- US PS3552487 A [0013]
- DE PS2160372 C [0013]
- EP 0377089 A1 [0014]