



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 666 532 A5

⑤① Int. Cl.4: F 22 B 29/02
F 22 B 37/14

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

②① Gesuchsnummer: 6173/84

⑦③ Inhaber:
Dr.-Ing. Mustafa Youssef, Zürich

②② Anmeldungsdatum: 27.12.1984

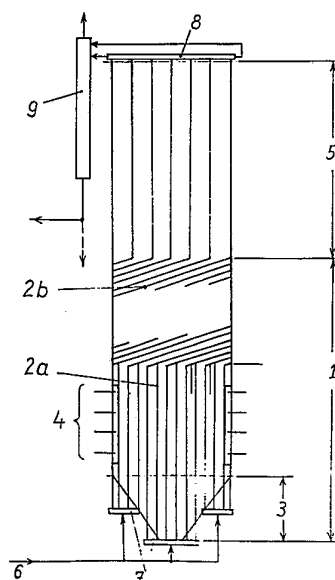
②④ Patent erteilt: 29.07.1988

④⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 29.07.1988

⑦② Erfinder:
Youssef, Mustafa, Dr.-Ing., Zürich

⑤④ **Brennkammer-Rohranordnung in Zwangsdurchlauf-Dampferzeugern.**

⑤⑦ Bei dieser Rohranordnung stehen die Wandrohre im Brennerbereich vertikal (2a) und im oberen Teil der Brennkammer verlaufen sie schräg in Form einer Schrauben- (Spiral-) oder Treppen-Wicklung (2b), wobei die Verhältnisse so gewählt sind, dass der Verdampfungsbeginn möglichst bei allen Lasten in den vertikalen Rohren liegt. Im Konvektionskanal gehen die Spiralrohre dann wieder in vertikale Rohre über.



PATENTANSPRUCH

Brennkammer-Rohranordnung in Zwangsdurchlauf-Dampferzeugern, dadurch gekennzeichnet, dass die Rohre (2) im Brennerbereich (4) der Brennkammer (1), oberhalb des Trichters (3), vertikal (2a) und im oberen Teil der Brennkammer nach dem Brenner-Bereich schräg (2b) in Form einer Schrauben-Wicklung verlaufen (Fig. 2).

BESCHREIBUNG

Für die Herstellung der Brennkammer und des Konvektionskanals von grösseren Dampferzeugern kommen heutzutage gasdichte Membranrohrwände in Frage. Sie werden als Verdampfer eingesetzt und bestehen aus Rohren, die mittels Blechstegen miteinander verschweisst sind. Sie sind in einem Traggerüst aufgehängt, so dass sie sich bei Erwärmung ungehindert nach unten ausdehnen können.

Für Zwangsdurchlaufkessel sind zwei Haupttypen bekannt, die schematisch in Fig. 1 dargestellt sind:

- Variante a: reiner Zwangsdurchlauf nach dem Benson-Sulzer-Prinzip
- Variante b: Zwangsdurchlauf mit überlagertem Umlauf

Bei der Variante a sind die Rohre (2) im Brennkammer-Bereich (1) der Membranrohrwände schräg in Form einer Spiral- oder Schrauben-Wicklung angeordnet (Spiral- oder Schrauben-Wicklung ist nach Fig. 3 zu verstehen). Bei der Variante b stehen die Rohre (2) vertikal. In beiden Varianten sind die Membran-Rohrwände des Konvektionskanals (5) in gleicher Weise mit vertikalen Rohren ausgeführt.

Das unterkühlte Speisewasser (6) strömt zum Verteilersammler (7) am Brennkammerboden. Am oberen Rand des Konvektionskanals (5) befinden sich Sammler (8), von denen das Wasser-Dampf-Gemisch in den Wasserabscheider (9) gelangt.

Zur Kühlung der Brennkammerrohrwände und um eine Filmverdampfung in den Rohren zu verhindern, ist eine Mindest-Massenstromdichte erforderlich. Diese wird bei der Variante a während dem Anfahren und dem Schwachlastbetrieb (unter 40%) durch Umwälzen oder Überspeisen aufrechterhalten. Bei der Variante b wird auch bei Vollast-Wasser über eine Umwälzpumpe (10) rezirkuliert.

Nachteile der bekannten Typen:

Bei der Variante a verursachen die Rohrausbiegungen für Brenneröffnungen, insbesondere bei Kohlenfeuerung, konstruktive Schwierigkeiten neben Rohrlängendifferenzen. Ferner sind die Strömungswiderstände bzw. die Leistungsverluste wegen der grossen Rohrlängen und Massenströme der Spiralrohre gross. Bezüglich der Festigkeit sind schräg angeordnete Rohre infolge des Eigengewichtes in tangentialer Richtung belastet und schlecht ausgenützt. Sie benötigen deshalb mechanische Unterstützungselemente in vertikaler Richtung.

Bei der Variante b erhalten die einzelnen vertikalen Rohre wegen der Beheizungsprofile über die Wandbreite ungleichmässige Wärmeaufnahmen, welche grosse Temperaturdifferenzen in den Brennkammerwandrohren hervorrufen können. Zur Verminderung der Temperaturdifferenzen ist ein grösserer Druckabfall der Ausgleichdrosselung notwendig. Wegen der kürzeren Rohre und der dementsprechend niedrigen Durchflüsse ist eine Umwälzung des Wassers über den gesamten Lastbereich notwendig, um die Filmverdampfung zu verhindern.

Die Aufgabe der Erfindung ist es, vorteilhafte Eigenschaften zu erzielen und die Nachteile zu überwinden. Die wesentlichen Merkmale der Erfindung ergeben sich aus dem Patentanspruch. Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der Fig. 2 beschrieben.

In demjenigen Bereich der Brennkammer über dem Trichter (3), der im wesentlichen durch die Brenner bestimmt ist, stehen die Rohre der Membranrohrwände vertikal (2a), und im oberen Teil des Brennkammerbereiches nach dem Brennerbereich (4) verlaufen sie schräg in Form einer Schrauben-Wicklung (2b).

Im Konvektionskanal (5) stehen die Rohre der Membranwände gleich wie bei den bekannten Varianten a und b vertikal. Im Bereich des Trichters (3) können die Rohre mit beliebiger Anzahl und Anordnung ausgeführt werden.

Das unterkühlte Speisewasser (6) wird im Bereich des Trichters (3) und der vertikalen Rohre (2a) der Brennkammerwand auf die Sättigungstemperatur vorgewärmt. Die Stelle des Verdampfungsbeginns soll bei allen unterkritischen Betriebsbereichen möglichst in den vertikalen Rohren, jedoch nahe beim Übergang in die Schrauben-Wicklung, liegen.

Diese Dampferzeuger-Variante kann für verschiedene Feuerungsarten verwendet werden und eignet sich insbesondere für die Braunkohlenfeuerung, die mit grossen Brenneröffnungen und relativ niedriger Wärmebelastung arbeitet.

Die neue Variante kann für Zwangsdurchlauf-Dampferzeuger mit unter- oder überkritischem Druck, in Turm- oder Zweizug-Bauweise und mit Überspeisung bei Anfahren und Schwachlast oder mit überlagertem Umlauf verwendet werden.

Mit der neuen Dampferzeuger-Variante lassen sich vorteilhafte Eigenschaften erzielen, welche nur zum Teil bei der Variante a oder b anzutreffen sind. Diese werden nachfolgend im einzelnen erläutert:

1. Brenneröffnungen

Während die Rohrausbiegungen für grosse Brenner bei den Spiralrohren der Variante a konstruktive Schwierigkeiten verursachen, geschieht die Herstellung von grossen Öffnungen bei der neuen Variante ausschliesslich oder vorwiegend in einem Bereich mit vertikalen Rohren der Brennkammer problemlos und mit geringem Aufwand.

2. Rohrlängendifferenzen

Durch die Vermeidung von Rohrausbiegungen für die Brenneröffnungen, wie sie im Fall der Variante a notwendig sind, können Rohrlängendifferenzen insbesondere bei grossen Brenneröffnungen praktisch vermieden werden.

3. Verhinderung der Filmverdampfung

Im oberen Teil der Brennkammer, d.h. im Gebiet der eigentlichen Verdampfung und der grösseren Wärmestromdichte, kann es zu Filmverdampfungen kommen, wodurch der Wärmeübergang stark behindert wird. Wegen des Übergangs auf Schräglage der Rohre kann nur eine kleine Anzahl von Rohren angeordnet werden (z.B. zwei oder mehrere vertikale Rohre gehen in ein Spiralrohr über). Demgemäss reduziert sich der Durchflussquerschnitt der gesamten Verdampferrohre und es ergibt sich ein grösserer Massenstrom in einem Spiralrohr, wodurch die Filmverdampfung im wesentlichen Lastbereich verhindert wird.

Der Vorteil der neuen Variante gegenüber der bekannten Variante b liegt darin, dass die Umwälzung des Wassers zur Verhinderung der Filmverdampfung nicht über den gesamten Lastbereich notwendig ist.

Bei Anfahren und Schwachlastbetrieb verlangt diese neue Variante, wie bei Variante a, den Einsatz eines kombinierten Systems mit Überspeisung oder Umwälzung.

Bei extrem ungünstigen Fällen wie z.B. bei grossen Dampferzeugern, Ölfeuerung, geringer Unterkühlung des vorgewärmten Speisewassers, kann eine Überspeisung oder

Umwälzung bei schwachen Lasten notwendig werden, die auch etwas über der 40%-Last liegt, damit eine mögliche Filmverdampfung vor dem Übergang zu den Spiralrohren verhindert wird. Im Bereich der vertikalen Rohre können in extremen Fällen auch innengerillte Rohre verwendet werden.

4. Druckabfall

Da die Rohre im unteren Teil des Brennkammerbereiches vertikal stehen, kann eine grosse Rohranzahl mit kleinerem Massenstrom pro Rohr und kleinsten Rohrlängen untergebracht werden.

Bei gleicher Ausführung der Wandrohre im oberen Teil der Brennkammer und im Konvektionskanal wie bei Variante a ergibt sich ein kleinerer Druckabfall zwischen dem Ein- und dem Austrittssammler dieser neuen Variante, der ca. 30% tiefer liegt als bei Variante a.

Obwohl der obere Teil der Brennkammer bei Variante b aus kürzeren vertikalen Rohren und bei der neuen Variante mit längeren Spiralrohren ausgeführt ist, liegt der Druckabfall zwischen Ein- und Austrittssammler der neuen Variante ebenfalls unter demjenigen der Variante b, da bei dieser ein überlagerter Umlauf über den gesamten Lastbereich notwendig ist. Ausserdem benötigt die Variante b einen grösseren Druckabfall der Ausgleichsdrosselung, um den Durchfluss dem Beheizungsquerschnitt anzupassen.

5. Ausgleichung des Beheizungsquerschnitts

Bei schiefer Feuerlage, d.h. wenn die sich im Betrieb befindlichen Brenner ungleichmässig über den Brennkammer-Umfang verteilt sind, bestehen in bestimmten Brennkammerbereichen grössere Wärmebelastungen. Aber auch bei symmetrischer Feuerlage ist mit einem horizontalen Beheizungsprofil über die Wandbreite zu rechnen (Ecken bekommen weniger Wärme). Da im oberen Teil der Brennkammer eine relativ höhere Wärmebelastung auftritt, ist es zweckmässig, die Wandrohre in diesem Bereich schraubenlinienförmig auszuführen. Damit wird das Beheizungsquerschnittsprofil, bzw. eine schiefe Feuerlage, im wesentlichen ausgeglichen. Die Beheizungsprofile im unteren Brennkammerbereich bewirken keine grossen Unterschiede der Wärmeströme zu den einzelnen vertikalen Rohren. Die neue Dampferzeuger-Variante benötigt eine kleinere Ausgleichsdrosselung der einzelnen Rohrgruppen und vermeidet damit einen grossen Drossel-Druck-Abfall und Temperaturdifferenzen über die Wandbreite und den Lastbereich im Vergleich mit Variante b.

6. Empfindlichkeiten bei Beheizungsstörungen

Werden einzelne Rohrgruppen (insbesondere im Bereich

der vertikalen Rohre der Brennkammer) durch eine schiefe Feuerlage, Schlackenbildung oder andere Beheizungsstörungen stärker beheizt, so verschiebt sich der Verdampfungs-Anfangspunkt nach unten und der geodätische Druckabfall sinkt, bzw. der Auftrieb steigt. Die negative Änderung des geodätischen Druckabfalls kompensiert oder überwiegt die positive Änderung des Reibungsdruckabfalls. Stärker beheizte Rohre können dadurch mehr Wasser bekommen. Die maximale Ausnützung dieses Effektes wird erreicht, wenn der Verdampfungs-Anfangspunkt sich im Bereich der vertikalen Rohre verschiebt, während dies bei den Spiralrohren um den Faktor ($\sin \alpha$) abgeschwächt auftritt. Die neue Dampferzeuger-Variante weist eine gute Durchfluss-Empfindlichkeit der Einzelrohre auf. Der grössere mittlere Massenstrom im Einzelrohr des Spiralbereiches (2b) erlaubt eine schwächere Enthalpie- und Temperatur-Empfindlichkeit bei Einzelrohrstörungen.

Die neue Dampferzeuger-Variante weist günstige statische Empfindlichkeiten auf, welche nicht gleichzeitig in einer der beiden bekannten Dampferzeuger-Varianten a oder b konzentriert sind.

Hinsichtlich der Schlackenbildung und ihrer Selbstreinigung ist es daher zweckmässig, die Wandrohre gemäss der neuen Variante in der unteren Hälfte der Brennkammer mit vertikalen Rohren auszuführen.

7. Festigkeitsverhältnisse

Die Brennkammerrohre sind mittels Blechstegen miteinander längsverschweisst und sind in tangentialer Richtung weniger belastbar als Rohre ohne Schweissnaht. Ferner ist bekannt, dass die Rohrwandspannung durch Innendruck in Längsrichtung halb so gross ist wie in tangentialer Richtung

$$\left(\sigma_r = 2 \cdot \sigma_L = \frac{p \cdot d}{2 \cdot s} \right)$$

Die geschweissten Rohrwände tragen ihr Eigengewicht mit dem Wasserinhalt und den Aschenrückständen. Diese Zusatzbeanspruchungen fallen bei vertikalen Rohren in die axiale Richtung, in der die Rohre am tragfähigsten sind, während sie bei Spiralrohren in die tangentialer Richtung fallen, in welcher die Rohre am schwächsten sind. Deshalb benötigen die Spiralrohre mechanische Unterstützungselemente in vertikaler Richtung. Solche Unterstützung ist jedoch im Bereich der vertikalen Rohre nicht nötig. Bei der neuen Dampferzeuger-Variante sind also nur im kleinen Bereich der Spiralrohre Unterstützungselemente in vertikaler Richtung nötig.

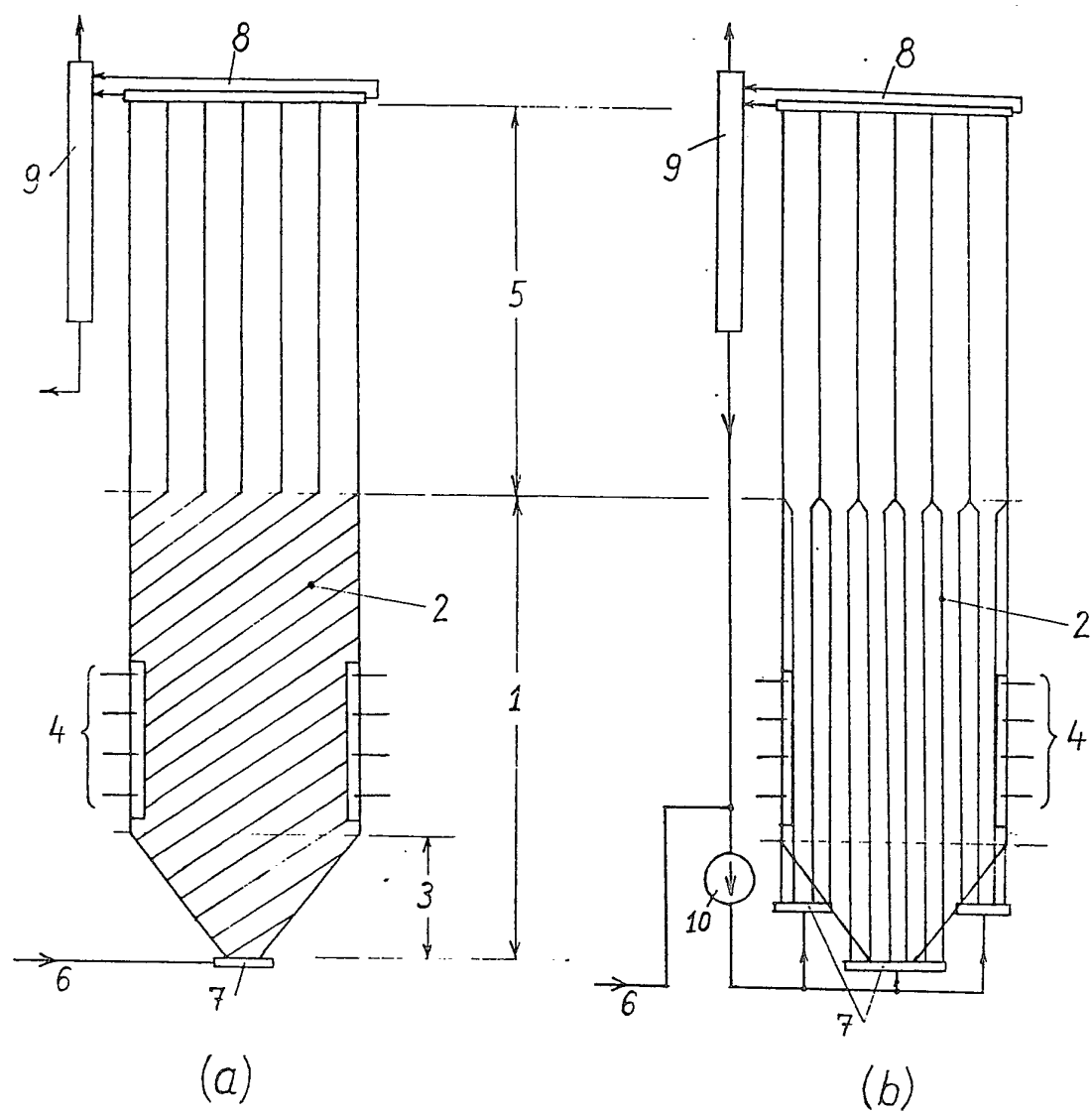


Fig. 1 : Dampferzeuger-Varianten (a) , (b)

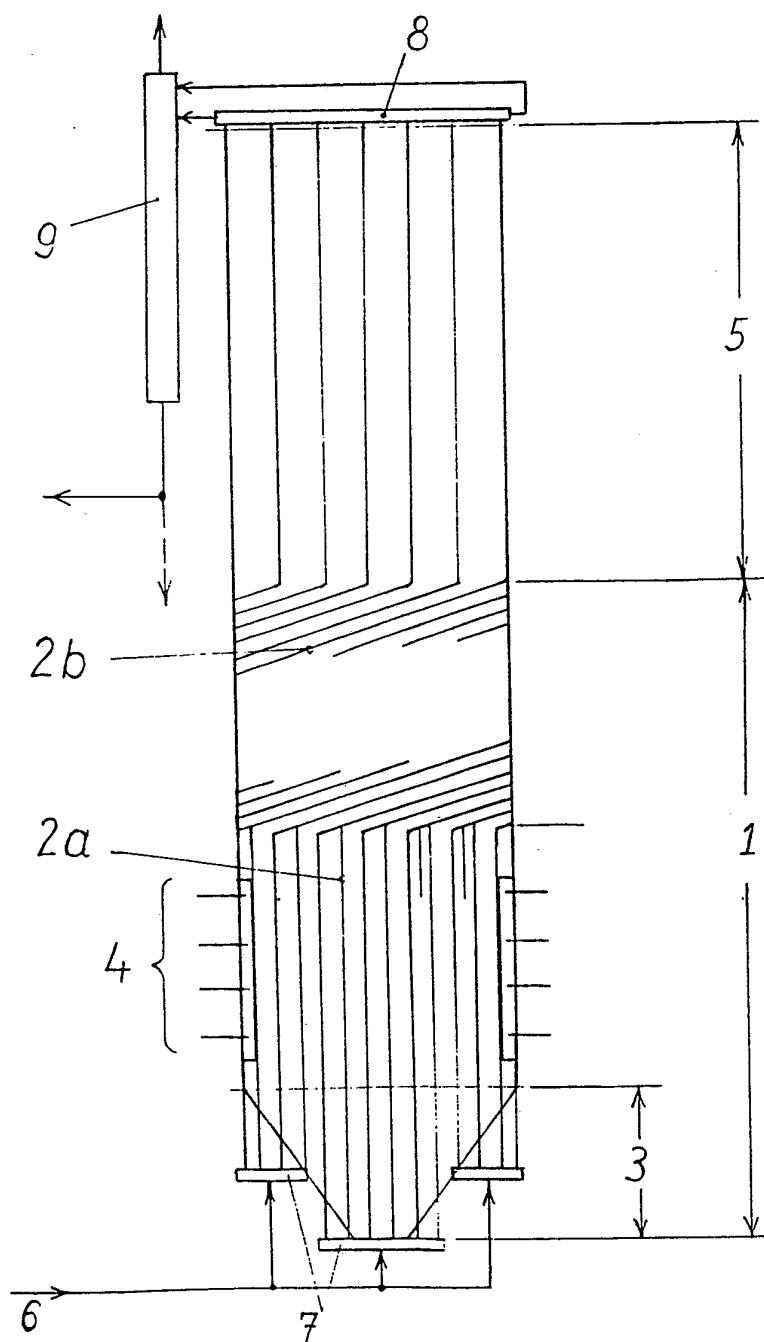


Fig. 2 : Neue Dampferzeuger-Variante (C)

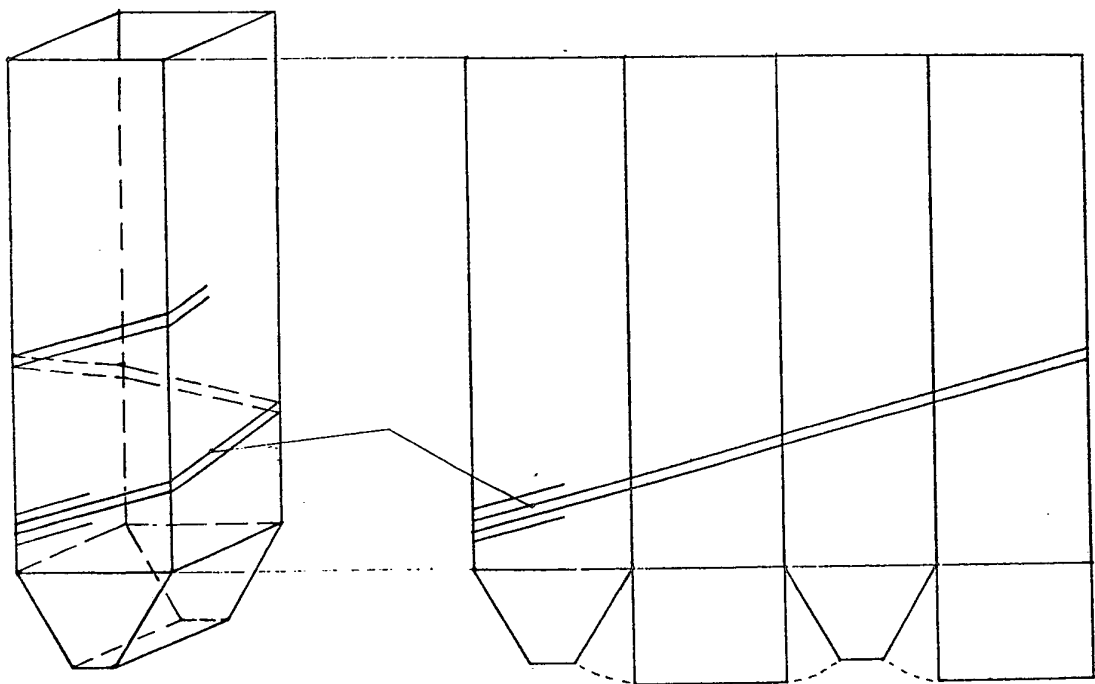


Fig. 3 : Schrauben-Wicklung