



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) DD (11) 224 103 A1

4(51) F 28 F 19/06
C 23 F 15/00

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP F 28 F / 260 371 8 (22) 28.02.84 (44) 26.06.85

(71) VEB Kombinat Schiffbau, 2500 Rostock, Doberaner Straße 110/111, DD
(72) Böhm, Dieter, Dr. sc. techn.; von Fircks, Hans-Jochen, Dr.-Ing.; Hille, Bodo, DD

(54) Wärmeübertrager

(57) Die Erfindung betrifft Wärmeübertrager, die von Wasser durchflossen werden, das durch eine erhöhte Konzentration von Cl-Ionen verstärkt korrosiv wirkt, und das die Ansiedlung von Bewuchstierchen auf den Metalloberflächen durch mitgeführte Larven und Nährstoffe ermöglicht. Das ist besonders dann der Fall, wenn sie von See- oder Brackwasser durchflossen werden. Mit der Erfindung soll eine Verlängerung der Lebensdauer von Wärmeübertragerrohren und von Plattenwärmeübertragern aus seewasserbeständigen Kupferlegierungen erreicht und die Bewuchs- und damit die Verschmutzungsneigung der Wärmeübertrager reduziert werden, indem Korrosionserscheinungen und Bewuchs im Entstehen verhindert werden. Zu diesem Zweck wird auf die seewasserberührte Oberfläche der Rohre oder der Platten aus an sich seewasserbeständigen Kupferlegierungen eine Schicht aus Kupfer aufgebracht, die dadurch, daß das Kupfer unter den Betriebsbedingungen im Wärmeübertrager unbeständiger als seine seewasserbeständigen Legierungen ist, unedler gegenüber dem Rohr- oder dem Plattenmaterial wird. Ein bevorzugtes Anwendungsgebiet der Erfindung ist der Schiffbau. Außer für Wärmeübertrager ist sie auch für den Korrosions- und Bewuchsschutz von Seewasserrohren aus seewasserbeständigen Kupferlegierungen anwendbar. Fig. 3 und 4

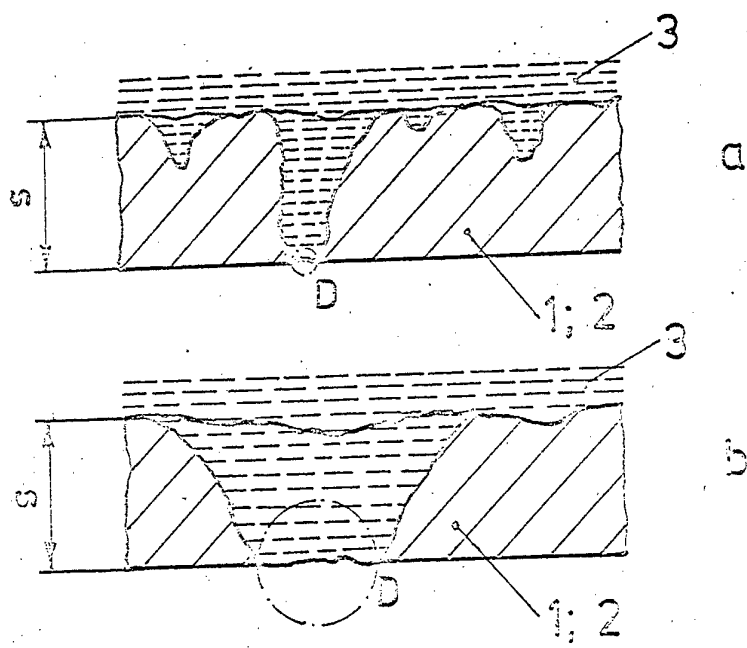


Fig. 3

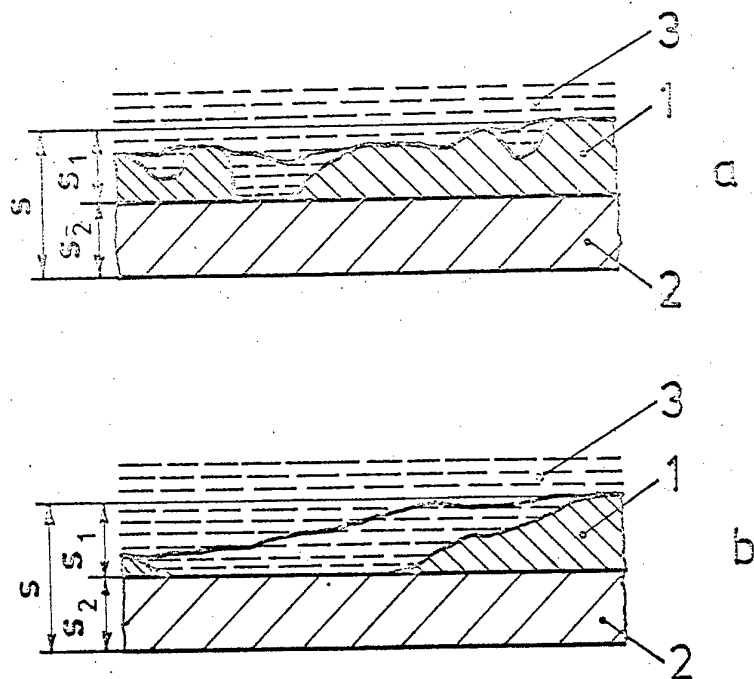


Fig. 4

Erfindungsansprüche:

1. Hohlraum für den Transport und die zeitweise Aufbewahrung von See- und/oder Brackwasser oder anderweitigem durch eine erhöhte Konzentration besonders von Cl-Ionen verstärkt korrosiv wirkendes Wasser, wie runde und eckige Rohre oder aus glatten Trennflächen und Gummiabdichtungen gebildete Kammern von Wärmeübertragern, **dadurch gekennzeichnet**, daß auf die seewasserberührte Seite der aus einer an sich seewasserbeständigen Kupferlegierung bestehenden Wandung des Hohlraums eine Kupferschicht aufgebracht ist.
2. Wärmeübertrager, bestehend aus einer Anzahl einzelner und an ihren Enden mit Rohrböden verbundenen Rohre als Trennwand zwischen wärmeaufnehmendem und wärmeabgebendem Medium, **dadurch gekennzeichnet**, daß auf die seewasserberührte Oberfläche der aus einer an sich seewasserbeständigen Kupferlegierung bestehenden Rohre eine Kupferschicht aufgebracht ist.
3. Wärmeübertrager, bestehend aus mehreren hintereinander angeordneten und durch Durchlaufkanäle bildende Gummidichtungen gehaltene Platten als Trennwand zwischen wärmeaufnehmendem und wärmeabgebendem Medium, **dadurch gekennzeichnet**, daß auf die seewasserberührte Oberfläche der aus einer an sich seewasserbeständigen Kupferlegierung bestehenden Platten eine Kupferschicht aufgebracht ist.
4. Rohre für See- und/oder Brackwasserleitungen, **dadurch gekennzeichnet**, daß auf die Innenoberfläche der aus einer an sich seewasserbeständigen Kupferlegierung bestehenden Wandung eine Kupferschicht aufgebracht ist.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung bezieht sich auf Wärmeübertrager, die auf Schiffen eingesetzt sind und weiter auf solche sowie auf Rohrleitungen, die von See- und/oder Brackwasser durchflossen werden. Das allgemeine Anwendungsgebiet der Erfindung sind Wärmeübertrager, die von Wasser durchflossen werden, das durch eine erhöhte Konzentration besonders von Cl-Ionen verstärkt korrosiv wirkt, und das die Ansiedlung von Bewuchstierchen auf den Metalloberflächen durch mitgeführte Larven und Nährstoffe ermöglicht.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Für Rohrbündelwärmeübertrager und für Seewasserrohre ist es allgemein bekannt, seewasserbeständige Kupferlegierungen, vorzugsweise Aluminiummessing mit ca. 20% Zink und 2% Aluminium (Werkstoffkürzeichen CuZn20Al2, CuZn21Al2, CuZn20Al oder früher auch Sondermessing 76 je nach verwendetem Standard) und Kupfer-Nickel-Legierungen mit ca. 10 bis 30% Nickel mit Eisen- und Manganzusätzen (Werkstoffkürzeichen beispielsweise CuNi10Fe, CuNi20Fe und CuNi30Fe je nach Nickelgehalt) zu verwenden. Dabei läßt man sich von dem Gedanken leiten, daß die vorgenannten Legierungen beständig gegen See- und Brackwasser sind. Der Einsatz dieser Werkstoffe führte zu guten Ergebnissen, wenn die Durchflußgeschwindigkeit des See- und Brackwassers ständig zwischen einem Mindestwert von 0,7 bis 1,0 m/s und einem legierungsabhängigen Höchstwert von 2,3 bis 5,0 m/s aufrecht erhalten wurde, und wenn gegebenenfalls zum Schutz der Rohrenden der Rohrbündelwärmeübertrager gegenüber der besonders turbulenten Ein- und Auslaufströmung zusätzliche Maßnahmen wie der katodische Schutz durch Opferanoden in den Umlenkammern oder eingepreßte Plathüllen in den Rohrenden angewandt wurden. Dagegen würden die an den Einsatz solcher Kupferlegierungen geknüpften Erwartungen dann nicht erfüllt, wenn die genannten Betriebsbedingungen nicht eingehalten wurden. Es treten dann nach kurzer Einsatzzeit Korrosionserscheinungen ein. Die durch zu große Wassergeschwindigkeit verursachten Schäden können ohne große Schwierigkeit vermieden werden, indem durch konstruktive Maßnahmen die Durchflußmengen begrenzt werden. Demgegenüber war es bisher nicht möglich, den bei Unterschreiten der Mindestwassergeschwindigkeit und besonders bei stagnierendem See- und Brackwasser entstehenden Bewuchs durch die Ansiedlung von Bewuchstierchen auf den Metalloberflächen zu verhindern. Außerdem setzen sich unter diesen Betriebsbedingungen die in verschmutztem See- und Brackwasser enthaltenen Sinkstoffe mit auf den Metalloberflächen ab. Unter Bewuchs und Ablagerungen erfolgt bei den seewasserbeständigen Kupferlegierungen eine Narbenkorrosion. Besonders schwere und irreversible Schäden wurden dann festgestellt, wenn die Wärmeübertrager vor der eigentlichen Inbetriebnahme mit stagnierendem oder zu langsam durchfließendem Meer- oder Brackwasser beansprucht wurden.

Bei Plattenwärmeübertragern aus Cu-Legierungen wurden beim Einsatz auf Schiffen ähnliche Probleme wie bei den Rohrbündelwärmeübertragern festgestellt. Bei dieser Bauart ist kein Schutz der Metalloberflächen gegenüber der besonders turbulenten Ein- und Auslaufströmung möglich, und durch Bewuchs und Ablagerungen wird nicht allein eine Narbenkorrosion der Wärmeübertragungsfläche verursacht. Zwischen den bei dieser Bauart verwendeten Gummidichtungen und metallischem Werkstoff ist Spaltkorrosion möglich, deren Wahrscheinlichkeit durch Bewuchs und Ablagerungen gravierend erhöht wird. Deshalb konnte bei Plattenwärmeübertragern mit Kupferlegierungen nicht die erwartete Lebensdauer erreicht werden. So ging man dazu über, den unverhältnismäßig teuren Werkstoff Titan für Plattenwärmeübertrager, die von See- oder Brackwasser beaufschlagt wurden, zu verwenden. Erst durch wurde eine entsprechende Verlängerung der Lebensdauer erreicht. Eine andere Möglichkeit zur Verlängerung der Lebensdauer von Plattenwärmeübertragern ist nach der DE-OS 27 13977 bekannt. Dort wird davon ausgegangen, daß die zerstörende Wirkung des See- oder Brackwassers auf einer geringen Strömungsgeschwindigkeit beruht. Als Ursache dafür werden Verstopfungen angesehen, die in den Fließraum eindringen. Zu ihrer Vermeidung wird eine konstruktive Lösung vorgeschlagen. Obwohl dadurch bestimmte Vorteile erreicht werden, werden Bewuchs und Ablagerung von Sinkstoffen nicht beeinflußt, und die Ursache für die Spaltkorrosion wird nicht beseitigt. Somit ist eine befriedigende Verlängerung der Lebensdauer von Plattenwärmeübertragern, die von See- oder Brackwasser durchströmt werden, nach der bekannten DE-OS 27 13977 noch nicht erreicht.

Eine weitere Möglichkeit zur Verlängerung der Lebensdauer von Plattenwärmeübertragern ist nach dem DD-WP 156057 bekannt. Danach wird zur Verhinderung der Spaltkorrosion eine vorzugsweise im Schmelztauchverfahren auf Platten aus nichtrostenden austenitischen Cr-Ni-Stählen aufgetragene Schicht aus einem unedleren Metall, beispielsweise Zink, vorgeschlagen. Diese Maßnahme ist für Platten aus seewasserbeständigen Kupferlegierungen nicht anwendbar, und sie ist auch nicht oder nur unter großen Kosten für Wärmeübertrager anwendbar, bei denen der Wärmeaustausch zwischen einem um ein Rohrbündel geführten Medium und einem dieses durchströmendem Medium erfolgt. Das ist auf die geometrischen

Abmessungen der Rohrbündelwärmeübertrager zurückzuführen. Obwohl das Auftreten der Spaltkorrosion nach dem bekannten DD-WP 156057 verhindert und die Lebensdauer von Plattenwärmeübertragern, die von See- oder Brackwasser durchströmt werden, erhöht wird, ist eine befriedigende Reduzierung der Bewuchsneigung nicht möglich. Durch den Bewuchs wird die Wärmeübertragungsleistung reduziert und infolge der verringerten Durchflußquerschnitte die erforderliche Pumpenleistung erhöht. Deshalb ist dann eine manuelle Reinigung nach Demontage der Wärmeübertrager vorzunehmen.

Seit langem ist in der Seefahrt bekannt, daß Kupfer wegen seiner toxischen Wirkung auf die Larven der Bewuchstierchen in See- und Brackwasser nicht bewachsen wird. Da Kupfer aber von durchfließendem Seewasser bereits bei merklich kleineren Geschwindigkeiten als die seewasserbeständigen Kupferlegierungen durch Erosionskorrosion unter intensiver Narbenbildung angegriffen wird, konnte diese positive Eigenschaft bei den dünnwandigen Wärmeübertragerrohren und -platten niemals ausgenutzt werden. Weil mit zunehmender Seewasserbeständigkeit der Legierungen die in Lösung gehende toxische Kupfermenge abnimmt, wächst die Bewuchsneigung mit der Korrosionsbeständigkeit.

Ziel der Erfindung

Es ist das Ziel der Erfindung, eine gesicherte Verlängerung der Lebensdauer von Wärmeübertragern aus Kupferlegierungen, die von See- oder Brackwasser durchflossen werden, zu erreichen. Gleichzeitig soll die Bewuchsneigung reduziert und die bisher notwendige Einhaltung einer Mindestdurchflußgeschwindigkeit des See- oder Brackwassers beseitigt werden.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Die technische Aufgabe, die durch die Erfindung gelöst wird

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, die durch Unterschreiten der Mindestdurchflußgeschwindigkeit des See- oder Brackwassers in Wärmeübertragern verursachte Stillstandskorrosion (Narbenkorrosion bei Rohrbündelwärmeübertragern, Narben- und/oder Spaltkorrosion bei Plattenwärmeübertragern) und Ansiedlung von Bewuchstierchen zu verhindern.

Merkmale der Erfindung

Erfindungsgemäß bestehen Rohrbündel- und Plattenwärmeübertrager, die von See- oder Brackwasser durchflossen werden, aus einer seewasserbeständigen Kupferlegierung, die seewasserseitig eine aufplattierte oder galvanotechnisch abgeschiedene Kupferschicht besitzt. Dadurch, daß Kupfer unter gleichen Betriebsbedingungen unedler als seewasserbeständige Kupferlegierungen ist, wirkt die Kupferschicht sowohl bei Unter- als auch bei Überschreiten der für sie kritischen Seewassergeschwindigkeit und der dadurch ausgelösten örtlichen Zerstörung als Opferanode für das Grundmetall. Die Toxizität der in Lösung gehenden Kupferionen verhindert in stagnierendem oder mit geringer Geschwindigkeit durchfließendem See- oder Brackwasser die Ansiedlung von Bewuchstierchen.

Vom Fachmann werden konstruktive Verbindungen der verschiedenen Kupferwerkstoffe unter Korrosionsbeanspruchung deshalb als nicht kritisch betrachtet, weil er die Neigung zur Bildung eines galvanischen Elements nach „galvanischen Spannungsreihen“ beurteilt. Diese geben das stromlos gegen eine Bezugs-elektrode gemessene Potential der Metalle und Legierungen zum Beispiel in See- und Brackwasser an. Die für Kupfer und Kupferlegierungen veröffentlichten Potentialwerte differieren so wenig voneinander, daß keine gegenseitige Beeinflussung der Korrosion erwartet wird. Nur bei der Verbindung von Kupfer mit Kupfer-Zink-Legierungen (Messingen) soll mit steigendem Zinkgehalt die Angriffswahrscheinlichkeit auf das Messing verstärkt werden. Danach wäre das Kupfer edler als Kupfer-Zink-Legierungen. In der Versuchsanordnung nach Fig. 1 wurde ermittelt, daß diese von den Potentialwerten abgeleitete Ansicht nicht zutrifft. Ein Kupferrohr 1 ist mit einem Rohr aus einer Kupferlegierung 2 über elektrisch isolierende Dichtungen 3 mit einer Plastrohrleitung 4 verbunden, durch die Seewasser 5 gepumpt wird. Der elektrische Stromkreis zwischen den Rohrproben 1 und 2 wird mit dem Schalter 6 über den Strommesser 7 kurzgeschlossen. Bei geöffnetem Schalter 6 wird die Korrosion der Rohrproben 1 und 2 ohne Kontakt gemessen.

In Fig. 2 sind die Ergebnisse einwöchiger Versuche bei verschiedenen Durchflußgeschwindigkeiten mit dem seewasserbeständigen Aluminiummessing CuZn20Al2 als Rohrprobe 2 dargestellt. Ohne Kontakt wurde beim Kupferrohr die flächenbezogene Korrosionsgeschwindigkeit nach Verlauf 1.1. und beim Messingrohr nach 2.1. erhalten. Mit Kontakt wurde das Kupferrohr verstärkt angegriffen (Verlauf 1.2) und zum Minuspol am Strommesser. Das Messingrohr wurde kathodisch geschützt (Verlauf 2.2.). Das Verhältnis von anodischer (Kupfer-) Fläche zu katodischer (Messing-) Fläche betrug 1:1, es genügt aber auch noch ein Verhältnis 1:10. Selbst Messing mit 40% Zink (CuZn40) wurde noch durch Kupfer kathodisch geschützt. Nachdem sich die oxidische Deckschicht auf Kupfer und Kupferlegierungen gebildet hat, geht die Korrosionsgeschwindigkeit auf gegenüber der Darstellung in Fig. 2 kleine Werte zurück. Dadurch und wegen der im Einsatzfall zunächst großen anodischen Kupferschicht-Oberfläche im Verhältnis zur kleinen katodischen Grundmetallfläche ist eine langdauernde Korrosions- und Bewuchsschutzwirkung gewährleistet.

An einem Ausführungsbeispiel soll die Erfindung näher erläutert werden.

Wärmeübertrager bestehen aus einer Anzahl einzelner Rohre, durch die das wärmeaufnehmende Medium geführt wird, oder aus einzelnen Platten, zwischen denen dieses Medium strömt. Jeweils auf der gegenüberliegenden Wandung befindet sich das wärmeabgebende Medium. Bisher bestanden die Rohre generell und die Platten der ausgeführten Apparate zum Teil aus seewasserbeständigen Kupferlegierungen. In Fig. 3 ist schematisch dargestellt, wie See- und Brackwasser 3 bei zu schneller Anströmung a oder bei zu geringer Strömungsgeschwindigkeit b zerstörend auf Kupfer 1 und Kupferlegierungen mit der Wanddicke s bis zum Wanddurchbruch D wirkt. Bei gleicher Angriffscharakteristik sind die oxidischen Deckschichten bei den Legierungen widerstandsfähiger und in beiden Fällen a, b die Kupferkorrosion größer. Die Spaltkorrosion bei den Plattenwärmeübertragern wirkt sich ähnlich wie die Stillstandskorrosion nach Fig. 3b aus. Es hat sich herausgestellt, daß die Lebensdauer der Wärmeübertrager wesentlich unter den Erwartungen blieb, wenn Stillstands- und Spaltkorrosion und der beide stimulierende Bewuchs nicht unterdrückt werden konnten. Die dazu geeignete, aber betriebstechnisch sehr aufwendige Maßnahme des ständigen Durchpumpens von Wasser ist nach der Erfindung nicht mehr nötig. Auch der Einsatz des sehr teuren Metalls Titan für die Plattenwärmeübertrager wird nach der Erfindung überflüssig.

Es wurde nach der Erfindung eine Kupferschicht auf die see- oder brackwasserberührte Oberfläche aufgebracht. In Fig. 4 ist schematisch dargestellt, wie danach See- oder Brackwasser 3 bei zu schneller Anströmung a oder bei zu geringer Strömungsgeschwindigkeit b mit den Wärmeübertragerrohren oder -platten mit der Wanddicke s reagiert. Die Kupferschicht 1 wird zunächst wie in Fig. 3 angegriffen, aber der Angriff kommt zum Stillstand, wenn die Narbentiefe die Schichtdicke s_1 erreicht hat. Die freigelegte Stelle der seewasserbeständigen Kupferlegierung 2 mit der (Rest-) Wanddicke s_2 wird kathodisch geschützt.

Einmaliger Angriff auf das Grundmetall 2 ist erst nach völliger Auflösung der Kupferschicht 1 möglich.

Im Ergebnis dieser Maßnahme ist zu verzeichnen, daß durch See- oder Brackwasser in Wärmeübertragern keine Stillstands- und Spaltkorrosion und kein Bewuchs mehr auftritt. Auch zu große Durchflußmengen verursachen keine Zerstörungen. Ihre Anwendung ist auch für Seewasserrohre kleiner Nennweiten und dementsprechend niedriger Wanddicken zweckmäßig. Somit wird nach der Erfindung die Lebensdauer der Wärmeübertrager und der Rohrleitungen erhöht, und der Materialaufwand sowie die Betriebskosten werden gesenkt.

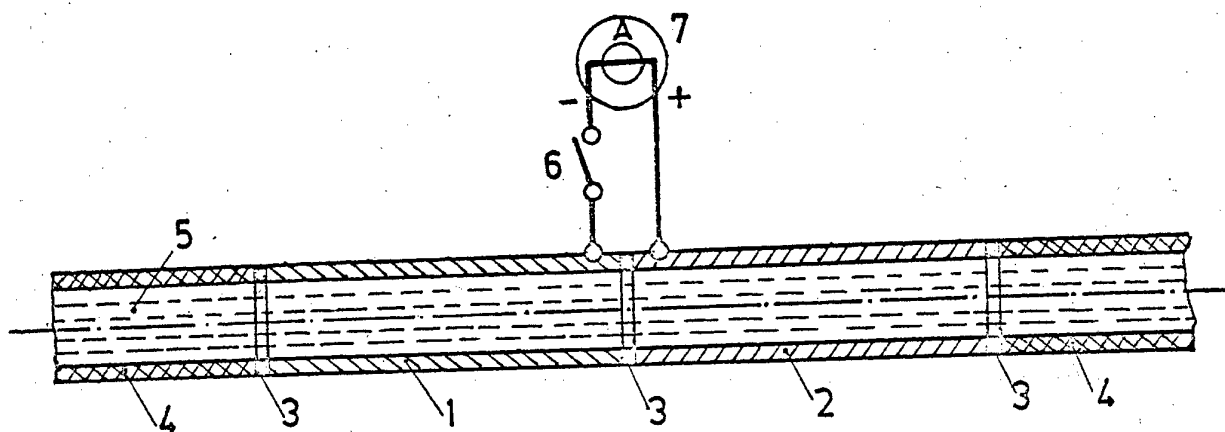


Fig. 1

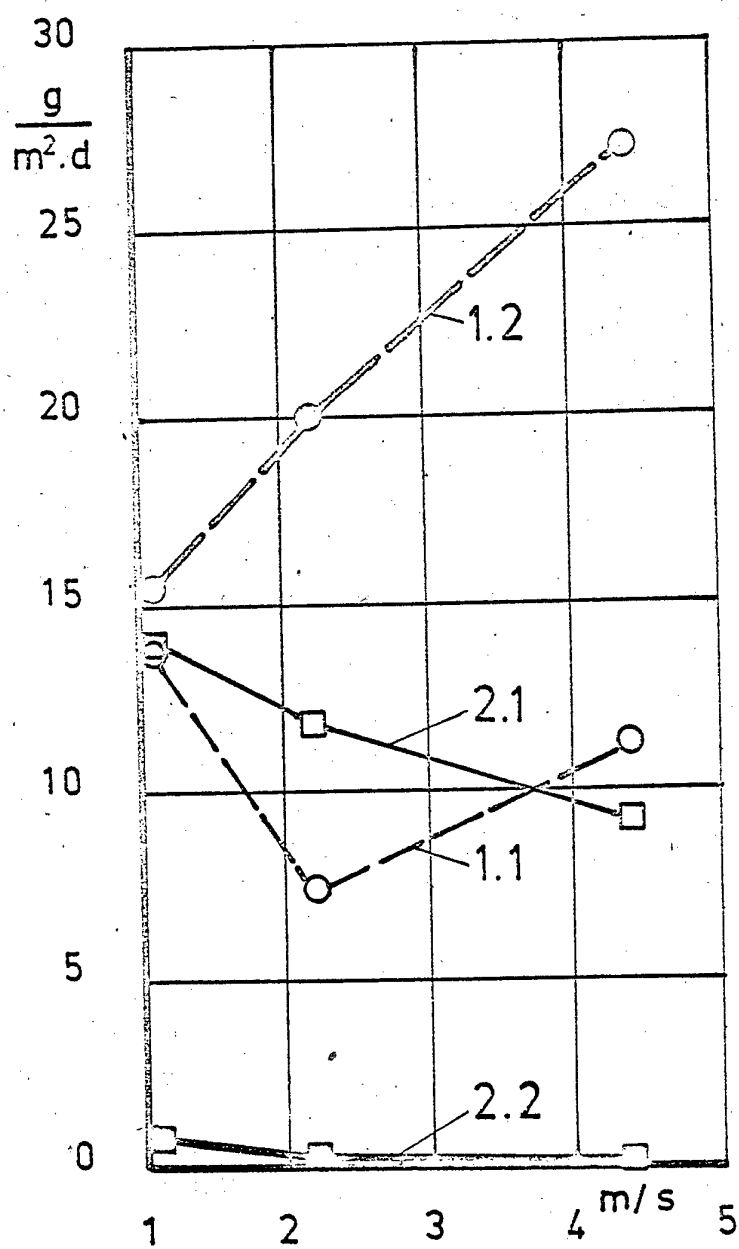


Fig. 2