

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-109300

(P2016-109300A)

(43) 公開日 平成28年6月20日(2016.6.20)

(51) Int. Cl.	F 1	テーマコード (参考)
<b>F 1 6 L 11/10 (2006.01)</b>	F 1 6 L 11/10 A	3 H 1 1 1
<b>B 2 9 C 63/32 (2006.01)</b>	B 2 9 C 63/32	4 F 2 1 1

審査請求 未請求 請求項の数 24 O L (全 35 頁)

(21) 出願番号	特願2015-237535 (P2015-237535)	(71) 出願人	501204525 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 東京都三鷹市新川6丁目38番1号
(22) 出願日	平成27年12月4日 (2015.12.4)	(74) 代理人	100098545 弁理士 阿部 伸一
(31) 優先権主張番号	特願2014-247138 (P2014-247138)	(74) 代理人	100087745 弁理士 清水 善廣
(32) 優先日	平成26年12月5日 (2014.12.5)	(74) 代理人	100106611 弁理士 辻田 幸史
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(74) 代理人	100116241 弁理士 金子 一郎
		(72) 発明者	高橋 一比古 東京都三鷹市新川6丁目38番1号 国立研究開発法人海上技術安全研究所内 最終頁に続く

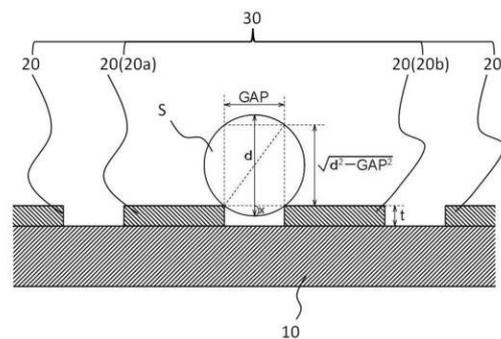
(54) 【発明の名称】 螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホースの耐摩耗性向上方法、フレキシブルホース、及びフレキシブルホースの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 固形物を含むスラリー輸送用のフレキシブルホースを対象として、フレキシブルホース全体の重量や曲げ剛性の大幅な増加を抑えながら耐摩耗性を向上させる、フレキシブルホースの耐摩耗性向上方法、フレキシブルホース、及びフレキシブルホースの製造方法を提供すること。

【解決手段】 固形物 S に対する耐摩耗性を有したライナー材 20 を所定の間隔 G A P を設けて螺旋巻きして螺旋状ライナー 30 を構成し、螺旋状ライナー 30 を軟質材料で構成されたホース内管 10 の内側に配置するとともに、所定の間隔 G A P を固形物 S の粒径 d を考慮して定めた。

【選択図】 図 2



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

固形物を含むスラリーの輸送に用いられるフレキシブルホースの耐摩耗性向上方法であって、前記固形物に対する耐摩耗性を有したライナー材を所定の間隔を設けて螺旋巻きして螺旋状ライナーを構成し、前記螺旋状ライナーを軟質材料で構成されたホース内管の内側に配置するとともに、前記所定の間隔を前記固形物の粒径を考慮して定めることを特徴とする螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホースの耐摩耗性向上方法。

## 【請求項 2】

前記所定の間隔は、前記固形物を球体に仮定した場合、前記球体に仮定した前記固形物が隣り合う前記ライナー材と前記ライナー材に接触したときに、前記ホース内管に前記球体に仮定した前記固形物の外周端が接触しない間隔であることを特徴とする請求項 1 に記載の螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホースの耐摩耗性向上方法。

10

## 【請求項 3】

前記所定の間隔は、前記螺旋状ライナーの板厚を考慮した次式(1)に基づいて定めることを特徴とする請求項 2 に記載の螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホースの耐摩耗性向上方法。

式(1)：

$$x = (d - (d^2 - G A P^2)) / 2 < t$$

ここで、

x：螺旋状ライナー内表面と球体に仮定した固形物外周端との距離

20

d：球体に仮定した固形物の粒径

G A P：所定の間隔

t：螺旋状ライナーの板厚

## 【請求項 4】

前記所定の間隔は、前記フレキシブルホースを曲げて使用する場合の前記ホース内管の曲率を考慮して定めることを特徴とする請求項 2 に記載の螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホースの耐摩耗性向上方法。

## 【請求項 5】

前記曲率を考慮した前記所定の間隔は、次式(2)に基づいて定めることを特徴とする請求項 4 に記載の螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホースの耐摩耗性向上方法。

30

式(2)：

$$x = (d - (d^2 - (1 + \cdot I D / 2)^2 \cdot G A P^2)) / 2 < t$$

ここで、

x：螺旋状ライナー内表面と球体に仮定した固形物外周端との距離

d：球体に仮定した固形物の粒径

：ホース内管の曲率

I D：ホース内管の内径

G A P：所定の間隔

t：螺旋状ライナーの板厚

## 【請求項 6】

40

固形物を含むスラリーの輸送に用いられるフレキシブルホースであって、軟質材料で構成されたホース内管と、前記固形物に対する耐摩耗性を有したライナー材を所定の間隔を設けて螺旋巻きした螺旋状ライナーとを備え、前記螺旋状ライナーは前記ホース内管の内側に配置され、前記所定の間隔は前記固形物の粒径を考慮して定めた所定の間隔であることを特徴とする螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホース。

## 【請求項 7】

前記所定の間隔は、前記固形物を球体に仮定した場合、前記球体に仮定した前記固形物が隣り合う前記ライナー材と前記ライナー材に接触したときに、前記ホース内管に前記球体に仮定した前記固形物の外周端が接触しない間隔であることを特徴とする請求項 6 に記載の螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホース。

50

**【請求項 8】**

前記所定の間隔は、前記フレキシブルホースを曲げて使用する場合の前記ホース内管の曲率を考慮して定めたことを特徴とする請求項 7 に記載の螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホース。

**【請求項 9】**

前記螺旋状ライナーが、連続体であることを特徴とする請求項 6 から請求項 8 のうちの 1 項に記載の螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホース。

**【請求項 10】**

前記螺旋状ライナーを導電材料で構成し前記螺旋状ライナーの電気抵抗を計測することにより、前記螺旋状ライナーの摩耗度及び / 又は破断の有無をモニタリングしたことを特徴とする請求項 9 に記載の螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホース。

10

**【請求項 11】**

前記螺旋状ライナーを 2 条並行に設け、一端を短絡して他端側のみで前記モニタリングを可能としたことを特徴とする請求項 10 に記載の螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホース。

**【請求項 12】**

前記螺旋状ライナーを、絶縁体を 2 枚の導電性の導体で両側から挟持する 3 層構造に構成し、2 枚の前記導体の一端を短絡して他端側のみで前記モニタリングを可能としたことを特徴とする請求項 10 に記載の螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホース。

**【請求項 13】**

前記ライナー材の断面が中空部を有する形状に形成されており、前記ライナー材の表面と前記中空部とを連通する開孔を有し、前記中空部に供給される流体が前記開孔を介して前記フレキシブルホースの内部に噴出するように構成されていることを特徴とする請求項 9 から請求項 12 のうちの 1 項に記載の螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホース。

20

**【請求項 14】**

前記ライナー材は、複数のライナー片を不連続に成形したものであることを特徴とする請求項 6 から請求項 8 のうちの 1 項に記載の螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホース。

**【請求項 15】**

螺旋周方向の前記ライナー片と前記ライナー片との間隔が、前記固形物を球体に仮定した場合、前記球体に仮定した前記固形物が隣り合う前記ライナー片と前記ライナー片に接触したときに、前記ホース内管に前記球体に仮定した前記固形物の外周端が接触しない間隔に定められていることを特徴とする請求項 14 に記載の螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホース。

30

**【請求項 16】**

複数の前記ライナー片と前記ライナー片との間を、柔軟性を有した材料で埋めたことを特徴とする請求項 14 又は請求項 15 に記載の螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホース。

**【請求項 17】**

隣り合う前記ライナー材と前記ライナー材との間を、柔軟性を有した材料で埋めたことを特徴とする請求項 6 から請求項 16 のうちの 1 項に記載の螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホース。

40

**【請求項 18】**

前記ホース内管の外周に他の部材を積層し補強を行ったことを特徴とする請求項 6 から請求項 17 のうちの 1 項に記載の螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホース。

**【請求項 19】**

前記螺旋状ライナーを構成する前記ライナー材を、前記スラリーの流れ方向に対して、上流側の板厚よりも下流側の板厚が厚い断面が非対称形状を成す形状に形成したことを特徴とする請求項 6 から請求項 18 のうちの 1 項に記載の螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホース。

50

## 【請求項 20】

前記フレキシブルホースの外表面に、前記スラリーを流す方向を示す表示手段を備えたことを特徴とする請求項 19 に記載の螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホース。

## 【請求項 21】

請求項 9 から請求項 13 のうちの 1 項に記載の螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホースの製造方法であって、金属製又は高弾性樹脂製のライナー材を螺旋状ライナーに成形する工程と、板状又は棒状を成したホース内管材を前記成形した前記螺旋状ライナーの外表面に螺旋状に巻き付け前記ホース内管材を接合してフレキシブルホースに成形する工程とを備えたことを特徴とする螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホースの製造方法。

## 【請求項 22】

請求項 9 から請求項 13 のうちの 1 項に記載の螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホースの製造方法であって、低弾性樹脂製のライナー材を板状又は棒状を成したホース内管材の表面に連続成形する工程と、前記ライナー材を内側にして前記ホース内管材を芯棒の周りに螺旋状に巻き付け前記ホース内管材を接合してフレキシブルホースに連続成形する工程と、前記芯棒を外す工程とを備えたことを特徴とする螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホースの製造方法。

## 【請求項 23】

請求項 14 から請求項 16 のうちの 1 項に記載の螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホースの製造方法であって、板状又は棒状のホース内管材の表面に複数の高弾性材料のライナー片を不連続に成形する工程と、前記ライナー片を内側にして前記ホース内管材を芯棒の周りに螺旋状に巻き付け前記ホース内管材を接合してフレキシブルホースに連続成形する工程と、前記芯棒を外す工程とを備えたことを特徴とする螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホースの製造方法。

## 【請求項 24】

請求項 6 から請求項 9、又は請求項 14 から請求項 16 のうちの 1 項に記載の螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホースの製造方法であって、板状又は棒状のホース内管材の表面に、化学的な方法、又は物理的な方法により板又は棒の両側又は片側に間隙を設けながら、連続又は不連続に前記ライナー材に相当するライナー材相当部を形成する工程と、前記ライナー材相当部の耐摩耗性を高めるように改質する工程と、前記ライナー材相当部を内側にして前記ホース内管材を芯棒の周りに螺旋状に巻き付け前記ホース内管材を接合してフレキシブルホースに連続成形する工程と、前記芯棒を外す工程とを備えたことを特徴とする螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホースの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、フレキシブルホースの耐摩耗性向上方法、耐摩耗性を向上させたフレキシブルホース、及び耐摩耗性を向上させたフレキシブルホースの製造方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

近年、海底熱水鉱床に代表される海底資源開発へのニーズ及び関心が急速に高まり、海底における鉱石採取の実証試験等も行われるようになってきた。このような海底資源の採掘及び揚鉱プロセスにおいては、採掘された鉱石を海水と混合して鉱石スラリーとし、これを可撓性を有するフレキシブルホースによって輸送する必要がある、通常は工業用フレキシブルホースが用いられる。

また、その工業用フレキシブルホースの内管の摩耗は、適宜目視で点検し必要に応じて交換しているというのが現状である。

ここで、特許文献 1 では、身体挿入部の先端側に、帯板状材を螺旋状に巻いた内層を成すライナーチューブと、これに被覆したウレタンチューブとから成る首振部を備えたカテテルを提案している。

10

20

30

40

50

また、特許文献2では、ゴム管の内側に導電材を螺旋状に接合して、ガス用器具の使用  
中にゴム管が腐食したり亀裂が生じたりした場合に、同時にゴム管内の導電材も切れるよ  
うにしたゴム管を提案している。

また、特許文献3では、可撓性の耐摩耗性材料よりなる内面層および外面層とそれらの  
間に配設した耐圧補強層を有するホースにおいて、内面層と耐圧補強層の間にホース長手  
方向に渡って一對の検知線をスパイラル状に巻き付けて配設し、検知線はホースの一端で  
結線し、もう一端ではホースの外部に引き出し導通状態を確認できるようにすることを提  
案している。

また、特許文献4では、冷却用パイプの内周面を、帯状体を螺旋状に巻回して製造され  
る螺旋管によってコーティングし、海棲生物等が付着したら、螺旋管を帯状体に解体して  
冷却用パイプから除去する方法を提案している。

また、特許文献5では、縦長帯状で両側部に接合用リップ片を有する管構成部材を、管内  
で螺旋状に巻回して管状体を組立てる管の内面ライニング工法において、内部加圧によっ  
て膨脹させることのできるチューブを管構成部材の外面側に長さ方向に沿って予め固定し  
ておき、チューブ付管構成部材から管状体を管内で、管の内径よりも小径となるように組  
立て、しかる後に、チューブを内部からの流体加圧で膨脹させ管内面に当接させることを  
提案している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開平4 - 84972号公報

【特許文献2】実願昭52 - 46851号(実開昭53 - 140912号)のマイクロフ  
ィルム

【特許文献3】特開平8 - 270844号公報

【特許文献4】特開平5 - 157888号公報

【特許文献5】特開平7 - 47604号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、通常用いられる工業用フレキシブルホースの内管には耐摩耗性の軟質ゴ  
ムを用いる場合が多く、ある程度の大きさ(粒径20mm以上など)を有するゴツゴツした鉍  
石が含まれるような鉍石スラリーの輸送にこれを使用すると、内管の軟質ゴムが著しく摩  
耗損傷を受けて短時間で使用不能に陥る恐れがある。従って、フレキシブルホースを鉍石  
スラリーなど固形物を含むスラリーの輸送に用いるためには、内管の耐摩耗性を向上させ  
ることが重要である。

また、工業用フレキシブルホースの内管の摩耗に関し、海底等での目視検査は極めて困  
難であり、海上の母船など外部から簡便に常時モニタリングできるような方法が必要とさ  
れている。

ここで、特許文献1のカテーテルは、患者の検査や治療等に使用するものであり、鉍石  
スラリーなど固形物を含むスラリー(固形物と液体の混合物)の輸送に用いられるもので  
はない。また、耐摩耗性の向上を目的としたものでもない。

また、特許文献2のゴム管は、ガス用器具とガスの元栓との接続に用いるガス用のもの  
であり、鉍石スラリーなど固形物を含むスラリーの輸送に用いられるものではない。また  
、ゴム管の内側に螺旋状に接合する導電材は、例えばスズ箔や導電性ゴムが帯状に形成さ  
れたものであり、ゴム管に腐食又は亀裂が生じた場合に同時に切れるものであるから、ゴ  
ム管の保護を目的としたライニングではない。

また、特許文献3のホース内面の摩耗検知方法は、検知線によって導通状態を確認する  
ものであり、ホース内面にライニングを設け、そのライニングを利用して摩耗を検知する  
ものではない。

また、特許文献4の既設管内周面の保護方法は、原子力発電所の冷却用パイプ等の直管

に適用するものであり、フレキシブルホースに適用するものではない。また、海棲生物等の付着対策用のものであり、スラリーの輸送に対する耐摩耗性の向上を目的としたものでもない。

また、特許文献5の管の内面ライニング工法は、下水管等の鋼管に適用するものであり、フレキシブルホースに適用するものではない。

【0005】

そこで、本発明では、固形物を含むスラリー輸送用のフレキシブルホースを対象として、フレキシブルホース全体の重量や曲げ剛性の大幅な増加を抑えながら耐摩耗性を向上させる、フレキシブルホースの耐摩耗性向上方法、フレキシブルホース、及びフレキシブルホースの製造方法を提供することを目的とする。

また、耐摩耗性を向上させるためのライナーの摩耗の度合いや破断箇所の有無を外部から簡便にモニタリングする方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

請求項1記載の本発明に対応した螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホースの耐摩耗性向上方法においては、固形物を含むスラリーの輸送に用いられるフレキシブルホースの耐摩耗性向上方法であって、固形物に対する耐摩耗性を有したライナー材を所定の間隔を設けて螺旋巻きして螺旋状ライナーを構成し、螺旋状ライナーを軟質材料で構成されたホース内管の内側に配置するとともに、所定の間隔を固形物の粒径を考慮して定めることを特徴とする。

請求項1に記載の本発明によれば、ライナー材を所定の間隔を設けて螺旋巻きして螺旋状ライナーとすることにより、ホース内管の内側全体をライニングした場合や間隔を設けずに螺旋状にライニングした場合に比べて、フレキシブルホースの曲げ剛性を大幅に小さくすることができる。また、ライナー材を螺旋巻きする際に固形物の粒径を考慮して所定の間隔を設けることにより、固形物がホース内管に直接衝突するのを螺旋状ライナーによって防ぐことができる。したがって、フレキシブルホースについて、可撓性を確保しつつ耐摩耗性を向上させることができる。

【0007】

請求項2記載の本発明は、所定の間隔は、固形物を球体に仮定した場合、球体に仮定した固形物が隣り合うライナー材とライナー材に接触したときに、ホース内管に球体に仮定した固形物の外周端が接触しない間隔であることを特徴とする。

請求項2に記載の本発明によれば、より一層スラリー中の固形物がホース内管に直接衝突しにくくなるので、フレキシブルホースの耐摩耗性をさらに向上させることができる。

現実的には固形物に凹凸のあるところ、球体に仮定した場合にホース内管に直接衝突しない場合であっても凸部が当たることがあるが、直接衝突しない確率を大幅に増すことができる。直接衝突しにくくなるとはこのことをいう。

【0008】

請求項3記載の本発明は、所定の間隔は、螺旋状ライナーの板厚を考慮した次式(1)に基づいて定めることを特徴とする。

式(1)：

$$x = (d - \sqrt{d^2 - G A P^2}) / 2 < t$$

ここで、

x：螺旋状ライナー内表面と球体に仮定した固形物外周端との距離

d：球体に仮定した固形物の粒径

G A P：所定の間隔

t：螺旋状ライナーの板厚

請求項3に記載の本発明によれば、螺旋状ライナーの板厚を考慮した計算式を適用することによって、ライナー材とライナー材との所定の間隔をより適正なものとすることができる。

なお、式(1)から明らかなように、螺旋状ライナーの板厚 t が変わると所定の間隔 G

A Pの取り得る値も変わることから、所定の間隔G A Pを定めるに当たっては、螺旋状ライナーの板厚tを考慮する必要がある。

【0009】

請求項4記載の本発明は、所定の間隔は、フレキシブルホースを曲げて使用する場合のホース内管の曲率を考慮して定めることを特徴とする。

請求項4に記載の本発明によれば、ホース内管の曲率を考慮して所定の間隔を定めることで、曲げることによりライナー材とライナー材との間隔が変化しスラリーによる摩耗が直線部分よりも相対的に大きくなる曲がりの部分の耐摩耗性を向上させることができる。

【0010】

請求項5記載の本発明は、曲率を考慮した所定の間隔は、次式(2)に基づいて定めることを特徴とする。

式(2)：

$$x = (d - (d^2 - (1 + \cdot ID / 2)^2 \cdot GAP^2)) / 2 < t$$

ここで、

x：螺旋状ライナー内表面と球体に仮定した固形物外周端との距離

d：球体に仮定した固形物の粒径

：ホース内管の曲率

ID：ホース内管の内径

GAP：所定の間隔

t：螺旋状ライナーの板厚

請求項5に記載の本発明によれば、ホース内管の曲率を考慮した計算式を適用することによって、ライナー材とライナー材との所定の間隔をより適正なものとすることができる。

【0011】

請求項6記載の本発明に対応した螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホースにおいては、固形物を含むスラリーの輸送に用いられるフレキシブルホースであって、軟質材料で構成されたホース内管と、固形物に対する耐摩耗性を有したライナー材を所定の間隔を設けて螺旋巻きした螺旋状ライナーとを備え、螺旋状ライナーはホース内管の内側に配置され、所定の間隔は固形物の粒径を考慮して定めた所定の間隔であることを特徴とする。

請求項6に記載の本発明によれば、所定の間隔を設けてライナー材を螺旋状とすることにより、ホース内管の内側全体をライニングした場合や間隔を設けずに螺旋状にライニングした場合に比べて、フレキシブルホースの曲げ剛性を大幅に小さくすることができる。また、ライナー材を螺旋巻きする際に固形物の粒径を考慮して定めた所定の間隔を設けることにより、固形物がホース内管に直接衝突するのを螺旋状ライナーによって防ぐことができる。したがって、フレキシブルホースについて、可撓性を確保しつつ耐摩耗性を向上させることができる。

【0012】

請求項7記載の本発明は、所定の間隔は、固形物を球体に仮定した場合、球体に仮定した固形物が隣り合うライナー材とライナー材に接触したときに、ホース内管に球体に仮定した固形物の外周端が接触しない間隔であることを特徴とする。

請求項7に記載の本発明によれば、より一層スラリー中の固形物がホース内管に直接衝突しにくくなるので、フレキシブルホースの耐摩耗性をさらに向上させることができる。

【0013】

請求項8記載の本発明は、所定の間隔は、フレキシブルホースを曲げて使用する場合のホース内管の曲率を考慮して定めたことを特徴とする。

請求項8に記載の本発明によれば、ホース内管の曲率を考慮して所定の間隔を定めることで、曲げることによりライナー材とライナー材との間隔が変化しスラリーによる摩耗が直線部分よりも相対的に大きくなる曲がりの部分の耐摩耗性を向上させることができる。

【0014】

請求項9記載の本発明は、螺旋状ライナーが、連続体であることを特徴とする。

請求項 9 に記載の本発明によれば、螺旋状ライナーが連続体であり螺旋周方向にはホース内管の内側が露出する部分がないため、固形物がホース内管に直接衝突して摩耗損傷を与えることを効果的に抑制できる。

【 0 0 1 5 】

請求項 1 0 に記載の本発明は、螺旋状ライナーを導電材料で構成し螺旋状ライナーの電気抵抗を計測することにより、螺旋状ライナーの摩耗度及び / 又は破断の有無をモニタリングしたことを特徴とする。

請求項 1 0 に記載の本発明によれば、螺旋状ライナーが連続体であり導電材料で構成されるため、螺旋状ライナーの摩耗の度合いや破断個所の有無を外部から簡便にモニタリングすることができる。

【 0 0 1 6 】

請求項 1 1 に記載の本発明は、螺旋状ライナーを 2 条並行に設け、一端を短絡して他端側のみでモニタリングを可能としたことを特徴とする。

請求項 1 1 に記載の本発明によれば、螺旋状ライナーの摩耗の度合いや破断個所の有無をフレキシブルホースの一方の側だけでモニタリングすることができるため、両側でモニタリングする場合と比べて測定機器の設置が容易となり、例えば海上の母船などから海中に施設したフレキシブルホースの状態をより容易にモニタリングできる。また、特にフレキシブルホースが長い場合などでも別途長い導線を設ける必要がない。

【 0 0 1 7 】

請求項 1 2 に記載の本発明は、螺旋状ライナーを、絶縁体を 2 枚の導電性の導体で両側から挟持する 3 層構造に構成し、2 枚の導体の一端を短絡して他端側のみでモニタリングを可能としたことを特徴とする。

請求項 1 2 に記載の本発明によれば、フレキシブルホースの一方の側だけでモニタリングすることができるため、両側でモニタリングする場合と比べて測定機器の設置が容易となり、特にフレキシブルホースが長い場合などでも別途長い導線を設ける必要がない。また、螺旋が 1 条で済むため螺旋ピッチを小さく設定でき、螺旋ピッチ増大による曲げ剛性の増大を防ぐことができる。

【 0 0 1 8 】

請求項 1 3 に記載の本発明は、ライナー材の断面が中空部を有する形状に形成されており、ライナー材の表面と中空部とを連通する開孔を有し、中空部に供給される流体が開孔を介してフレキシブルホースの内部に噴出するように構成されていることを特徴とする。

請求項 1 3 に記載の本発明によれば、断面形状を中空とした螺旋状ライナーの内部に、スラリー媒質と同じ流体もしくは異なる流体をスラリーよりも高圧にして流すことにより、ホース内管の内表面近傍には、螺旋状ライナーからホース内管の中心軸方向に向かうような局所流れが生じ、これによってスラリー中の固形物がライナー材やホース内管に衝突する速度が緩和され、ライナー材やホース内管の摩耗を抑制することができる。

【 0 0 1 9 】

請求項 1 4 に記載の本発明は、ライナー材は、複数のライナー片を不連続に成形したものであることを特徴とする。

請求項 1 4 に記載の本発明によれば、ライナー材を複数のライナー片で構成し、螺旋周方向にライナー片とライナー片との間隔を設けることによって、例えば高弾性のライナー材を曲げ、捻り加工することなく連続的に螺旋巻きして螺旋状ライナーとすることができる。また、フレキシブルホースの可撓性を向上させることができる。

【 0 0 2 0 】

請求項 1 5 に記載の本発明は、螺旋周方向のライナー片とライナー片との間隔が、固形物を球体に仮定した場合、球体に仮定した固形物が隣り合うライナー片とライナー片に接触したときに、ホース内管に球体に仮定した固形物の外周端が接触しない間隔に定められていることを特徴とする。

請求項 1 5 に記載の本発明によれば、より一層スラリー中の固形物がホース内管に直接衝突しにくくなるので、フレキシブルホースの耐摩耗性をさらに向上させることができる

10

20

30

40

50

。

【 0 0 2 1 】

請求項 1 6 記載の本発明は、複数のライナー片とライナー片との間を、柔軟性を有した材料で埋めたことを特徴とする。

請求項 1 6 に記載の本発明によれば、不連続の螺旋状ライナーの内表面の凹凸が減少し、流体抵抗を低減させることができる。また、柔軟性を有した材料は、固形物衝突により摩耗はするが、ホース内管の内表面部まで摩耗するまでには時間がかかるため、耐摩耗性もさらに向上できる。

【 0 0 2 2 】

請求項 1 7 記載の本発明は、隣り合うライナー材とライナー材との間を、柔軟性を有した材料で埋めたことを特徴とする。

請求項 1 7 に記載の本発明によれば、螺旋状ライナーの内表面の凹凸が減少し、流体抵抗を低減させることができる。また、柔軟性を有した材料は、固形物衝突により摩耗はするが、ホース内管の内表面部まで摩耗するまでには時間がかかるため、耐摩耗性もさらに向上できる。

【 0 0 2 3 】

請求項 1 8 記載の本発明は、ホース内管の外周に他の部材を積層し補強を行ったことを特徴とする。

請求項 1 8 に記載の本発明によれば、ホース内管が補強されることにより、フレキシブルホース全体の強度や耐久性を向上させることができる。

【 0 0 2 4 】

請求項 1 9 記載の本発明は、螺旋状ライナーを構成するライナー材を、スラリーの流れ方向に対して、上流側の板厚よりも下流側の板厚が厚い断面が非対称形状を成す形状に形成したことを特徴とする。

請求項 1 9 に記載の本発明によれば、螺旋状ライナーの非対称断面形状により、ホース内管の内表面近傍には、内表面からホース内管の中心軸方向に向かうような局所流れが生じ、これによってスラリー中の固形物がライナー材やホース内管に衝突する速度が緩和され、ライナー材やホース内管の摩耗を抑制することができる。

【 0 0 2 5 】

請求項 2 0 記載の本発明は、フレキシブルホースの外表面に、スラリーを流す方向を示す表示手段を備えたことを特徴とする。

請求項 2 0 に記載の本発明によれば、表示手段を備えることにより、使用者は、表示手段に基づいて、スラリーの流れ方向に対して、螺旋状ライナーの下流側の板厚が上流側の板厚よりも厚くなる向きにフレキシブルホースを設置することができる。

【 0 0 2 6 】

請求項 2 1 記載の本発明に対応した螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホースの製造方法においては、請求項 9 から請求項 1 3 のうちの 1 項に記載の螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホースの製造方法であって、金属製又は高弾性樹脂製のライナー材を螺旋状ライナーに成形する工程と、板状又は棒状を成したホース内管材を成形した螺旋状ライナーの外表面に螺旋状に巻き付けホース内管材を接合してフレキシブルホースに成形する工程とを備えたことを特徴とする。

請求項 2 1 記載の本発明によれば、従来のフレキシブルホース製造ラインにおいて、螺旋状ライナーを芯棒の代わりに用いるか、あるいは芯棒の周りに螺旋状ライナーを巻き付ける工程を付加するだけで、螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホースを製造することができるので、生産性を維持することができる。

【 0 0 2 7 】

請求項 2 2 記載の本発明に対応した螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホースの製造方法においては、請求項 9 から請求項 1 3 のうちの 1 項に記載の螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホースの製造方法であって、低弾性樹脂製のライナー材を板状又は棒状を成したホース内管材の表面に連続成形する工程と、ライナー材を内側にしてホース内管材を

10

20

30

40

50

芯棒の周りに螺旋状に巻き付けホース内管材を接合してフレキシブルホースに連続成形する工程と、芯棒を外す工程とを備えたことを特徴とする。

請求項 2 2 に記載の本発明によれば、従来のフレキシブルホース製造ラインにおいて、ホース内管材料上にライナー材を連続成形する工程を付加するだけで、螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホースを製造することができるので、生産性を維持することができる。

#### 【 0 0 2 8 】

請求項 2 3 に記載の本発明に対応した螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホースの製造方法においては、請求項 1 4 から請求項 1 6 のうちの 1 項に記載の螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホースの製造方法であって、板状又は棒状のホース内管材の表面に複数の高弾性材料のライナー片を不連続に成形する工程と、ライナー片を内側にしてホース内管材を芯棒の周りに螺旋状に巻き付けホース内管材を接合してフレキシブルホースに連続成形する工程と、芯棒を外す工程とを備えたことを特徴とする。

請求項 2 3 に記載の本発明によれば、従来のフレキシブルホース製造ラインにおいて、ホース内管材料上にライナー片を等間隔に不連続成形する工程を付加するだけで、不連続の螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホースを製造することができるので、生産性を維持することができる。

#### 【 0 0 2 9 】

請求項 2 4 に記載の本発明に対応した螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホースの製造方法においては、請求項 6 から請求項 9、又は請求項 1 4 から請求項 1 6 のうちの 1 項に記載の螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホースの製造方法であって、板状又は棒状のホース内管材の表面に、化学的な方法、又は物理的な方法により板又は棒の両側又は片側に間隙を設けながら、連続又は不連続にライナー材に相当するライナー材相当部を形成する工程と、ライナー材相当部の耐摩耗性を高めるように改質する工程と、ライナー材相当部を内側にしてホース内管材を芯棒の周りに螺旋状に巻き付けホース内管材を接合してフレキシブルホースに連続成形する工程と、芯棒を外す工程とを備えたことを特徴とする。なお、連続又は不連続にライナー材に相当するライナー材相当部を形成する工程と、ライナー材相当部の耐摩耗性を高めるように改質する工程とを同一工程で兼ねて行い、ライナー材相当部を形成しつつ耐摩耗性を高めるように改質してもよい。

請求項 2 4 に記載の本発明によれば、従来のフレキシブルホース製造ラインにおいて、ホース内管の材料表面を連続又は不連続に改質して螺旋状ライナー部分を形成する工程を付加するだけで、螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホースを製造することができるので、生産性を維持することができる。

#### 【 発明の効果 】

#### 【 0 0 3 0 】

本発明の螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホースの耐摩耗性向上方法によれば、ライナー材を所定の間隔を設けて螺旋巻きして螺旋状ライナーとすることにより、ホース内管の内側全体をライニングした場合や間隔を設けずに螺旋状にライニングした場合に比べて、フレキシブルホースの曲げ剛性を大幅に小さくすることができる。また、ライナー材を螺旋巻きする際に固形物の粒径を考慮して定めた所定の間隔を設けることにより、固形物がホース内管に直接衝突するのを螺旋状ライナーによって防ぐことができる。したがって、フレキシブルホースについて、可撓性を確保しつつ耐摩耗性を向上させることができる。

#### 【 0 0 3 1 】

また、所定の間隔は、固形物を球体に仮定した場合、球体に仮定した固形物が隣り合うライナー材とライナー材に接触したときに、ホース内管に球体に仮定した固形物の外周端が接触しない間隔である場合には、より一層スラリー中の固形物がホース内管に直接衝突しにくくなるので、フレキシブルホースの耐摩耗性をさらに向上させることができる。

現実的には固形物に凹凸のあるところ、球体に仮定した場合にホース内管に直接衝突しない場合であっても凸部が当ることがあるが、直接衝突しない確率を大幅に増すことがで

10

20

30

40

50

きる。直接衝突しにくくなるとはこのことをいう。

【 0 0 3 2 】

また、所定の間隔は、螺旋状ライナーの板厚を考慮した式(1)に基づいて定める場合には、螺旋状ライナーの板厚を考慮した計算式を適用することによって、ライナー材とライナー材との所定の間隔をより適正なものとすることができる。

なお、式(1)から明らかなように、螺旋状ライナーの板厚 $t$ が変わると所定の間隔 $GAP$ の取り得る値も変わることから、所定の間隔 $GAP$ を定めるに当たっては、螺旋状ライナーの板厚 $t$ を考慮する必要がある。

【 0 0 3 3 】

また、所定の間隔は、フレキシブルホースを曲げて使用する場合のホース内管の曲率を考慮して定める場合には、ホース内管の曲率を考慮して所定の間隔を定めることで、曲げることによりライナー材とライナー材との間隔が変化しスラリーによる摩耗が直線部分よりも相対的に大きくなる曲がりの部分の耐摩耗性を向上させることができる。

【 0 0 3 4 】

また、曲率を考慮した所定の間隔は、式(2)に基づいて定める場合には、ホース内管の曲率を考慮した計算式を適用することによって、ライナー材とライナー材との所定の間隔をより適正なものとすることができる。

【 0 0 3 5 】

また、螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホースにおいて、軟質材料で構成されたホース内管と、固形物に対する耐摩耗性を有したライナー材を所定の間隔を設けて螺旋巻きした螺旋状ライナーとを備え、螺旋状ライナーはホース内管の内側に配置され、所定の間隔は固形物の粒径を考慮して定めた所定の間隔である場合には、所定の間隔を設けてライナー材を螺旋状とすることにより、ホース内管の内側全体をライニングした場合や間隔を設けずに螺旋状にライニングした場合に比べて、フレキシブルホースの曲げ剛性を大幅に小さくすることができる。また、ライナー材を螺旋巻きする際に固形物の粒径を考慮して定めた所定の間隔を設けることにより、固形物がホース内管に直接衝突するのを螺旋状ライナーによって防ぐことができる。したがって、フレキシブルホースについて、可撓性を確保しつつ耐摩耗性を向上させることができる。

【 0 0 3 6 】

また、所定の間隔は、固形物を球体に仮定した場合、球体に仮定した固形物が隣り合うライナー材とライナー材に接触したときに、ホース内管に球体に仮定した固形物の外周端が接触しない間隔である場合には、より一層スラリー中の固形物がホース内管に直接衝突しにくくなるので、フレキシブルホースの耐摩耗性をさらに向上させることができる。

【 0 0 3 7 】

また、所定の間隔は、フレキシブルホースを曲げて使用する場合のホース内管の曲率を考慮して定めた場合には、ホース内管の曲率を考慮して所定の間隔を定めることで、曲げることによりライナー材とライナー材との間隔が変化しスラリーによる摩耗が直線部分よりも相対的に大きくなる曲がりの部分の耐摩耗性を向上させることができる。

【 0 0 3 8 】

また、螺旋状ライナーが、連続体である場合には、螺旋状ライナーが連続体であり螺旋周方向にはホース内管の内側が露出する部分がないため、固形物がホース内管に直接衝突して摩耗損傷を与えることを効果的に抑制できる。

【 0 0 3 9 】

また、螺旋状ライナーを導電材料で構成し螺旋状ライナーの電気抵抗を計測することにより、螺旋状ライナーの摩耗度及び/又は破断の有無をモニタリングした場合には、螺旋状ライナーが連続体であり導電材料で構成されるため、螺旋状ライナーの摩耗の度合いや破断個所の有無を外部から簡便にモニタリングすることができる。

【 0 0 4 0 】

また、螺旋状ライナーを2条並行に設け、一端を短絡して他端側のみでモニタリングを可能とした場合には、螺旋状ライナーの摩耗の度合いや破断個所の有無をフレキシブルホ

10

20

30

40

50

ースの一方の側だけでモニタリングすることができるため、両側でモニタリングする場合と比べて測定機器の設置が容易となり、例えば海上の母船などから海中に施設したフレキシブルホースの状態をより容易にモニタリングできる。また、特にフレキシブルホースが長い場合などでも別途長い導線を設ける必要がない。

【0041】

また、螺旋状ライナーを、絶縁体を2枚の導電性の導体で両側から挟持する3層構造に構成し、2枚の導体の一端を短絡して他端側のみでモニタリングを可能とした場合には、フレキシブルホースの一方の側だけでモニタリングすることができるため、両側でモニタリングする場合と比べて測定機器の設置が容易となり、特にフレキシブルホースが長い場合などでも別途長い導線を設ける必要がない。また、螺旋が1条で済むため螺旋ピッチを小さく設定でき、螺旋ピッチ増大による曲げ剛性の増大を防ぐことができる。

10

【0042】

また、ライナー材の断面が中空部を有する形状に形成されており、ライナー材の表面と中空部とを連通する開孔を有し、中空部に供給される流体が開孔を介してフレキシブルホースの内部に噴出するように構成されている場合には、断面形状を中空とした螺旋状ライナーの内部に、スラリー媒質と同じ流体もしくは異なる流体をスラリーよりも高圧にして流すことにより、ホース内管の内表面近傍には、螺旋状ライナーからホース内管の中心軸方向に向かうような局所流れが生じ、これによってスラリー中の固形物がライナー材やホース内管に衝突する速度が緩和され、ライナー材やホース内管の摩耗を抑制することができる。

20

【0043】

また、ライナー材は、複数のライナー片を不連続に成形したものである場合には、ライナー材を複数のライナー片で構成し、螺旋周方向にライナー片とライナー片との間隔を設けることによって、例えば高弾性のライナー材を曲げ、捻り加工することなく連続的に螺旋巻きして螺旋状ライナーとすることができる。また、フレキシブルホースの可撓性を向上させることができる。

【0044】

また、螺旋周方向のライナー片とライナー片との間隔が、固形物を球体に仮定した場合、球体に仮定した固形物が隣り合うライナー片とライナー片に接触したときに、ホース内管に球体に仮定した固形物の外周端が接触しない間隔に定められている場合には、より一層スラリー中の固形物がホース内管に直接衝突しにくくなるので、フレキシブルホースの耐摩耗性をさらに向上させることができる。

30

【0045】

また、複数のライナー片とライナー片との間を、柔軟性を有した材料で埋めた場合には、不連続の螺旋状ライナーの内表面の凹凸が減少し、流体抵抗を低減させることができる。また、柔軟性を有した材料は、固形物衝突により摩耗はするが、ホース内管の内表面部まで摩耗するまでには時間がかかるため、耐摩耗性もさらに向上できる。

【0046】

また、隣り合うライナー材とライナー材との間を、柔軟性を有した材料で埋めた場合には、螺旋状ライナーの内表面の凹凸が減少し、流体抵抗を低減させることができる。また、柔軟性を有した材料は、固形物衝突により摩耗はするが、ホース内管の内表面部まで摩耗するまでには時間がかかるため、耐摩耗性もさらに向上できる。

40

【0047】

また、ホース内管の外周に他の部材を積層し補強を行った場合には、ホース内管が補強されることにより、フレキシブルホース全体の強度や耐久性を向上させることができる。

【0048】

また、螺旋状ライナーを構成するライナー材を、スラリーの流れ方向に対して、上流側の板厚よりも下流側の板厚が厚い断面が非対称形状を成す形状に形成した場合には、螺旋状ライナーの非対称断面形状により、ホース内管の内表面近傍には、内表面からホース内管の中心軸方向に向かうような局所流れが生じ、これによってスラリー中の固形物がライ

50

ナー材やホース内管に衝突する速度が緩和され、ライナー材やホース内管の摩耗を抑制することができる。

【0049】

また、フレキシブルホースの外表面に、スラリーを流す方向を示す表示手段を備えた場合には、表示手段を備えることにより、使用者は、表示手段に基づいて、スラリーの流れ方向に対して、螺旋状ライナーの下流側の板厚が上流側の板厚よりも厚くなる向きにフレキシブルホースを設置することができる。

【0050】

また、螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホースの製造方法において、金属製又は高弾性樹脂製のライナー材を螺旋状ライナーに成形する工程と、板状又は棒状を成したホース内管材を成形した螺旋状ライナーの外表面に螺旋状に巻き付けホース内管材を接合してフレキシブルホースに成形する工程とを備えた場合には、従来のフレキシブルホース製造ラインにおいて、螺旋状ライナーを芯棒の代わりに用いるか、あるいは芯棒の周りに螺旋状ライナーを巻き付ける工程を付加するだけで、螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホースを製造することができるので、生産性を維持することができる。

【0051】

また、低弾性樹脂製のライナー材を板状又は棒状を成したホース内管材の表面に連続成形する工程と、ライナー材を内側にしてホース内管材を芯棒の周りに螺旋状に巻き付けホース内管材を接合してフレキシブルホースに連続成形する工程と、芯棒を外す工程とを備えた場合には、従来のフレキシブルホース製造ラインにおいて、ホース内管材料上にライナー材を連続成形する工程を付加するだけで、螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホースを製造することができるので、生産性を維持することができる。

【0052】

また、板状又は棒状のホース内管材の表面に複数の高弾性材料のライナー片を不連続に成形する工程と、ライナー片を内側にしてホース内管材を芯棒の周りに螺旋状に巻き付けホース内管材を接合してフレキシブルホースに連続成形する工程と、芯棒を外す工程とを備えた場合には、従来のフレキシブルホース製造ラインにおいて、ホース内管材料上にライナー片を等間隔に不連続成形する工程を付加するだけで、不連続の螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホースを製造することができるので、生産性を維持することができる。

【0053】

また、板状又は棒状のホース内管材の表面に、化学的な方法、又は物理的な方法により板又は棒の両側又は片側に間隙を設けながら、連続又は不連続にライナー材に相当するライナー材相当部を形成する工程と、ライナー材相当部の耐摩耗性を高めるように改質する工程と、ライナー材相当部を内側にしてホース内管材を芯棒の周りに螺旋状に巻き付けホース内管材を接合してフレキシブルホースに連続成形する工程と、芯棒を外す工程とを備えた場合には、従来のフレキシブルホース製造ラインにおいて、ホース内管の材料表面を連続又は不連続に改質して螺旋状ライナー部分を形成する工程を付加するだけで、螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホースを製造することができるので、生産性を維持することができる。

【図面の簡単な説明】

【0054】

【図1】本発明の第1の実施形態による螺旋状ライナー付フレキシブルホースを示す構成図

【図2】同螺旋状ライナーの板厚及び所定の間隔と固形物の粒径との関係を示す図

【図3】同フレキシブルホースの摩耗モニタリング方法を示す図

【図4】同フレキシブルホースの他の摩耗モニタリング方法を示す図

【図5】同フレキシブルホースの更に他の摩耗モニタリング方法を示す図

【図6】同フレキシブルホースの製造方法を示す図。

【図7】本発明の第2の実施形態による螺旋状ライナー付フレキシブルホースを示す構成図

10

20

30

40

50

【図 8】同フレキシブルホースの製造方法を示す図

【図 9】本発明の第 3 の実施形態による螺旋状ライナー付フレキシブルホースのホース内管の内部を示す模式図

【図 10】本発明の第 4 の実施形態による螺旋状ライナー付フレキシブルホースのホース内管の内部を示す模式図

【図 11】実施例 1 の有限要素解析モデルを示す図

【図 12】実施例 1 の曲げ解析結果を示す図

【図 13】ホース内管にライナーを設けない従来のフレキシブルホースの図

【図 14】ホース内管に全面ライナーを設けた従来のフレキシブルホースの図

【図 15】ホース内管に網目ライナーを設けたフレキシブルホースの図

10

【図 16】連続螺旋状ライナーに局所面荷重を載荷するモデルの図

【図 17】不連続螺旋状ライナーに局所面荷重を載荷するモデルの図

【図 18】沈み込みの解析結果を示す図

【図 19】他の沈み込みの解析結果を示す図

【図 20】更に他の沈み込みの解析結果を示す図

【図 21】更に他の沈み込みの解析結果を示す図

【図 22】ホース内管にライナーを設けない従来のフレキシブルホースの製造方法を説明する図

【図 23】実施例 5 の連続螺旋状ライナーの概観写真

【図 24】実施例 5 の連続螺旋状ライナーの近接写真

20

【図 25】実施例 7 の連続螺旋状ライナーの概観写真

【図 26】実施例 7 の連続螺旋状ライナーの近接写真

【図 27】摩耗試験に用いたスラリー循環式摩耗試験装置の概観写真

【図 28】同装置のホース摩耗試験部の拡大写真

【図 29】摩耗試験に用いた模擬鉍石の概観写真

【図 30】比較例 8 の摩耗試験におけるタンク水面の様子を示す写真

【図 31】実施例 7 の摩耗試験におけるタンク水面の様子を示す写真

【図 32】摩耗試験におけるホース内管切削粉の拡大写真

【図 33】比較例 8 の摩耗試験におけるタンク水面上の浮遊摩耗粉を示す写真

【図 34】実施例 7 の摩耗試験におけるタンク水面上の浮遊摩耗粉を示す写真

30

【発明を実施するための形態】

【0055】

以下に、本発明の第 1 の実施形態による螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホースの耐摩耗性向上方法及びフレキシブルホースについて説明する。

図 1 は本発明の第 1 の実施形態による螺旋状ライナー付フレキシブルホースを示す構成図であり、図 2 は同螺旋状ライナーの板厚及び所定の間隔と固形物の粒径との関係を示す図、図 3 ~ 5 は同フレキシブルホースの摩耗モニタリング方法を示す図、図 6 は同フレキシブルホースの製造方法を示す図である。

図 1 に示すように、本実施形態によるフレキシブルホースは、鉍石スラリーなど固形物を含むスラリー（固形物と液体の混合物）の輸送に用いられるものであって、ゴムなどの軟質材料で構成されたホース内管 10 と、固形物に対する耐摩耗性を有したライナー材 20 を所定の間隔 G A P を設けて螺旋巻きした螺旋状ライナー 30 とを備え、螺旋状ライナー 30 はホース内管 10 の内側に配置される。ライナー材 20 の素材には、金属、樹脂又はセラミックスなどの耐摩耗性材料を用いることができるが、本実施形態においては導電性材料である金属を用いる。また、螺旋状ライナー 30 は、後述する第 1 変形例又は第 2 変形例のように、2 条並行に設けたり、複層構造としたりすることもできるが、本実施形態においては 1 条の単層構造としている。

40

このようにライナー材 20 を所定の間隔 G A P を設けて螺旋巻きして螺旋状ライナー 30 とすることにより、ホース内管 10 の内側全体をライニングした場合や間隔を設けずに螺旋状にライニングした場合に比べて、フレキシブルホースの曲げ剛性を大幅に小さくす

50

ることができる。したがって、フレキシブルホースの可撓性を確保しつつ、ライニングにより耐摩耗性を向上させることができる。

【 0 0 5 6 】

また、螺旋状ライナー 30 は、連続体としている。つまり、板状のライナー材 20 を切れ目なく螺旋巻きすることによって螺旋状ライナー 30 を形成している。

このように螺旋状ライナー 30 を連続体とすることによって、螺旋周方向にはホース内管 10 の内側が露出する部分がないため、固形物がホース内管 10 に直接衝突して摩耗損傷を与えることを効果的に抑制できる。

【 0 0 5 7 】

次に図 2 を用いて、第 1 の実施形態によるフレキシブルホースの所定の間隔 G A P の規定方法を説明する。

螺旋巻きの管軸方向の間隙である所定の間隔 G A P は、固形物 S の粒径 d を考慮して定める。ライナー材 20 を螺旋巻きする際に固形物 S の粒径 d を考慮して定めた所定の間隔 G A P を設けることにより、固形物 S がホース内管 10 に直接衝突するのを螺旋状ライナー 30 によって防ぐことができる。なお、固形物 S は、鉍石スラリーなどに含まれる、ある程度の大きさ（粒径 20 mm 以上など）をもつ粒子等である。

図 2 に示すように、所定の間隔 G A P は、固形物 S を球体に仮定した場合、固形物 S が隣り合うライナー材 20 a とライナー材 20 b に接触したときに、ホース内管 10 に固形物 S の外周端が接触しない間隔とすると、より一層スラリー中の固形物 S がホース内管 10 に直接衝突しにくくなるので、フレキシブルホースの耐摩耗性をさらに向上させることができる。

なお、現実的には固形物 S に凹凸のあるところ、球体に仮定した場合にホース内管 10 に直接衝突しない場合であっても凸部が当ることがあるが、直接衝突しない確率を大幅に増すことができる。

また、所定の間隔 G A P を定めるにあたっては、螺旋状ライナー 30 の板厚とホース内管の曲率 も考慮することが好ましい。

【 0 0 5 8 】

ホース内管 10 が真直（曲率 = 0）の場合は、螺旋状ライナー 30 の板厚を t、球体に仮定した固形物 S の粒径を d、螺旋状ライナー 30 の内表面と球体に仮定した固形物 S の外周端との距離を x、螺旋巻き間隔（所定の間隔）を G A P とすると、図 2 に示す幾何学的関係から、固形物 S がホース内管 10 に直接接触しないための条件は  $x < t$ 、すなわち次式（1）である。

式（1）：

$$x = (d - (d^2 - G A P^2)^{1/2}) / 2 < t$$

このように螺旋状ライナー 30 の板厚 t を考慮した計算式を適用することによって、ライナー材 20 a とライナー材 20 b との所定の間隔 G A P をより適正なものとすることができる。

なお、式（1）から明らかなように、螺旋状ライナー 30 の板厚 t が変わると所定の間隔 G A P の取り得る値も変わることから、所定の間隔 G A P を定めるに当たっては、螺旋状ライナー 30 の板厚 t を考慮する必要がある。

【 0 0 5 9 】

また、ホース内管 10 が曲率  $\kappa$  を持つ場合は、ホース内管 10 の内径を I D とすると、曲がりの外側におけるホース内管 10 の内壁（内表面）の軸方向歪  $\epsilon$  は、梁理論により  $\epsilon = \kappa \cdot I D / 2$  となり、当該部分における所定の間隔 G A P は  $G A P'$  だけ伸びて、次式（2）となる。

式（2）：

$$G A P' = (1 + \epsilon) G A P = (1 + \kappa \cdot I D / 2) G A P$$

従って、この場合に固形物 S がホース内管 10 に直接接触しないための条件は、式（1）の G A P を式（2）の G A P' で置き換えて、次式（3）となる。

式（3）：

10

20

30

40

50

$$x = (d - \sqrt{d^2 - (1 + \nu \cdot ID / 2)^2 \cdot GAP^2}) / 2 < t$$

このように、ホース内管10の曲率を考慮して所定の間隔GAPを定めることで、曲げることによりライナー材20とライナー材20との間隔が変化しスラリーによる摩耗が直線部分よりも相対的に大きくなる曲がりの部分の耐摩耗性を向上させることができる。

また、ホース内管10の曲率を考慮した計算式を適用することによって、ライナー材20とライナー材20との所定の間隔GAPをより適正なものとする事ができる。

【0060】

ここで、ホース内管10の内径IDを77mm、固形物Sの粒径dを20mm及び40mmと仮定して、所定の間隔GAP及びホース内管10の使用時最大曲率に対する螺旋状ライナー30の板厚tの規定値(最小値)を式(3)から求めると、表1のようになる。但し、いずれの場合もd > GAP'が前提である。

10

【0061】

【表1】

内管内径 ID (mm)	粒径 d (mm)	螺旋巻き間隔 GAP (mm)	内管の使用時最大曲率 $\nu(1/mm)$	螺旋ライナー板厚tの最小値 $(d - \sqrt{d^2 - (1 + \nu \cdot ID / 2)^2 \cdot GAP^2}) / 2$
77	20	5	0	0.32
			0.001	0.34
			0.005	0.45
		10	0	1.34
			0.001	1.45
			0.005	1.97
	40	5	0	0.16
			0.001	0.17
			0.005	0.22
		10	0	0.64
			0.001	0.69
			0.005	0.91

【0062】

表1の結果から、固形物Sの粒径dが小さいほど、また螺旋状ライナー30の所定の間隔GAPが大きいほど、更にホース内管10の使用時最大曲率が大きいほど、螺旋状ライナー30の板厚tを大きく設定する必要があることが分かる。なお、表1の板厚規定はあくまでも図2に示した幾何学的関係から求めたものであり、耐摩耗性ライナーとして要求される必要最小限の板厚(例えばt=1mm以上など)がこれを上回る場合には、後者の値が優先される。

【0063】

また、図2では簡単のため固形物Sの形状を直径dの球体と仮定したが、実際の鉱石などの形状やアスペクト比は千差万別であり、固形物Sの大きさもばらつきを持って分布しているため、螺旋状ライナー30の板厚規定に際してはこのことを考慮する必要がある。表2は、固形物Sの粒径が大略、平均値 $d_m$ 、標準偏差のガウス分布に従うとみなせる場合に、図2及び式(3)の粒径dをどのように設定すればよいかを示したものである。

40

< 設定1 >

最も単純に $d = d_m$ とおく方法であり、固形物Sの粒径がd以上となる確率はおよそ50%である。

< 設定2 >

設定1のdから標準偏差を減じて $d = d_m -$ とおく方法であり、固形物Sの粒径がd以上となる確率はおよそ84%であり、設定1よりも好ましい。

50

## &lt; 設定 3 &gt;

設定 1 の  $d$  から標準偏差  $\sigma$  の 2 倍を減じて  $d = d_m - 2\sigma$  とおく方法であり、固形物 S の粒径が  $d$  以上となる確率はおよそ 98% であり、設定 2 よりも更に好ましい。

## &lt; 設定 4 &gt;

設定 3 の  $d$  に対して、固形物 S の凹凸やアスペクト比など形状に起因する差分を補正するための係数 0.5 を乗じる方法であり、設定 1 から設定 4 の方法のなかで最も好ましい。

【 0 0 6 4 】

【表 2】

	粒径 $d$	設定内容
設定 1	$d = d_m$	粒径 $d$ 以上の確率 50%
設定 2	$d = d_m - \sigma$	粒径 $d$ 以上の包含確率 84%
設定 3	$d = d_m - 2\sigma$	粒径 $d$ 以上の包含確率 98%
設定 4	$d = 0.5(d_m - 2\sigma)$	設定 3 $\times$ 形状補正係数 0.5

【 0 0 6 5 】

なお、隣り合うライナー材 20 とライナー材 20 との間を、柔軟性を有した材料で埋めた場合には、螺旋状ライナー 30 による内表面の凹凸が減少し、流体抵抗を低減させることができる。また、柔軟性を有した材料は、固形物 S の衝突により摩耗はするが、ホース内管 10 の内表面部まで摩耗するまでには時間がかかるため、耐摩耗性もさらに向上できる。

ここで、「柔軟性を有した材料で埋めた」とは、螺旋状ライナー 30 をホース内管 10 の内側に配置した後にライナー材 20 とライナー材 20 との間を別材料で埋める場合のほか、螺旋状ライナー 30 をホース内管 10 の内側に埋め込んで配置する場合等を含む。

30

【 0 0 6 6 】

また、ホース内管 10 の外周に他の部材を積層し補強を行った場合には、ホース内管 10 が補強されることにより、フレキシブルホース全体の強度や耐久性を向上させることができる。

【 0 0 6 7 】

次に図 3 ~ 図 5 を用いて、フレキシブルホースの摩耗モニタリング方法を説明する。本実施形態のように連続体の螺旋状ライナー 30 を金属等の導電性材料（導体）で構成した場合には、螺旋状ライナー 30 の端部において螺旋状ライナー 30 の電気抵抗を測定することにより、螺旋状ライナー 30 の摩耗の度合いや破断個所の有無を外部から簡便にモニタリングすることができる。例えば海上の母船などから海中に施設したフレキシブルホースの状態をより容易にモニタリングできる。

40

【 0 0 6 8 】

図 3 は第 1 の実施形態によるフレキシブルホースの摩耗モニタリング方法を示す図である。

図 3 に示すように、ホース内管 10（図 3 では図示無し）の内側に 1 条の螺旋状ライナー 30 を設け、螺旋状ライナー 30 の両端における電気抵抗  $R$  を測定する。電気抵抗  $R$  の値は螺旋状ライナー 30 の断面積が減じると増大するので、電気抵抗  $R$  が初期状態よりも増大すれば螺旋状ライナー 30 が摩耗により減肉したことがわかり、電気抵抗  $R$  が無限大となれば螺旋状ライナー 30 が途中で破断したことがわかる。

50

## 【 0 0 6 9 】

図 4 は、第 1 の実施形態によるフレキシブルホースの第 1 変形例として、螺旋状ライナー 3 0 を 2 条並行に設けて並行 2 条導体螺旋状ライナー 3 1 としたフレキシブルホースの摩耗モニタリング方法を示す図である。並行 2 条導体螺旋状ライナー 3 1 は、第 1 の螺旋状ライナー（導体）3 0 A と第 2 の螺旋状ライナー（導体）3 0 B を並行に設けて成り、ホース内管 1 0（図 4 では図示無し）の内側に配置される。

図 4 に示すように、並行 2 条導体螺旋状ライナー 3 1 の一端を短絡しておき、他端における電気抵抗 R を測定する。電気抵抗 R の値は並行 2 条導体螺旋状ライナー 3 1 の断面積が減じると増大するので、電気抵抗 R が初期状態よりも増大すれば並行 2 条導体螺旋状ライナー 3 1 が摩耗により減肉したことがわかり、電気抵抗 R が無限大となれば並行 2 条導体螺旋状ライナー 3 1 が途中で破断したことがわかる。

このように、螺旋状ライナー 3 0 を 2 条並行に設け、一端を短絡して他端側のみでモニタリングを可能とすることで、フレキシブルホースの一方の側だけでモニタリングすることができるため、両側でモニタリングする場合と比べて測定機器の設置が容易となり、特にフレキシブルホースが長い場合などでも別途長い導線を設ける必要がない。

## 【 0 0 7 0 】

図 5 は、第 1 の実施形態によるフレキシブルホースの第 2 変形例として、螺旋状ライナー 3 0 を、絶縁体が 2 枚の導電性の導体で両側から挟持される構造の 3 層構造導体螺旋状ライナー 3 2 としたフレキシブルホースの摩耗モニタリング方法を示す図である。3 層構造導体螺旋状ライナー 3 2 は、導体 3 2 A ・絶縁体 3 2 B ・導体 3 2 C の 3 層から成る 1 条の 3 層構造であり、ホース内管 1 0（図 5 では図示無し）の内側に配置される。

図 5 に示すように、3 層構造導体螺旋状ライナー 3 2 の一端で導体 3 2 A、3 2 C 同士を短絡しておき、他端における導体 3 2 A、3 2 C 間の電気抵抗 R を測定する。使用開始後、電気抵抗 R の値は螺旋内側の導体 3 2 C の断面積が減じると増大するので、電気抵抗 R が初期状態よりも増大すれば螺旋内側の導体 3 2 C が摩耗により減肉したことがわかり、電気抵抗 R が無限大となれば螺旋内側の導体 3 2 C が途中で破断したことがわかる。螺旋内側の導体 3 2 C が破断した後、更に螺旋外側の導体 3 2 A の両端の電気抵抗 R ' を測定すれば、図 3 を用いて説明した第 1 の実施形態によるフレキシブルホースの摩耗モニタリング方法と同様の原理により、螺旋外側の導体 3 2 A の摩耗減肉および破断をモニタリングすることができる。

このように、螺旋状ライナー 3 0 を、絶縁体 3 2 B を 2 枚の導電性の導体 3 2 A、3 2 C で両側から挟持する 3 層構造に構成し、2 枚の導体 3 2 A、3 2 C の一端を短絡して他端側のみでモニタリングを可能とすることで、フレキシブルホースの一方の側だけでモニタリングすることができるため、両側でモニタリングする場合と比べて測定機器の設置が容易となり、特にフレキシブルホースが長い場合などでも別途長い導線を設ける必要がない。また、螺旋が 1 条で済むため螺旋ピッチを小さく設定でき螺旋ピッチ増大による曲げ剛性の増大を防ぐことができる。また、螺旋内側の導体 3 2 C が破断して 3 層構造導体螺旋状ライナー 3 2 全体の板厚が半減した時点で、断線によりそのことを確実に把握することができる。更に、図 3 を用いて説明した第 1 の実施形態によるフレキシブルホースの摩耗モニタリング方法と同様に螺旋外側の導体 3 2 A の両端で電気抵抗 R ' を測定すれば、螺旋外側の導体 3 2 A の摩耗減肉および破断を引き続きモニタリングすることができる。

なお、第 2 変形例では螺旋状ライナー 3 0 を導体・絶縁体・導体の 3 層としたが、導体・絶縁体・導体・絶縁体・導体の 5 層とするなど、層数を増すことも可能であり、層数を  $2n + 1$  層にした場合（ $n = 1, 2, 3, \dots$ ）には、螺旋状ライナー 3 0 が 1 層分だけ破断して板厚が元厚の  $1 / (n + 1)$  だけ減じることにより、そのことを確実に把握することができる。

## 【 0 0 7 1 】

次に、第 1 の実施形態によるフレキシブルホースの製造方法を説明する。

なお、図 2 2 は、ホース内管にライナーを設けない場合の、従来の製造方法を説明する図である。板状又は棒状に押し出し又は引抜き成形したホース内管 2 1 0 の材料を円柱又は

円筒形の芯棒の周りに螺旋状に巻き付けて、接着・溶着等の方法により側面を接合しながら管状に連続成形した後、芯棒をはずすと図22の状態となる。

#### 【0072】

第1の実施形態によるフレキシブルホースは、まず金属製の板材又は棒材のライナー材20をローラー等で曲げ・捻り加工するなどして、(必要な場合には円柱又は円筒形の芯棒に巻き付けながら)螺旋状ライナー30に成形し、板状又は棒状に押し出し又は引抜き成形したホース内管10の材料を螺旋状ライナー30の周りに螺旋状に巻き付けて、接着・溶着等の方法により側面を接合しながら管状に連続成形する。

この製造方法は、ライナー材20が金属製でなく高弾性樹脂製の場合も、適切な成形方法(温度・硬化条件など)を選ぶことにより同様に行うことができる。なお、ここでの「高弾性」とは、外部から曲げ・捻りなどの力を加えた場合に容易に変形しにくい、又は十分変形する前に折れてしまう性質のことをいう。

このように、金属製又は高弾性樹脂製のライナー材20を螺旋状ライナー30に成形する工程と、板状又は棒状を成したホース内管材10を成形した螺旋状ライナー30の外表面に螺旋状に巻き付けホース内管材10を接合してフレキシブルホースに成形する工程とを備えることで、従来のフレキシブルホース製造ラインにおいて、螺旋状ライナー30を芯棒の代わりに用いるか、あるいは芯棒の周りに螺旋状ライナー30を巻き付ける工程を付加するだけで、螺旋状ライナー30を用いたフレキシブルホースを製造することができるので、生産性を維持することができる。

#### 【0073】

また、図6は、第1の実施形態によるフレキシブルホースの第3変形例として、ライナー材20を低弾性樹脂製の低弾性樹脂ライナー材21とした場合のフレキシブルホースの製造方法を説明する図である。なお、ここでの「低弾性」とは、外部から曲げ・捻りなどの力を加えた場合に容易に変形する性質のことをいう。

第3変形例のフレキシブルホースは、板状又は棒状に押し出し又は引抜き成形したホース内管10の材料の上に低弾性樹脂ライナー材21を接着・溶着等の方法により直線状に連続成形した後、そのまま円柱又は円筒形の芯棒の周りに螺旋状に巻き付けて、接着・溶着等の方法により側面を接合しながら管状に連続成形した後、芯棒をはずすと図6の状態となる。

このように、低弾性樹脂製のライナー材21を板状又は棒状を成したホース内管材の表面に連続成形する工程と、ライナー材21を内側にしてホース内管材を芯棒の周りに螺旋状に巻き付けホース内管材を接合してフレキシブルホースに連続成形する工程と、芯棒を外す工程とを備えることで、従来のフレキシブルホース製造ラインにおいて、ホース内管10の材料の上にライナー材21を連続成形する工程を付加するだけで、螺旋状ライナー30を用いたフレキシブルホースを製造することができるので、生産性を維持することができる。

#### 【0074】

次に、本発明の第2の実施形態による螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホースの耐摩耗性向上方法及びフレキシブルホースについて説明する。

図7は、本発明の第2の実施形態による螺旋状ライナー付フレキシブルホースを示す構成図であり、図8は同フレキシブルホースの製造方法を示す図である。なお、上記した第1の実施形態と同一機能部材には同一符号を付して説明を省略する。

螺旋状ライナー30が連続体である第1の実施形態とは異なり、本実施形態によるフレキシブルホースは、図7に示すように、ライナー材120は、複数のライナー片121を不連続に成形している。これにより、不連続螺旋状ライナー130が構成される。

このように、ライナー材120を複数のライナー片121で構成し、螺旋周方向にライナー片121とライナー片121との間隔INTを設けることによって、例えば高弾性のライナー材120を曲げ、捻り加工することなく連続的に螺旋巻きして不連続螺旋状ライナー130とすることができる。また、フレキシブルホースの可撓性を向上させることができる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 7 5 】

螺旋周方向のライナー片 1 2 1 とライナー片 1 2 1 との間隔 I N T は、図 2 で示した所定の間隔 G A P と同様に規定することができる。すなわち、固形物 S を球体に仮定した場合、固形物 S が隣り合うライナー片 1 2 1 とライナー片 1 2 1 に接触したときに、ホース内管 1 0 に固形物 S の外周端が接触しない間隔に定めると、より一層スラリー中の固形物 S がホース内管 1 0 に直接衝突しにくくなるので、フレキシブルホースの耐摩耗性をさらに向上させることができる。

また、表 1 では、螺旋状ライナー 3 0 ( 1 3 0 ) の間隔として螺旋巻き間隔 ( 所定の間隔 ) G A P を対象としたが、本実施形態の不連続螺旋状ライナー 1 3 0 の場合には、所定の間隔 G A P と同時に螺旋周方向のライナー間隔 I N T によっても不連続螺旋状ライナー 1 3 0 の板厚 t が規定される。規定の仕方は、間隔 I N T の値はホース内管 1 0 の曲率によらないので、式 ( 1 ) の所定の間隔 G A P を間隔 I N T に置き換えるだけであり、次式 ( 4 ) のようになる。

式 ( 4 ) :

$$X = ( d - ( d^2 - I N T^2 ) ) / 2 < t$$

表 1 と同様に、ホース内管 1 0 の内径 I D を 7 7 m m 、固形物 S の粒径 d を 2 0 m m 及び 4 0 m m として、異なる螺旋周方向のライナー間隔 I N T に対する不連続螺旋状ライナー 1 3 0 の板厚 t の規定値 ( 最小値 ) を式 ( 4 ) から求めると、表 3 のようになる。但し、いずれの場合も  $d > I N T$  が前提である。また、本実施形態の不連続螺旋状ライナー 1 3 0 の場合は、式 ( 3 ) 及び式 ( 4 ) によって求められた板厚 t のうち、大きい方の値が規定値として優先される。

## 【 0 0 7 6 】

## 【 表 3 】

内管内径 ID (mm)	粒径 d (mm)	螺旋周方向の ライナー間隔 INT (mm)	螺旋ライナー板厚tの最小値 $(d - \sqrt{d^2 - INT^2}) / 2$
77	20	5	0.32
		10	1.34
	40	5	0.16
		10	0.64

## 【 0 0 7 7 】

また、第 1 の実施形態において説明した表 2 は、本実施形態にも適用することができる。すなわち、図 2 では簡単のため固形物 S の形状を直径 d の球体と仮定したが、実際の鉱石などの形状やアスペクト比は千差万別であり、固形物 S の大きさもばらつきを持って分布しているので、不連続螺旋状ライナー 1 3 0 の板厚規定に際してはこのことを考慮する必要がある。表 2 は、固形物 S の粒径が大略、平均値  $d_m$ 、標準偏差 のガウス分布に従うとみなせる場合に、図 2 及び式 ( 4 ) の粒径 d を設定するにあたって参照することができる。

## 【 0 0 7 8 】

なお、複数のライナー片 1 2 1 とライナー片 1 2 1 との間を、柔軟性を有した材料で埋めた場合には、不連続螺旋状ライナー 1 3 0 による内表面の凹凸が減少し、流体抵抗を低減させることができる。また、柔軟性を有した材料は、固形物 S の衝突により摩耗はするが、ホース内管 1 0 の内表面 ( 内壁 ) 部まで摩耗するまでには時間がかかるため、耐摩耗性もさらに向上できる。

ここで、「柔軟性を有した材料で埋めた」とは、ライナー片 121 をホース内管 10 の内側に配置した後にライナー片 121 とライナー片 121 との間を別材料で埋める場合のほか、ライナー片 121 をホース内管 10 の内側に埋め込んで配置する場合等を含む。

#### 【0079】

次に図 8 を用いて、第 2 の実施形態によるフレキシブルホースの製造方法を説明する。

第 2 の実施形態によるフレキシブルホースは、板状又は棒状に押出し又は引抜き成形したホース内管 10 の材料の上に金属製のライナー片 121 を接着・溶着等の方法により等間隔（不連続）に成形した後、そのまま円柱又は円筒形の芯棒の周りに螺旋形に巻き付けて、接着・溶着等の方法により側面を接合しながら管状に連続成形した後、芯棒をはずすと図 8 の状態となる。

10

なお、1本の板状又は棒状のホース内管 10 の材料上に成形する不連続螺旋状ライナー 130 は、図 8 (a) のように 1 列でも、図 8 (b) のように複数列（図 8 (b) では 2 列）でもよい。

この製造方法は、ライナー材 120 が金属製でなく、高弾性樹脂やセラミックスなどの高弾性材料製の場合も同様に行うことができる。

このように、板状又は棒状のホース内管材の表面に複数の高弾性材料のライナー片 121 を不連続に成形する工程と、ライナー片 121 を内側にしてホース内管材を芯棒の周りに螺旋状に巻き付けホース内管材を接合してフレキシブルホースに連続成形する工程と、芯棒を外す工程とを備えることで、従来のフレキシブルホース製造ラインにおいて、ホース内管 10 の材料上にライナー片 121 を等間隔に不連続成形する工程を付加するだけで、不連続螺旋状ライナー 130 を用いたフレキシブルホースを製造することができるので、生産性を維持することができる。

20

#### 【0080】

次に、第 1 又は第 2 の実施形態によるフレキシブルホースの他の製造方法を説明する。

第 1 又は第 2 の実施形態によるフレキシブルホースは、板状又は棒状に押出し又は引抜き成形したホース内管 10 の材料の表面を、化学的な方法（成分添加、加硫、薬剤塗布等）あるいは物理的な方法（加熱、加工等）により板又は棒の両側又は片側に間隙を設けながら連続又は不連続にライナー材に相当するライナー材相当部を形成する工程と、ライナー材相当部の耐摩耗性を高めるように改質する工程と、改質したライナー材相当部を内側にしてホース内管材を円柱又は円筒形の芯棒の周りに螺旋形に巻き付けて、接着・溶着等の方法によりホース内管材の側面を接合しながら管状に連続成形する工程と、芯棒を外す工程とによって製造することもできる。

30

なお、連続又は不連続にライナー材に相当するライナー材相当部を形成する工程と、ライナー材相当部の耐摩耗性を高めるように改質する工程とを同一工程で兼ねて行い、ライナー材相当部を形成しつつ耐摩耗性を高めるように改質してもよい。

この製法を用いることにより、従来のフレキシブルホース製造ラインにおいて、ホース内管 10 の材料表面を連続又は不連続に改質して螺旋状ライナー 30 部分を形成する工程を付加するだけで、螺旋状ライナー 30 (130) 付きのホース内管 10 を連続成形する製造ラインを構築することができるので、生産性を維持することができる。

#### 【0081】

40

次に、本発明の第 3 の実施形態による螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホースの耐摩耗性向上方法及びフレキシブルホースについて説明する。

図 9 は、本発明の第 3 の実施形態による螺旋状ライナー付フレキシブルホースのホース内管の内部を示す模式図である。図 9 において矢印 H は、スラリーの流れ方向（スラリー流向）を示す。なお、上記した第 1、第 2 の実施形態と同一機能部材には同一符号を付して説明を省略する。

本実施形態は、上記した第 1 の実施形態における連続螺旋状ライナー 30 を構成するライナー材 20 が中空部 22 を有する形状に形成されており、ライナー材 20 の表面と中空部 22 とを連通する開孔 23 を有し、中空部 22 に供給される流体が開孔 23 を介してフレキシブルホースの内部に噴出するように構成されている。すなわち、図 9 に示すように

50

連続螺旋状ライナー 30 の断面形状を中空の矩形形状とし、螺旋周方向に適当な間隔を置いて穴を設けている。

このような断面形状を中空とした連続螺旋状ライナー 30 の内部に、スラリー媒質と同じ流体もしくは異なる流体をスラリーよりも高圧にして流すことにより、ホース内管 10 の内表面近傍には、図 9 に小矢印で示すように螺旋状ライナー 30 からホース内管 10 の中心軸 10 a 方向に向かうような局所流れ I が生じ、これによってスラリー中の鉱石等の固形物 S がライナー材 30 やホース内管 10 に衝突する速度が緩和され、ライナー材 30 やホース内管 10 の摩耗を抑制することができる。

なお、断面形状を中空とした連続螺旋状ライナー 30 の内部に流す流体は、液体に限らず気体でもよく、気体の場合はホース内管 10 の中心軸 10 a 方向に向かうような局所流れ I は気泡流（バブルジェット）となる。

また、中空とした連続螺旋状ライナー 30 の断面形状は、楕円形、半楕円形、円形、半円形等であってもよい。

また、開孔 23 は図 9 において連続螺旋状ライナー 30 の内表面に設けているが、横表面に設けてもよく、さらに内表面と横表面の双方に設けてもよい。

#### 【0082】

第 3 の実施形態によるフレキシブルホースの製造方法は、上記した第 1 の実施形態によるフレキシブルホースの製造方法を適用することができる。

#### 【0083】

次に、本発明の第 4 の実施形態による螺旋状ライナーを用いたフレキシブルホースの耐摩耗性向上方法及びフレキシブルホースについて説明する。

図 10 は、本発明の第 4 の実施形態による螺旋状ライナー付フレキシブルホースのホース内管の内部を示す模式図である。なお、上記した第 1、第 2 の実施形態と同一機能部材には同一符号を付して説明を省略する。

本実施形態は、上記した第 1、第 2 の実施形態における螺旋状ライナー 30 (130) を構成するライナー材 20 (120) を、スラリーの流れ方向（スラリー流向）H に対して、上流側の板厚  $t_1$  よりも下流側の板厚  $t_2$  が厚い断面が非対称形状を成す形状に形成したものである。すなわち、図 10 に示すように、螺旋状ライナー 30 (130) を構成するライナー材 20 (120) の断面形状を非対称形状とし、スラリー流向 H の上流側の板厚  $t_1$  と下流側の板厚  $t_2$  との関係を  $t_1 < t_2$  としている。

このような螺旋状ライナー 30 (130) の非対称断面形状により、ホース内管 10 の内表面近傍には、図 10 に曲線矢印で示すように内表面からホース内管 10 の中心軸 10 a 方向に向かうような局所流れ J が生じ、これによってスラリー中の鉱石等の固形物 S がライナー材 20 (120) やホース内管 10 に衝突する速度が緩和され、ライナー材 20 (120) やホース内管 10 の摩耗を抑制することができる。

#### 【0084】

また、フレキシブルホースの外表面には、スラリーを流す方向を矢印等で示した表示手段（図示無し）を備えている。表示手段を備えることにより、使用者は、表示手段に示された矢印等に基づいて、スラリー流向 H に対して螺旋状ライナー 30 (130) の上流側の板厚  $t_1$  と下流側の板厚  $t_2$  との関係が  $t_1 < t_2$  となるような向きとしてフレキシブルホースを設置することができる。

#### 【0085】

（実施例及び比較例 その 1）

次に、上記した本発明の第 1 と第 2 の実施形態によるフレキシブルホースを用いた実施例と、比較例を解析的手法により検討した結果を示す。

図 11 は実施例 1 の有限要素解析モデルを示す図であり、図 12 は実施例 1 の曲げ解析結果を示す図、図 13 はホース内管にライナーを設けない従来のフレキシブルホースの図、図 14 はホース内管に全面ライナーを設けた従来のフレキシブルホースの図、図 15 はホース内管に網目ライナーを設けたフレキシブルホースの図、図 16 は連続螺旋状ライナー 30 に局所面荷重を載荷するモデルの図、図 17 は不連続螺旋状ライナー 130 に局所

面荷重を載荷するモデルの図、図 18 ~ 図 21 は沈み込みの解析結果を示す図である。

なお、図 15 に示す網目ライナーを設けたフレキシブルホースは、比較のために今回、発明者が創出したものである。

#### 【0086】

実施例 1 は、本発明の第 1 の実施形態によるフレキシブルホースであって、ライナー材 20 はステンレス鋼とし、ホース内管 10 の内面に厚さ 1 mm の連続螺旋状ライナー 30 を設けたものである。螺旋の断面寸法は厚さ 1 mm × 幅 10 mm とし、螺旋巻きの管軸方向の隙間（ギャップ）である所定の間隔 G A P は 5 mm とした。

なお、曲げ剛性 E I は汎用構造解析コード Marc Mentat (ver. 2011.1.0) による 3 次元有限要素解析で求めた。その様子を図 11 及び図 12 に示す。なお、図 11 の有限要素解析モデルは、内側の螺旋状ライナー 30 を見せるため、フレキシブルホースの要素を一部切り取っている。また、図 12 の曲げ解析結果は、フレキシブルホースの左端を固定し、右端に下向きの集中荷重を載荷したものである。

10

#### 【0087】

実施例 2 は、本発明の第 2 の実施形態によるフレキシブルホースであって、ライナー材 120 はステンレス鋼とし、ホース内管 10 の内面に厚さ 1 mm の不連続螺旋状ライナー 130 を設けたものである。螺旋の断面寸法は厚さ 1 mm × 幅 10 mm とし、螺旋巻きの管軸方向の隙間（ギャップ）である所定の間隔 G A P は 5 mm、管周方向のライナー片 121 の長さは約 6.63 mm（管軸周りの角度 10° に相当）、管周方向のライナー片 121 同士の間隔 I N T は約 3.32 mm（管軸周りの角度 5° に相当）とした。

20

なお、曲げ剛性 E I は実施例 1 と同様の 3 次元有限要素解析により求めた。

#### 【0088】

実施例 3 は、ライナー材 20 をフッ素樹脂製とした以外は、実施例 1 と同様である。

また、実施例 4 は、ライナー材 120 をフッ素樹脂製とした以外は、実施例 2 と同様である。

#### 【0089】

比較例 1 は、図 13 に示すように、ホース内管 210 にライナーを設けない積層フレキシブルホースを、比較的軟質のゴムホース単体でモデル化したもので、外径 83 mm、内径 77 mm とした。また、実際の工業用ホースでは外側に軸力補強層や圧力補強層を設けることを考慮して管の重量は 2.8 kg/m とし、ヤング率は  $E = 21 \text{ MPa}$  とした。なお、曲げ剛性 E I は梁理論により求めた。

30

#### 【0090】

比較例 2 は、図 14 に示すように、比較例 1 のゴムホース内側全面に厚さ 1 mm のライナー 230 を設けたものである。なお、ライナー 230 はステンレス鋼のライナーとした。また、曲げ剛性 E I は梁理論により求めた。

#### 【0091】

比較例 3 は、図 15 に示すように、比較例 1 のゴムホース内面に厚さ 1 mm の網目状ライナー 330 を設けたものである。網目の断面寸法は厚さ 1 mm × 幅 10 mm とし、網目の交差角を 60° とした。なお、網目状ライナー 330 はステンレス鋼とした。また、曲げ剛性 E I は梁理論により求めた。

40

#### 【0092】

比較例 4 は、網目の交差角を 120° とした以外は、比較例 3 と同様である。

また、比較例 5 は、ライナーをフッ素樹脂製とした以外は、比較例 2 と同様である。

また、比較例 6 は、ライナーをフッ素樹脂製とした以外は、比較例 3 と同様である。

また、比較例 7 は、ライナーをフッ素樹脂製とした以外は、比較例 4 と同様である。

#### 【0093】

実施例 1 ~ 4 及び比較例 1 ~ 7 の解析的手法による検討結果を表 4 に示す。なお、表 4 において、ライナーの材質欄の E はヤング率を、 $\rho$  は密度を表す。また、表 4 において、重量比及び曲げ剛性比は、比較例 1 を基準としている（比較例 1 の重量比と曲げ剛性比をそれぞれ 1 としている）。

50

【 0 0 9 4 】

【 表 4 】

	管の構成	ライナーの材質	ライナーの形状	ライナーの厚さ	管の重量 (kg/m)	重量比	曲げ剛性の 算出方法	曲げ剛性 EI (N・m <sup>2</sup> )	曲げ剛性比	可撓性
比較例1	ゴムホース	----	----	----	2.80	1	梁理論	12.8	1	----
比較例2	ゴムホース + ライナー	ステンレス鋼 E=200 GPa $\rho=7.93 \text{ g/cm}^3$	全面	1	4.69	1.68	梁理論	34500	2704	×
比較例3			網目( $\theta=60^\circ$ )	1	4.13	1.47	梁理論	21580	1691	×
比較例4			網目( $\theta=120^\circ$ )	1	4.13	1.47	梁理論	2359	185	×
実施例1			連続螺旋 (GAP=5mm)	1	4.06	1.45	有限要素法	20.5	1.61	○
実施例2			不連続螺旋 (GAP=5mm)	1	3.64	1.30	有限要素法	19.2	1.51	○
比較例5		フッ素樹脂 E=1 GPa $\rho=2.15 \text{ g/cm}^3$	全面	1	3.31	1.18	梁理論	185.2	14.5	×
比較例6			網目( $\theta=60^\circ$ )	1	3.16	1.13	梁理論	120.6	9.5	×
比較例7			網目( $\theta=120^\circ$ )	1	3.16	1.13	梁理論	24.5	1.92	△
実施例3			連続螺旋 (GAP=5mm)	1	3.14	1.12	有限要素法	18.1	1.42	○
実施例4			不連続螺旋 (GAP=5mm)	1	3.03	1.08	有限要素法	16.8	1.32	○

【 0 0 9 5 】

表 4 より、実施例 1 及び実施例 3 は、重量比で見ると、実施例 1 が 1 . 4 5、実施例 3 が 1 . 1 2 であり、許容範囲内である。なお、重量比は 2 . 2 未満を許容範囲としている。

20

また、曲げ剛性比で見ると、実施例 1 が 1 . 6 1、実施例 3 が 1 . 4 2 であり、フレキシブルホースとして十分な可撓性を保っている。なお、曲げ剛性比は 2 未満を許容範囲としているが、曲げ剛性比 1 . 6 程度以下に抑えることが好ましい。

【 0 0 9 6 】

また、実施例 2 及び実施例 4 は、重量比で見ると、実施例 2 が 1 . 3 0、実施例 4 が 1 . 0 8 であり、許容範囲内である。また、曲げ剛性比で見ると、実施例 2 が 1 . 5 1、実施例 4 が 1 . 3 2 であり、フレキシブルホースとして十分な可撓性を保っている。

【 0 0 9 7 】

また、比較例 2 及び比較例 5 は、全面をライナーで覆っているため、他形状のライナーに比べて両者とも最も管の重量比が大きくなっているが、いずれも 2 . 2 未満であり、許容範囲内といえる。しかしながら、両者ともライナー付加により曲げ剛性は著しく増大しており、曲げ剛性比は、比較例 2 が 2 7 0 4、比較例 5 が 1 4 . 5 であり、フレキシブルホースとしての許容限度を超えている。

30

【 0 0 9 8 】

また、比較例 3、比較例 4、比較例 6 及び比較例 7 は、重量比で見ると、比較例 3 及び比較例 4 が 1 . 4 7、比較例 6 及び比較例 7 が 1 . 1 3 であり、許容範囲内である。しかしながら、比較例 3、比較例 4 及び比較例 6 ではライナー付加により曲げ剛性が大きく増大しており、曲げ剛性比は、それぞれ 1 6 9 1、1 8 5 及び 9 . 5 で、フレキシブルホースとしての許容限度を超えている。一方、比較例 7 の曲げ剛性比は 1 . 9 2 であり、辛うじてフレキシブルホースとして許容される範囲内である。

40

【 0 0 9 9 】

以上の結果より、解析的手法により検討した実施例 1 ~ 4 及び比較例 2 ~ 7 のうちで、ライナー無しの比較例 1 と比較した場合にフレキシブルホースとして十分な可撓性を保っているのは、連続又は不連続な螺旋状ライナー 3 0 ( 1 3 0 ) を用いた実施例 1 ~ 4 だけであることが分かる。

【 0 1 0 0 】

次に、上記検討により十分な可撓性を有すると判断された実施例 1 ~ 4 については更に、螺旋状ライナー 3 0 ( 1 3 0 ) に鉱石等の固形物 S が衝突した場合の衝撃吸収性能を測

50

る目安として、螺旋状ライナー 30 ( 130 ) が局所的な荷重を受けたときにその近傍で螺旋状ライナー 30 ( 130 ) がどの程度沈み込むかを、汎用構造解析コード Marc Mentat を用いた 3 次元有限要素解析により調べた。連続螺旋状ライナー 30 に局所面荷重を載荷するモデルを図 16 に、不連続螺旋状ライナー 130 に局所面荷重を載荷するモデルを図 17 に、それぞれ示す。図中の矢印及び白色の部分局所的な面荷重の載荷位置及び載荷方向を示している。なお、両モデルとも、ホース内管 10 の外側には通常、圧力補強層が積層されることを考慮して、ホース内管 10 の外表面にある節点をすべて拘束した。

実施例 1 ~ 4 について、解析で求められた螺旋状ライナー 30 ( 130 ) の沈み込み量及び衝撃吸収性能の比較を表 5 にまとめて示す。

【 0 1 0 1 】

【表 5】

	管の構成	ライナーの材質	ライナーの形状	ライナーの沈み込み量(mm)	衝撃吸収性能
実施例1	ゴムホース + ライナー	ステンレス鋼	連続螺旋	0.16	△
実施例2			不連続螺旋	0.91	○
実施例3		フッ素樹脂	連続螺旋	1.03	○
実施例4			不連続螺旋	1.13	○

【 0 1 0 2 】

また、実施例 1 及び実施例 2 について得られた螺旋状ライナー 30 ( 130 ) の沈み込みの解析結果を図 18 及び図 19 にそれぞれ示す。

表 5 並びに図 18 及び図 19 より、まず実施例 1 の連続した螺旋状ライナー 30 の場合は、局所的に載荷された面荷重を周囲の鋼製のライナー材 20 が分担して受け持っており、比較的広い範囲でライナー材 20 の沈み込みが生じているが、沈み込み量は小さく、最大でも 0.16 mm に留まっていることが分かる。

一方、実施例 2 の不連続螺旋状ライナー 130 の場合は、局所的に載荷された面荷重を、載荷されたライナー片 121 のみが独立して受け持っており、周囲のライナー片 121 への荷重影響は殆ど無い。面荷重を載荷されたライナー材 120 の沈み込み量は大きく、最大で 0.91 mm に達している。従って、鋼製の不連続螺旋状ライナー 130 は、鋼製の連続螺旋状ライナー 30 と比較して固形物 S の衝突による衝撃を吸収する効果が大きいことが分かる。

【 0 1 0 3 】

また、実施例 3 及び実施例 4 について得られた螺旋状ライナー 30 ( 130 ) の沈み込みの解析結果を図 20 及び図 21 にそれぞれ示す。

表 5 並びに図 20 及び図 21 より、上述した実施例 1 及び実施例 2 の鋼製ライナーの場合とは異なり、実施例 3 の連続螺旋状ライナー 30 及び実施例 4 の不連続螺旋状ライナー 130 の両者に共通して、局所的に載荷された面荷重は、載荷されたライナー材 20 ( 120 ) の近傍のみで受け持っており、周囲のライナー材 20 ( 120 ) への荷重影響は殆ど無い。面荷重を載荷されたライナー材 20 ( 120 ) 部分の沈み込み量は大きく、実施例 3 で 1.03 mm、実施例 4 で 1.13 mm に達していることが分かる。これは、フッ素樹脂のヤング率が 1 GPa と鋼に比べて著しく小さいため、連続螺旋状ライナー 30 の場合でも荷重が広範囲に伝達されず、局所的に大きな変形が生ずることによるが、ホース内管 10 全体として固形物 S の衝突による衝撃を吸収する効果は大きく、特に不連続螺旋状ライナー 130 の方が若干上回っている。

【 0 1 0 4 】

( 実施例及び比較例 その 2 )

次に、上記した本発明の第 1 の実施形態によるフレキシブルホースを用いた実施例と、

比較例を実験的手法により検討した結果を示す。

図 2 3 は実施例 5 の連続螺旋状ライナーの概観写真、図 2 4 は実施例 5 の連続螺旋状ライナーの近接写真、図 2 5 は実施例 7 の連続螺旋状ライナーの概観写真、図 2 6 は実施例 7 の連続螺旋状ライナーの近接写真である。

【 0 1 0 5 】

実施例 5 は、本発明の第 1 の実施形態によるフレキシブルホースであって、ライナー材 2 0 はステンレス鋼 ( S U S 3 0 4 鋼 ) とし、ホース内管 1 0 の内面に厚さ 1 m m の連続螺旋状ライナー 3 0 を設けたものである。まずステンレス鋼 ( S U S 3 0 4 鋼 ) 製のテープ ( 断面寸法 : 厚さ 1 m m × 幅 1 0 m m ) を外径 7 0 m m の鋼製パイプに適当な張力をかけた状態で螺旋状に巻き付け、そのまま張力を保ってテープが鋼製パイプに密着した状態でホース内管 1 0 に挿入した後、テープ端の張力を解放して螺旋を周方向に膨らませ、ホース内管 1 0 の内面に密着させて連続螺旋状ライナー 3 0 を形成した。最終的な連続螺旋状ライナー 3 0 の管軸方向の隙間 ( ギャップ ) である所定の間隔 G A P は平均 0 . 4 m m であった。ホース内管 1 0 の端から管軸方向に撮影したホース内管 1 0 の内部の概観写真を図 2 3 に、工業用内視鏡を用いて撮影した連続螺旋状ライナー 3 0 の近接写真を図 2 4 にそれぞれ示す。曲げ剛性 E I は両端スパン 8 0 0 m m の 3 点曲げ試験により求めた。

10

【 0 1 0 6 】

実施例 6 は、本発明の第 1 の実施形態によるフレキシブルホースであって、実施例 5 と同じ素材と方法を用いて、ホース内管 1 0 の内面に沿って厚さ 1 m m の連続螺旋状ライナー 3 0 を設けたものである。連続螺旋状ライナー 3 0 の管軸方向の隙間 ( ギャップ ) である所定の間隔 G A P は実施例 5 よりもやや大きくし、平均 2 . 5 m m とした。曲げ剛性 E I は両端スパン 8 0 0 m m の 3 点曲げ試験により求めた。

20

【 0 1 0 7 】

実施例 7 は、本発明の第 1 の実施形態によるフレキシブルホースであって、ライナー材 2 0 はステンレス鋼 ( S U S 3 0 4 鋼 ) とし、ホース内管 1 0 の内面に厚さ 2 m m の連続螺旋状ライナー 3 0 を設けたものである。ステンレス鋼 ( S U S 3 0 4 鋼 ) 製のテープ ( 断面寸法 : 厚さ 2 m m × 幅 1 0 m m ) を用いて、実施例 5 と同様の方法により連続螺旋状ライナー 3 0 を形成した。最終的な連続螺旋状ライナー 3 0 の管軸方向の隙間 ( ギャップ ) である所定の間隔 G A P は平均 0 . 6 m m であった。ホース内管 1 0 の端から管軸方向に撮影したホース内管 1 0 の内部の概観写真を図 2 5 に、工業用内視鏡を用いて撮影した連続螺旋状ライナー 3 0 の近接写真を図 2 6 にそれぞれ示す。曲げ剛性 E I は両端スパン 8 0 0 m m の 3 点曲げ試験により求めた。

30

【 0 1 0 8 】

実施例 8 は、本発明の第 1 の実施形態によるフレキシブルホースであって、実施例 7 と同じ素材と方法を用いて、ホース内管 1 0 の内面に沿って厚さ 2 m m の連続螺旋状ライナー 3 0 を設けたものである。連続螺旋状ライナー 3 0 の管軸方向の隙間 ( ギャップ ) である所定の間隔 G A P は実施例 7 よりもやや大きくし、平均 2 . 1 m m とした。曲げ剛性 E I は両端スパン 8 0 0 m m の 3 点曲げ試験により求めた。

【 0 1 0 9 】

比較例 8 は、市販されている工業用フレキシブルホースであり、外径 1 0 0 m m 、内径 7 6 m m である。ホース内管 2 1 0 は耐摩耗性ゴムであり、その外側には順次、補強繊維層、軟質 P V C 補強層及び螺旋状の硬質 P V C 補強材が設けられている。曲げ剛性 E I は両端スパン 8 0 0 m m の 3 点曲げ試験により求めた。

40

【 0 1 1 0 】

実施例 5 ~ 8 及び比較例 1 ~ 7 の実験的手法による検討結果を表 6 に示す。なお、表 6 において、重量比及び曲げ剛性比は、比較例 8 を基準としている ( 比較例 8 の重量比と曲げ剛性比をそれぞれ 1 としている ) 。

【 0 1 1 1 】

【表 6】

	管の構成	ライナーの材質	ライナーの形状	ライナーの厚さ	管の重量 (kg/m)	重量比	曲げ剛性の 算出方法	曲げ剛性 EI (N・m <sup>2</sup> )	曲げ剛性比	可撓性	耐摩耗性
比較例8	工業用ホース	----	----	----	2.80	1	曲げ試験	13.2	1	----	△
実施例5	工業用ホース + ライナー	ステンレス鋼 (SUS304鋼)	連続螺旋 (GAP=0.4mm)	1	4.39	1.57		15.3	1.16	○	----
実施例6			連続螺旋 (GAP=2.5mm)	1	4.20	1.50		16.7	1.27	○	----
実施例7			連続螺旋 (GAP=0.6mm)	2	5.91	2.11		21.8	1.65	○	○
実施例8			連続螺旋 (GAP=2.1mm)	2	5.57	1.99		17.8	1.35	○	----

## 【0112】

表 6 より、実施例 5 は、比較例 8 に対する重量比は 1.57 であり、許容範囲内である。なお、重量比は 2.2 未満を許容範囲としている。

また、曲げ剛性比でみると、実施例 5 は、比較例 8 に対する曲げ剛性比は 1.16 で、連続螺旋状ライナー 30 を付加することによる増加率は 20% 未満であり、フレキシブルホースとして十分な可撓性を保っている。なお、曲げ剛性比は 2 未満を許容範囲としているが、曲げ剛性比 1.6 程度以下に抑えることが好ましい。

## 【0113】

実施例 6 は、比較例 8 に対する重量比は 1.50 であり、実施例 5 よりも軽く、許容範囲内である。また、比較例 8 に対する曲げ剛性比は 1.27 であり、フレキシブルホースとして十分な可撓性を保っている。

## 【0114】

実施例 7 は、比較例 8 に対する重量比は 2.11 であり、実施例 5、6 と比べると重くなるが、許容範囲内である。また、比較例 8 に対する曲げ剛性比は 1.65 であり、フレキシブルホースとして十分な可撓性を保っている。

## 【0115】

実施例 8 は、比較例 8 に対する重量比は 1.99 であり、実施例 7 よりも軽く、許容範囲内である。また、比較例 8 に対する曲げ剛性比は 1.35 であり、フレキシブルホースとして十分な可撓性を保っている。

## 【0116】

以上の結果より、実験的手法により検討した実施例 5～8 は、ライナー無しの比較例 8 と比較した場合にフレキシブルホースとして十分な可撓性を保っていることが分かる。

## 【0117】

次に、螺旋状ライナー 30 による耐摩耗性向上効果を検証するため、比較例 8 のホース内管 210 及び実施例 7 のホース内管 10 に対して、スラリー循環式摩耗試験を行った結果について説明する。

図 27 は摩耗試験に用いたスラリー循環式摩耗試験装置の概観写真、図 28 は同装置のホース摩耗試験部の拡大写真、図 29 は摩耗試験に用いた模擬鉍石の概観写真、図 30 は比較例 8 の摩耗試験におけるタンク水面の様子を示す写真、図 31 は実施例 7 の摩耗試験におけるタンク水面の様子を示す写真、図 32 は摩耗試験におけるホース内管切削粉の拡大写真、図 33 は比較例 8 の摩耗試験におけるタンク水面上の浮遊摩耗粉を示す写真、図 34 は実施例 7 の摩耗試験におけるタンク水面上の浮遊摩耗粉を示す写真である。

スラリーによる移送管等の摩耗特性を明らかにするためには、実際に採掘した状態の鉍石を常時投入したスラリーを移送管等に流して摩耗試験することが望ましいが、現実には実際の条件で試験を行うことは極めて難しいため、近似的に模擬鉍石を用いたスラリーを一定時間、配管内を循環させて摩耗試験を行い評価することにした。

スラリー循環式摩耗試験装置の概観写真を図 27 に示す。本装置は、水を満たしたタンク 410 の上部から模擬鉍石を一定量投入してスラリーとし、これをスラリー循環用ポンプ 411 で配管内を循環させることにより、途中に接続したホース内管 10、210 の摩耗試験を行うものである。ホース摩耗試験部 420 の拡大写真(図 28)に示す通り、実際の使用状況を考慮してホース摩耗試験部 420 には曲率を持たせており、ホースの曲率

10

20

30

40

50

半径は図 2 8 に示すホース摩耗試験部 4 2 0 の ( A ) の区間で 1 . 9 m、ホース摩耗試験部 4 2 0 の ( B ) の区間で 2 . 0 m とした。

なお、図 2 7 及び図 2 8 において、矢印はスラリーの循環方向を示す。また、ホース摩耗試験部 4 2 0 の下流側に流量計 4 1 2 を設けている。

#### 【 0 1 1 8 】

模擬鉱石には、ある程度粒径の揃った市販の砕石（生產品名：単粒度砕石 S 20（5号）（茨城県笠間産）、岩質：硬質砂岩（堆積岩）、絶乾密度：2.65 g/cm<sup>3</sup>、平均粒径：約 19 mm）を用いた。模擬鉱石の概観写真を図 2 9 に示す。試験時の模擬鉱石投入量（1 回分）は 2 5 kg とし、移送水は淡水を使用した。試験中、スラリーの模擬鉱石濃度は約 5 %（体積濃度）で、移送水の平均流速は約 3 . 7 m/sec であった。

10

#### 【 0 1 1 9 】

なお、スラリー循環式摩耗試験では、模擬鉱石の経時摩耗劣化を考慮して 1 回の連続試験時間を 1 時間とした。すなわち、新しい模擬鉱石を 2 5 kg 投入して 1 時間連続試験を行った後は使用した模擬鉱石をすべて回収し、改めて新しい模擬鉱石を 2 5 kg 投入してから次の連続試験を 1 時間行うこととし、このサイクルを所定の摩耗試験時間に達するまで繰り返した。

比較例 8 のホース内管 2 1 0 及び実施例 7 のホース内管 1 0 の双方について、上記のスラリー循環式摩耗試験を各合計 5 時間行った時点におけるタンク内水面の観察写真を、図 3 0 及び図 3 1 にそれぞれ示す。いずれの場合も、タンク 4 1 0 内の水面上には、ホース内管 1 0、2 1 0 の耐摩耗性ゴムがスラリー中の模擬鉱石によって削り取られて生じた摩耗粉（図 3 2 参照）が浮いているが、螺旋状ライナー 3 0 のない比較例 8（図 3 0）に比べて、板厚 2 mm の螺旋状ライナー 3 0 を設けた実施例 7（図 3 1）では明らかに摩耗粉の量が減少しており、鉱石スラリーに対する耐摩耗性が向上していることがわかる。なお、図 3 0 及び図 3 1 では、水面上の摩耗粉をより鮮明に表示するため、元写真画像に対して同一の画像処理（輝度ヒストグラムの均等化処理）を行っている。

20

#### 【 0 1 2 0 】

次に、比較例 8 のホース内管 2 1 0 及び実施例 7 のホース内管 1 0 の双方について、上記のスラリー循環式摩耗試験を各合計 5 時間行った時点におけるタンク内水面（図 3 0 及び図 3 1）に乾燥した白布を押し当て、浮遊している摩耗粉を白布に移し取ってから観察した結果を、図 3 3 及び図 3 4 にそれぞれ示す。螺旋状ライナー 3 0 のない比較例 8（図 3 3）に比べて、板厚 2 mm の螺旋状ライナー 3 0 を設けた実施例 7（図 3 4）では明らかに摩耗粉の量が減少しており、鉱石スラリーに対する耐摩耗性が向上していることがわかる。

30

#### 【 産業上の利用可能性 】

#### 【 0 1 2 1 】

本発明によれば、固形物を含むスラリー輸送用のフレキシブルホースを対象として、ゴム等の軟質材料でできた内管の内側に、より耐摩耗性の大きい材料でできた連続又は不連続の螺旋状ライナーを設けて、フレキシブルホース全体の重量や曲げ剛性の大幅な増加を抑えながら耐摩耗性を向上させる、フレキシブルホースの耐摩耗性向上方法、フレキシブルホース、及びフレキシブルホースの製造方法を提供することができる。

40

また、連続の螺旋状ライナーに金属等の導電性材料を用いる場合について、螺旋状ライナー端部で電気抵抗を測定することにより、螺旋状ライナーの摩耗の度合いや破断箇所の有無を外部から簡便にモニタリングする方法を提供することができる。

#### 【 符号の説明 】

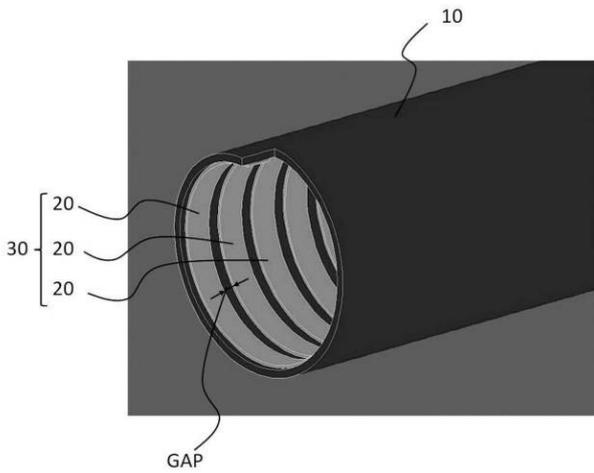
#### 【 0 1 2 2 】

- 1 0 ホース内管
- 2 0 ライナー材
- 2 2 中空部
- 2 3 開孔
- 3 0 （連続した）螺旋状ライナー

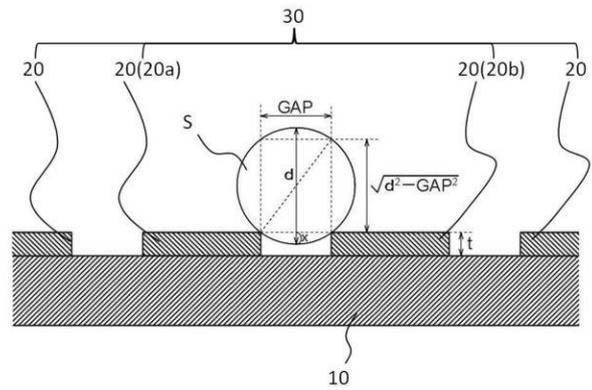
50

- 1 2 0 ライナー材
- 1 2 1 ライナー片
- 1 3 0 不連続螺旋状ライナー
- 2 1 0 ホース内管
- G A P 所定の間隔
- I N T 間隔 (ライナー片同士の螺旋周方向の間隔)
- S 固形物
- d 粒径
- $t_1$  上流側の板厚
- $t_2$  下流側の板厚

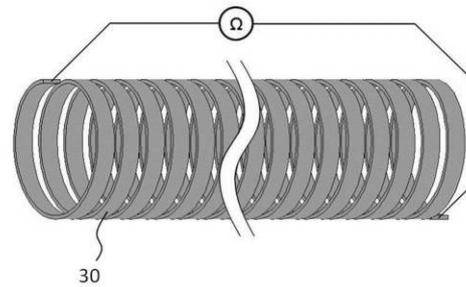
【 図 1 】



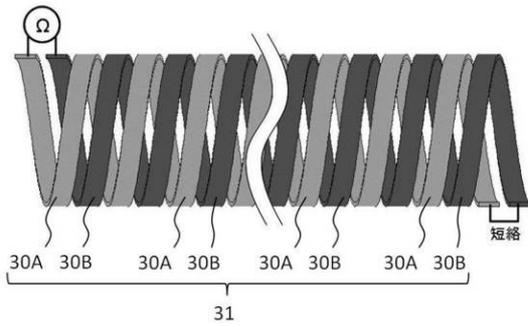
【 図 2 】



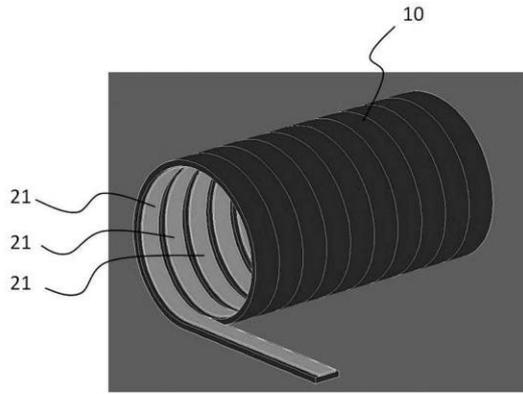
【 図 3 】



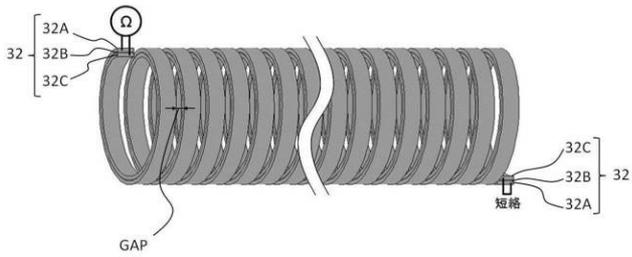
【 図 4 】



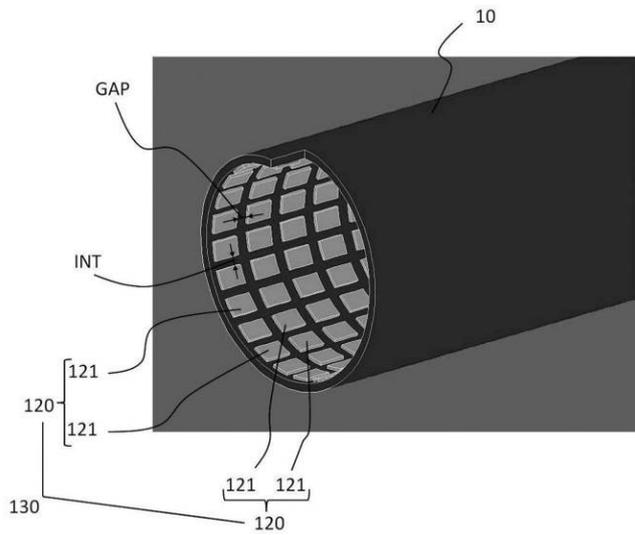
【 図 6 】



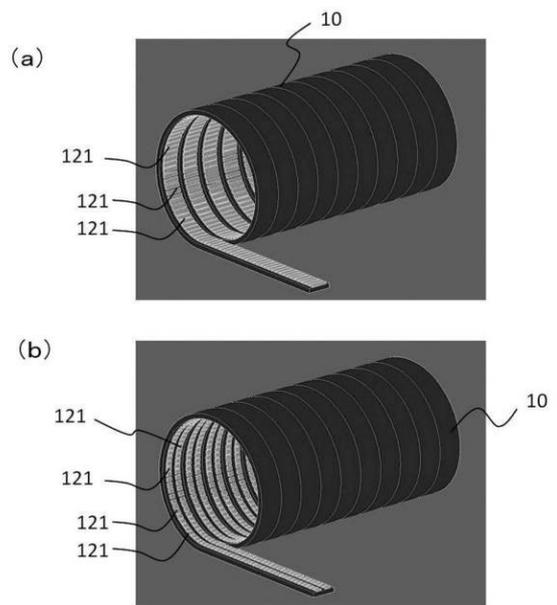
【 図 5 】



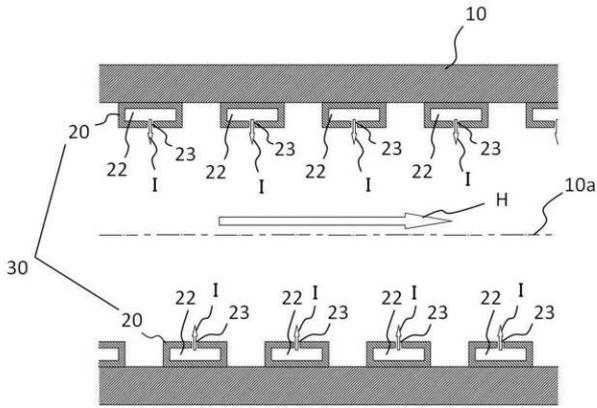
【 図 7 】



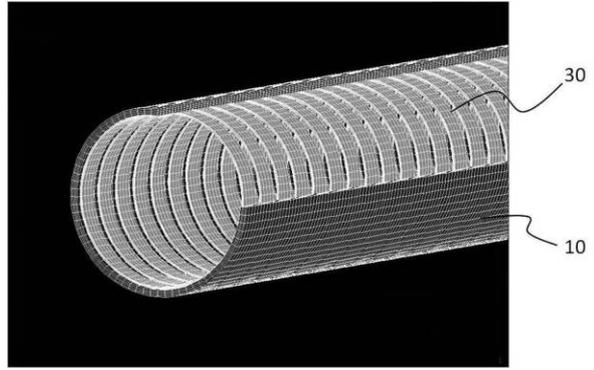
【 図 8 】



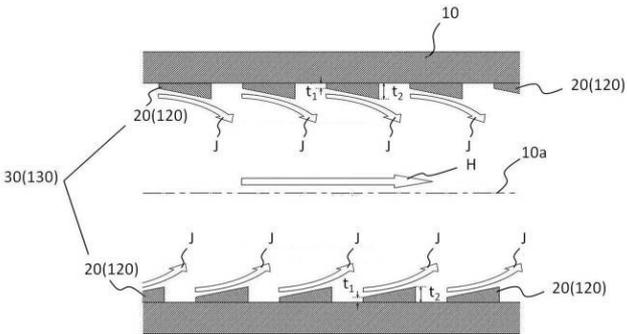
【 図 9 】



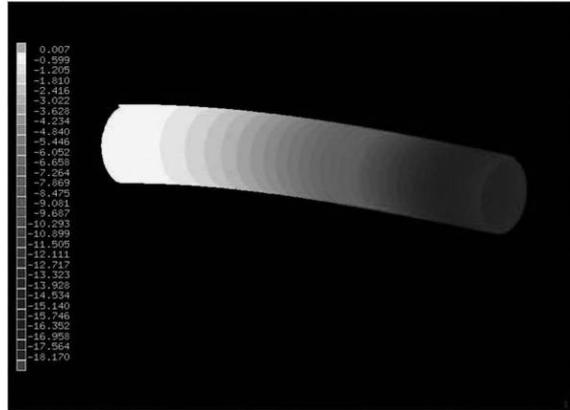
【 図 1 1 】



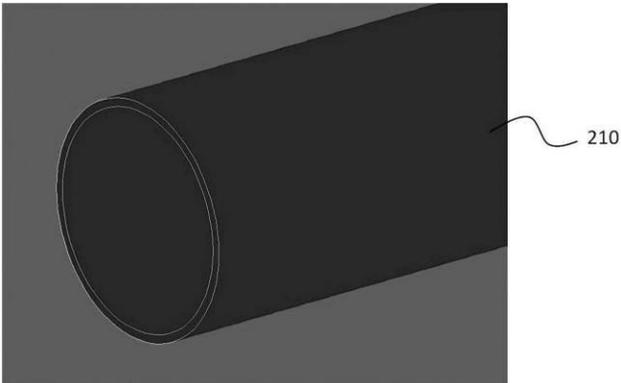
【 図 1 0 】



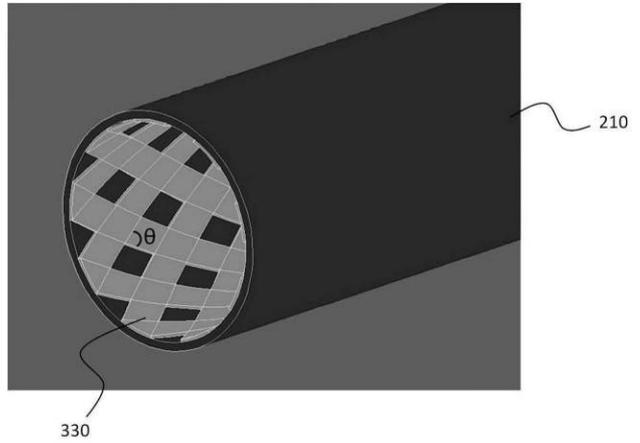
【 図 1 2 】



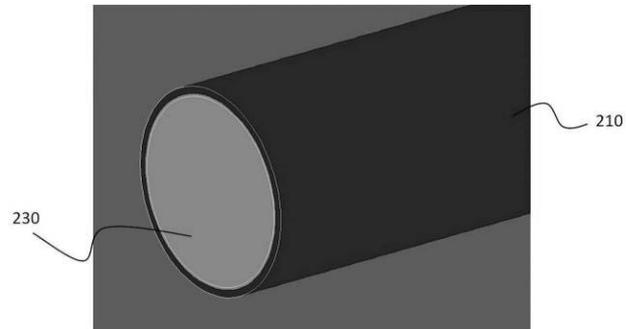
【 図 1 3 】



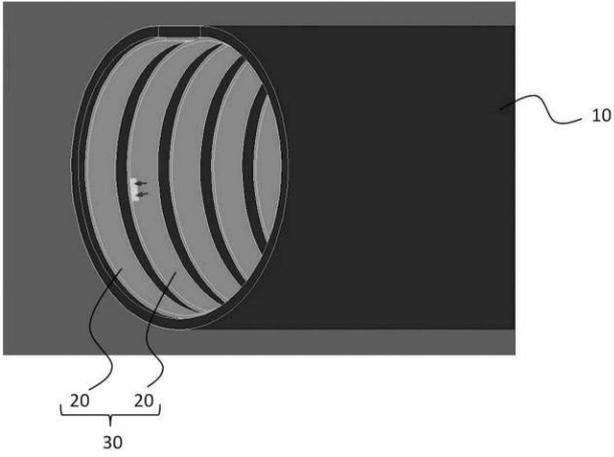
【 図 1 5 】



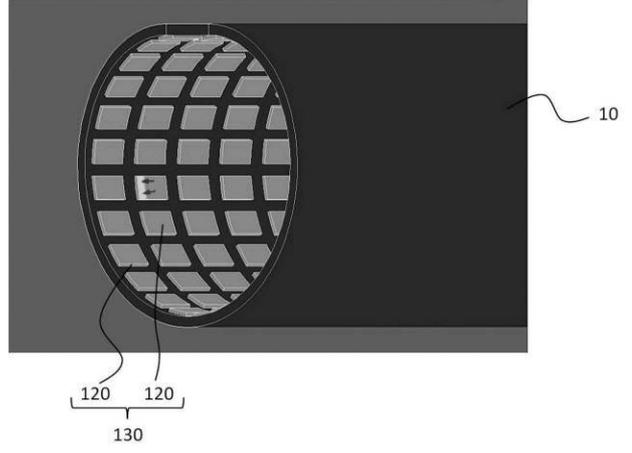
【 図 1 4 】



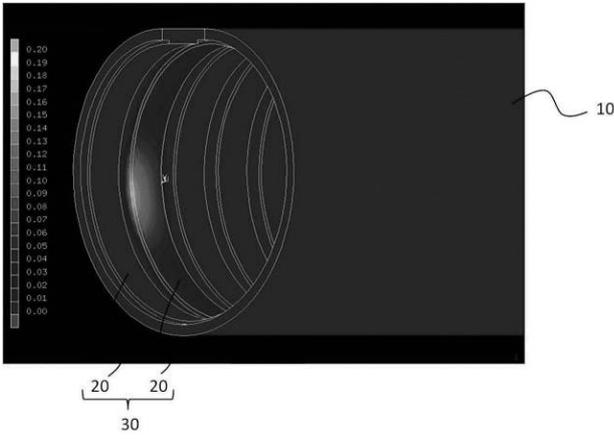
【図 16】



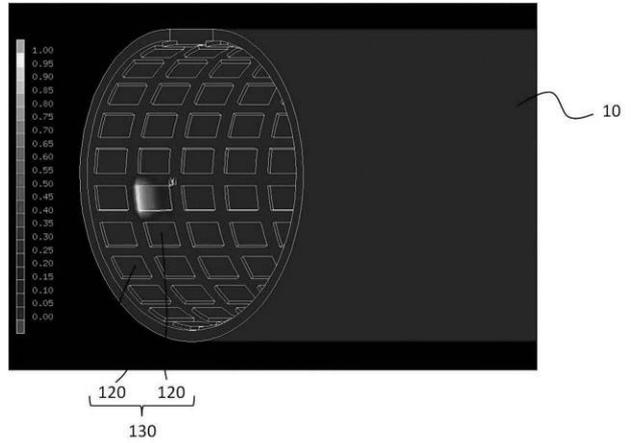
【図 17】



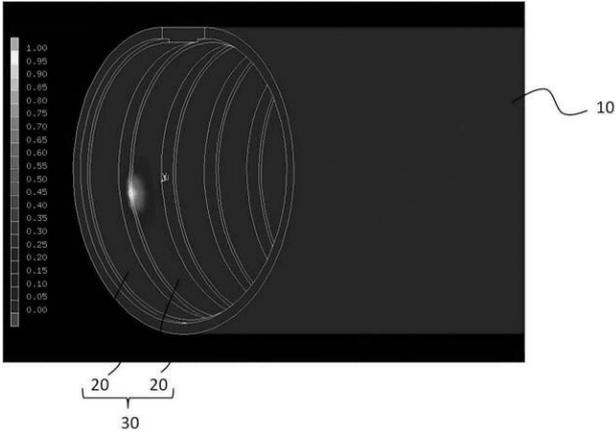
【図 18】



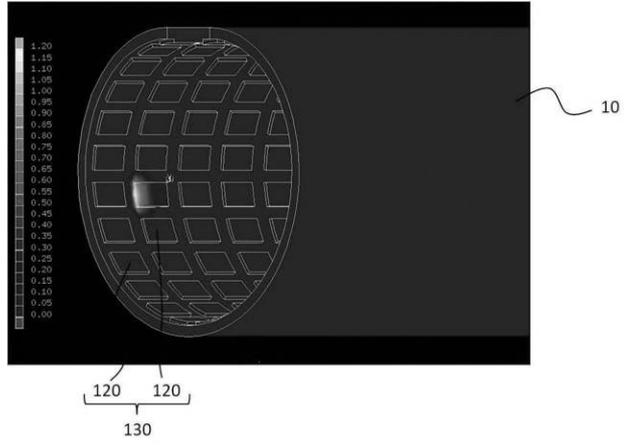
【図 19】



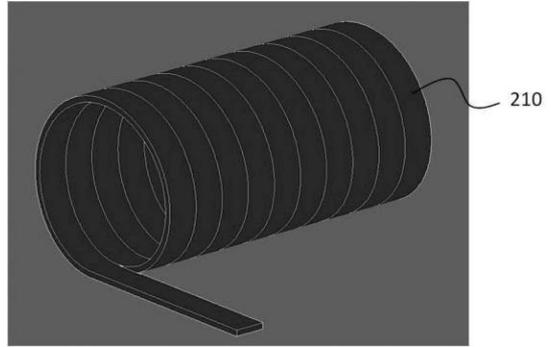
【図 20】



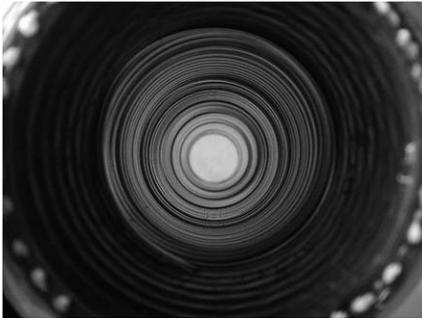
【図 21】



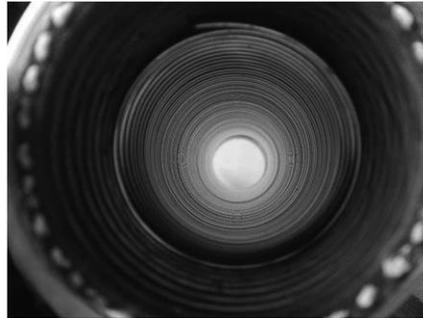
【図 22】



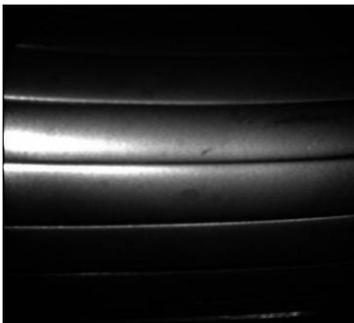
【図 23】



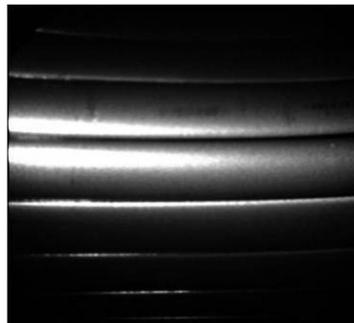
【図 25】



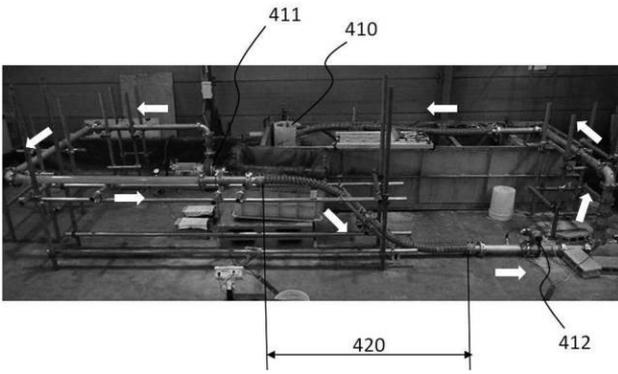
【図 24】



【図 26】



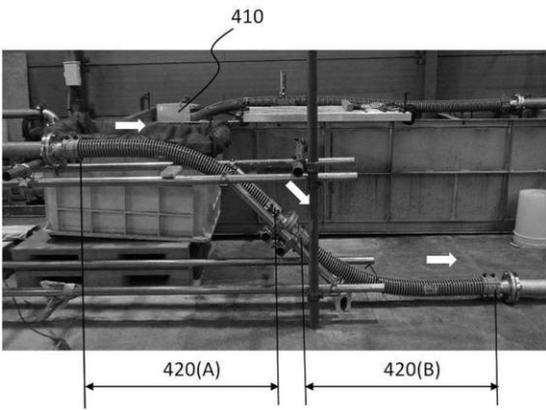
【 図 2 7 】



【 図 2 9 】



【 図 2 8 】



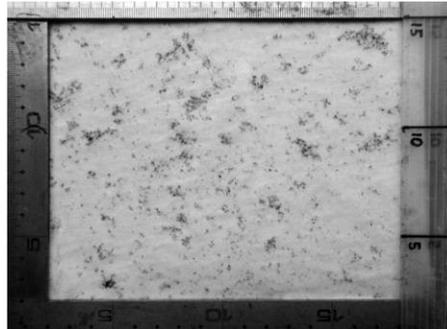
【 図 3 0 】



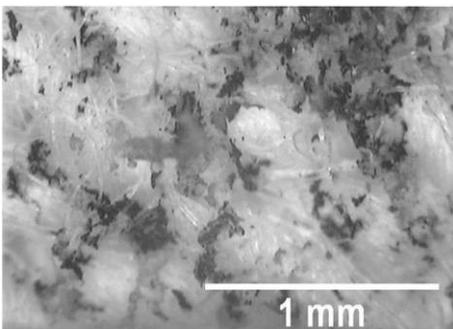
【 図 3 1 】



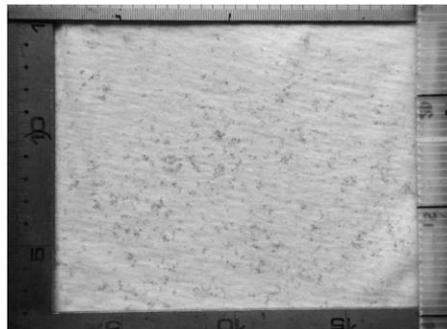
【 図 3 3 】



【 図 3 2 】



【 図 3 4 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 小野 正夫

東京都三鷹市新川6丁目3番1号 国立研究開発法人海上技術安全研究所内

(72)発明者 高野 慧

東京都三鷹市新川6丁目3番1号 国立研究開発法人海上技術安全研究所内

(72)発明者 正信 聡太郎

東京都三鷹市新川6丁目3番1号 国立研究開発法人海上技術安全研究所内

Fターム(参考) 3H111 AA02 BA01 BA09 BA11 BA15 CA03 CB14 CC07 DA10 DB27

EA17

4F211 AD03 AD08 AD12 AD20 AG08 SA05 SC03 SD01 SD06 SD11

SG07 SJ29