

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第4部門第1区分

【発行日】平成17年2月10日(2005.2.10)

【公表番号】特表2001-508144(P2001-508144A)

【公表日】平成13年6月19日(2001.6.19)

【出願番号】特願平10-503852

【国際特許分類第7版】

E 2 1 B 43/10

B 2 1 D 39/20

C 2 1 D 7/12

【F I】

E 2 1 B 43/10

B 2 1 D 39/20 C

C 2 1 D 7/12 A

【手続補正書】

【提出日】平成16年5月17日(2004.5.17)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】補正の内容のとおり

【補正方法】変更

【補正の内容】

## 手 続 補 正 書

平成16年 5月17日

適

特許庁長官 今井 康夫 殿

1. 事件の表示 平成10年特許願第503852号

2. 発明の名称 スチールチューピングを拡張する方法及びそのようなチューピングを有する井戸

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

名 称 シエル・インターナショネイル・リサーチ・マーチヤツ  
ピイ・ベー・ワイ

4. 代 理 人

郵便番号 106-0042

住 所 東京都港区麻布狸穴町62番地の5 川原田ビル2階

電話番号 03-3560-1580~1

ファクシミリ 03-3560-1582

氏 名 (6435) 弁理士 川原田 一穂



5. 補正命令の日付 自 発

6. 補正対象書類名 明細書、請求の範囲



7. 補正対象項目名 明細書、請求の範囲



## 8. 補正の内容

- (1) 請求の範囲を別紙の通り補正する。
- (2) 明細書全文を別紙の通り補正する。

以上

## 補正請求の範囲

1. 成形可能スチール等級から作られたスチールチュービング (4) を拡張する方法であって、テーパー拡張セクション (6) を有する拡張マンドレル (5) をチュービング (4) を通して移動させることによりチュービングを可塑的に拡張させる工程を含む方法において、成形可能スチール等級から作られ少なくともある程度は堅固なチュービング (4) を拡張し、その際、拡張工程の結果として如何なるせぎり及び延性破壊も受けることなく歪み硬化が為され、また、拡張マンドレル (5) のテーパー拡張セクション (6) がテーパーセラミック外面を有することを特徴とするスチールチュービングを拡張する方法。
2. チュービング (4) が、0.8 より小さい降伏強度ー引張り強さ比、及び少なくとも 275 MPa の降伏強度を有する成形可能スチール等級から作られる、請求の範囲第 1 項記載の方法。
3. チュービング (4) が、0.6 から 0.7 までの間の降伏強度ー引張り強さ比を有するスチールから作られる、請求の範囲第 1 項又は第 2 項に記載の方法。
4. チュービング (4) が、双位相 (D P) 高強度低合金 (H S L A) スチールから作られる、請求の範囲第 1 項、第 2 項又は第 3 項のいずれか一項に記載の方法。
5. チュービング (4) が、少なくとも 550 MPa の引張り強さを有するソラック等級 D P 55 若しくは D P 60、又は日本等級 S A F H 540 D 若しくは S A F H 590 D から作られる、請求の範囲第 4 項記載の方法。
6. チュービング (4) が、以下のスチール等級のグループ、すなわち
  - A S T M A 1 0 6 高強度低合金 (H S L A) シームレスパイプ、
  - A S T M A 3 1 2 オーステナイトステンレススチールパイプ、等級 T P

304 L、

— ASTM A312オーステナイトステンレススチールパイプ、等級TP  
316 L、及び

— TRIPスチールとして知られている高残留オーステナイト高強度熱間圧延  
スチール、

から選択された成形可能高強度スチール等級から作られる、請求の範囲第1項、  
第2項又は第3項のいずれか一項に記載の方法。

7. 拡張されたチュービングの外径が拡張されてないチュービング(4)の外  
径より少なくとも20%大きくなるように、チュービングを拡張し、チュービン  
グ(4)の成形可能スチールの歪み硬化指数nが少なくとも0.16である、請  
求の範囲第1項～第6項のいずれか一項に記載の方法。

8. 拡張マンドレル(5)が、平滑なセラミック外面を有するテーパー拡張セ  
クション(6)を含み、該セラミック外面は、マンドレル(5)の長手方向軸に  
対して5°から45°の間の鋭角Aにて配向し、チュービングの如何なる焼付き  
も引き起こすことなくチュービング(4)を拡張させ、拡張工程の結果としてチ  
ュービング(4)の内面の平均粗さが小さくなる、請求の範囲第1項～第7項の  
いずれか一項に記載の方法。

9. テーパー拡張セクション(6)のセラミック外面が、酸化ジルコニウムか  
ら作られ、マンドレル(5)の長手方向軸に対して15°から30°までの間の  
鋭角Aにて配向する、請求の範囲第8項記載の方法。

10. チュービング(4)を通して拡張マンドレル(5)をポンプ駆動するこ  
とにより、チュービング(4) を拡張する、請求の範囲第1項～第9項のいずれ  
か一項に記載の方法。

11. 拡張マンドレル(5)が、シールセクション(7)を含み、該シールセ

クション（7）は、拡張マンドレル（5）がチュービング（4）を通してポンプ駆動される際にシールセクション（7）が可塑的に拡張されたチュービングの一部に係合するような拡張セクション（6）からの距離にて配置される、請求の範囲第7項又は第10項に記載の方法。

12. チュービング（4）を、地下の井戸孔内部で拡張し、拡張マンドレル（5）が、拡張マンドレル（5）の前方のチュービング（4）内に存在する流体を地表に抜き出すためのベントライン（8）を含む、請求の範囲第10項又は第11項に記載の方法。

13. 拡張されたチュービング（4）の外径（D2）が、井戸孔又は井戸孔に存在するケーシング（2）の内径より僅かに小さくなるように、チュービング（4）を拡張し、また、井戸孔内及び拡張マンドレルの前方のチュービング（4）内に存在する流体が、拡張工程後にチュービング（4）の周りに空いて残る環状空間を介して地表に抜き出される、請求の範囲第11項又は第12項に記載の方法。

14. チュービングを巻き取りドラムから巻き取った後、チュービング（4）を地下の井戸孔内に降ろす、請求の範囲第1項～第13項のいずれか一項に記載の方法。

15. 請求の範囲第1項～第14項のいずれか一項に記載の方法を用いて拡張されたチュービング（4）を備えた井戸であって、チュービング（4）は生産チュービングとして働き、該チュービングを通して炭化水素流体が地表に輸送され、巻き取り可能なサービス及び／又はキルラインが、チュービング（4）の内部長さの少なくとも実質的部分を通過し、それを通してライン流体が井戸孔の底に向けてポンプ駆動され得、炭化水素流体が周囲の生産チュービング（4）を介して生産される、井戸。

16. 請求の範囲第1項～第13項のいずれか一項に記載の方法を用いて拡張

されたチュービング（4）を備えた井戸であって、チュービングが、井戸孔に存在するケーシング（2）の内面に抗して拡張される、井戸。

## 明細書

## スチールチュービングを拡張する方法及びそのようなチュービングを有する井戸

本発明は、チュービング(tubing)の拡張に関する。特に、本発明は、拡張マンドレルをチュービングに通して移動させることによりスチールチュービングを拡張する方法に関する。

チュービングを拡張する方法及び装置は、数多く知られている。

欧州特許明細書第643794号には、地下の井戸孔(borehole)の壁に抗してケーシングを拡張する方法が開示されており、このケーシングは可鍛材料から作られ、好ましくは少なくとも25%の非軸方向歪みの可塑性変形が可能であり、このケーシングは、ケーシングを通じてポンプ駆動、引っ張り、又は押圧される拡張マンドレルにより拡張され得る。

他の拡張方法及び装置は、獨国特許明細書第1583992号、及び米国特許明細書第3,203,483号、第3,162,245号、第3,167,122号、第3,326,293号、第3,785,193号、第3,489,220号、第5,014,779号、第5,031,699号、第5,083,608号、第5,366,012号に開示されている。

公知の拡張方法の多くは、初めから波形にされた管(corrugated tube)を使用しており、後者の従来技術は、拡張マンドレルにより穴下方に拡張されたスロット管(slotted tube)を使用している。

公知の方法において波形又はスロット管を使用することは、管を所望通りに拡張するのに必要な拡張力を減じるように働く。

請求の範囲第1項の前段部に従った方法は、米国特許明細書第5,366,012号から公知である。この公知方法においては、スロット管が、テーパー拡張セクションを備えた拡張マンドレルにより拡張される。

本発明の目的は、少なくともある程度は堅固な、すなわち非スロットチュービングを拡張するための方法を提供することである。本方法では、チュービングを

拡張する際小さい力を加えることが求められ、拡張されてないチュービングよりも大きい径と高い強度を有するチュービングが得られる。また、本方法は、拡張する前に既に管形状を有し得るチュービングにより実行され得る。

本発明による方法は、少なくともある程度は堅固な(solid) 且つ成形可能な(formable)スチール等級(grade) から作られチュービングを通して拡張マンドレルを移動させる工程を含む。該マンドレルのテーパー拡張セクションは、テーパーセラミック外面を有する。このチュービングは、拡張工程の結果として如何なるせぎり及び延性破壊も生じることなく歪み硬化が為される。

歪み硬化の結果、チュービングは拡張プロセスの間により強くなる。というのは、拡張がさらに大きくなると、前の拡張に対するよりもより大きな歪みが要求されるからである。

拡張マンドレルのテーパー付きセラミック外面と組み合わせて、チュービングに対して成形可能スチール等級を使用することは、共同作用効果を奏することが分かった。というのは、得られる拡張チュービングが、適度に増強された強度を有する一方、拡張力は低く保たれるからである。チュービングが地下の井戸孔で使用されるなら、拡張前のチュービングの低い降伏強度と高い延性により、リールドラムから井戸孔内に巻き取られるチュービングが使用できる。

冶金技術では、歪み硬化(strain-hardening)と加工硬化(work-hardening)なる用語は同意語であり、両方とも可塑的変形により生じる強度の増大を示すのに用いられる。

この明細書で用いられる用語である成形可能スチール等級は、チュービングが種々の形状に可塑的に変形される一方でその構造上の完全性を維持することができることを意味する。

スチールの成形特性を決める方法は、メタルハンドブック、第9版、14巻、成形と鍛造(Forming and Forging)、ASMインターナショナル発行、メタルパーク(Metals Park)、オハイオ(米国)、に記載されている。

せぎり(necking)なる用語は、局所圧縮の発生による或場所での非一様可塑性変形を引き起こす幾何学効果を示す。せぎりの観点から、せぎり領域での連続的な加工硬化は、ネック内の最小断面の連続的な低減に対してもはや補償しない。

従って、スチールの負荷運搬容量は低下する。連続的な負荷により、実際にさらに可塑的変形の全てが、ネック領域に制限され、その結果、高度に非一様変形が、破壊が起こるまでせぎり領域において発生して発達する。

延性破壊なる用語は、延性特性を示すコンポーネントの可塑変形が、コンポーネントが局所的に2つに割れるほど極度に進む場合に欠陥が発生することを意味する。内部ボイド(void)の核形成、成長及び凝結は、欠陥まで進み、鈍い纖維状の破裂表面を残す。せぎり及び延性破壊なる用語の詳細な説明は、ハンドブック「機械設計における材料欠陥(Failure of Materials in Mechanical Design)」、J. A. コリンズ(Collins)、第2版、John Wiley and Sons発行、ニューヨーク(米国)、1993年、に与えられている。

好ましくは、チュービングは成形可能な高強度スチール等級から作られ、0.8より小さい降伏強度-引張り強さの比を有し、少なくとも275 MPaの降伏強度を有する。高強度スチールなる用語は、この明細書で用いられる場合には、少なくとも275 MPaの降伏強度を有するスチールを示す。

チュービングが、降伏応力/引張り応力の比が0.6から0.7までの成形可能なスチール等級から作られることも好ましい。

双位相 (dual phase : DP) 高強度低合金 (high-strength, low-allow : HSLA) スチールは、拡張された管の良好な表面仕上げを確実にする管の拡張工程中におけるルーダーズ(Luders)バンド形成を除去する明確な降伏点を欠く。

本発明による方法で使用される適当なHSLA双位相(DP)スチールは、ソラック(Sollac)により開発され少なくとも550 MPaの引張り強さを有する等級DP55及びDP60、並びに新日本製鐵株式会社により開発され少なくとも540 MPaの引張り強さを有する等級SAFH540及びSAFH590Dである。

米国特許明細書第4,938,266号には双位相スチールを製造するための方法が開示されているのが分かる。

その他の適当なスチールは、以下の成形可能な高強度スチール等級である。

- ASTM A106高強度低合金(HSLA)シームレスパイプ、
- ASTM A312オーステナイトステンレススチールパイプ、等級TP3

0.4 L、

- ASTM A312 オーステナイトステンレススチールパイプ、等級TP316L、及び
- 新日鐵により開発された等級SAFH590E, SAFH690E, SAFH780Eのような高残留オーステナイト高強度熱間圧延スチール（低合金TRIPスチール）。

上記DPと他の適当なスチールは各々、少なくとも0.16の歪み硬化指数nを有し、拡張されたチュービングの外径が、拡張されてないチュービングの外径より少なくとも20%大きくなるようにチュービングを拡張させることが出来る。

歪み硬化、加工硬化、歪み硬化指数nなどの用語の詳しい説明は、ハンドブック「金属形成力学と冶金学(Metal Forming-Mechanics and Metallurgy)」、第2版、Prentice Hall 発行、ニュージャージー(米国)、1993年、の第3章及び第17章に記されている。

適切には、拡張マンドレルは、円錐形のセラミック外面を有する拡張セクションを含む。米国特許明細書第3,901,063号には管引き操作で使用するための円錐形セラミック外面を有するプラグが開示されている。拡張マンドレルがチュービングを通してポンプ駆動される場合には、マンドレルがシールセクションを含むことが好ましい。このシールセクションは、拡張マンドレルの背後に油圧を作用させることによりマンドレルがチュービング内を移動する際に、シールセクションがチュービングの拡張部分に可塑的に係合するようなテーパー拡張セクションからの距離にて配置される。このことは、前記距離が拡張されたチュービングの壁厚の少なくとも3倍であるならば、一般に達成される。

円錐形のセラミック面を用いることにより、拡張工程中の摩擦力が低減され、拡張管に係合するシールセクションを設けることにより、油圧力がチュービングを過度に拡張してしまうことが避けられる。

このような場合には、拡張マンドレルが、井戸孔及び拡張マンドレルの前方のチュービング内に存在する如何なる流体をも地表に抜き出すためのベントラインを含むことが好ましい。

別法として、拡張されたチュービングの内径が井戸孔又は井戸孔内に存在する

ケーシングの内径よりも僅かに小さくなるように、チュービングが拡張され、それにより、井戸孔及び拡張マンドレルの前方のチュービング内に存在する如何なる流体も、拡張工程後にチュービングの周りに空いたまま残る環状空間を介して地表に抜き出される。

本発明は、本発明による方法で拡張されたチュービングが設けられた井戸にも関する。このような場合には、チュービングは、チュービングを通して炭化水素流体を地表に輸送する生産チュービングとして働くことができ、巻き取り可能なサービス及び／又はキル(kill)ラインは、チュービング長の少なくとも実質的な部分を通過し、それを使ってライン流体が井戸孔の底に向かってポンプ駆動され得る一方、炭化水素流体は、周囲の生産チュービングを介して生産される。このような拡張された生産チュービングを使用することにより、井戸穴のほとんど全体を炭化水素流体の輸送のために使用することができ、その結果、所望の生産速度を達成するのに相対的に細い井戸孔が利用できる。

別法として、井戸孔内に存在するケーシングの内面に抗して、チュービングが拡張され得る。このような場合には、チュービングは生産チュービング及び／又は防護クラッディング(cladding)として用いることができる。防護クラッディングは、腐食性井戸流体、及びメンテナンスや改修作業中に井戸内に降ろす工具からの損傷に対して井戸を保護するものである。

本発明による方法及び井戸システムにおけるこれら及びその他の目的、特徴、効果は、添付請求の範囲、要約、及び添付図面を参照した以下の詳細な説明から明らかとなる。添付図面において、図1は、地下井戸孔の長手方向断面図であり、本発明による方法でチュービングが拡張されている。

図1を参照すると、地下層群1を横切る井戸孔と、セメントから成る環状本体3により井戸孔内に固定されたケーシング2が示されている。

生産チュービング4は、双位相高強度低合金(HSLA)スチール又は他の成形可能高強度スチールから作られ、ケーシング2内に吊される。

拡張マンドレル5は、チュービング4を通って長手方向に移動され、それにより、拡張チュービングの外径がケーシング2の内径より僅かに小さいか又はほぼ等しくなるように、チュービング4を拡張する。

拡張マンドレル5には、一連のセラミック面が備わり、拡張工程中のピグ(pig)とチュービング4の間の摩擦力を制限する。示された例では、チュービングを実際に拡張する円錐形セラミック面のセミトップ角Aは、約25°である。酸化ジルコニウムは、平滑な円錐形リングとして形成され得る適切なセラミック材料であることが分かっている。実験及びシミュレーションにより、もし円錐形セミトップ角Aが20～30°であるならば、パイプは、本質的に前記円錐形部分の外側先端又は縁にて、場合によっては円錐形部分の約中間にて、S字状となるよう変形し、セラミック面のテーパー部6に接触することが示されている。

実験によると、拡張するチュービング4がS字状となることが有利であることも示された。というのは、このことにより、セラミック面6のテーパー部とチュービング4との間の接触面の長さが減り、それにより、拡張マンドレル5とチュービング4の間の摩擦量も減るからである。

実験によると、もし前記セミトップ角Aが15°よりも小さいならば、管とピグ間の相対的に高い摩擦力を生じ、もし前記トップ角が30°よりも大きいならば、チュービング4の可塑的曲がり故に余分な可塑的作用が生じ、このことがより高い熱散逸やチュービング4を通したピグ5の前方移動の破裂をも引き起こすことも示された。従って、前記セミトップ角Aは15～30°の間で選択されるのが好ましく、常に5～45°の間とすべきである。

実験によると、拡張工程中のチュービングの焼付きを避けるためには、拡張マンドレル5のテーパー部は非金属外面を有するべきであることも示された。さらに、拡張マンドレルのテーパー部用にセラミック面を使用することにより、チュービング4の内面の平均粗さが拡張工程の結果として小さくなつた。また、実験によると、セラミックテーパー面6を備えた拡張マンドレル5は、拡張後にチュービング外径D2が非拡張チュービングの外径D1よりも少なくとも20%大きくなるように、成形可能スチールから成るチュービング5を拡張でき、適当な成形可能スチールは、D P 55及びD P 60として公知の双位相(D P)高強度低合金(H S L A)スチール；A S T M A 1 0 6 H S L Aシームレスパイプ、A S T M A 3 1 2 オーステナイトステンレススチールパイプ、等級T P 3 0 4 L及びT P 3 1 6 L、並びに新日鐵により製造されているT R I Pスチールとして公

知の高残留オーステナイト高強度熱間圧延スチールである。

マンドレル5は、一对のシールリング7を備え、これらのシールリング7は、リング7がチュービング4の可塑的に拡張されたセクションに面するよう円錐形セラミック面6から一定距離にて配置される。シールリングは、高い油圧の流体がマンドレル5の円錐形セラミック面6と拡張するチュービング4の間に存在してチュービング4の不規則に大きな拡張を生じることを避けるよう働く。

拡張マンドレル5は、コイルベントライン8に連通した中央ベント通路9を備え、ベントライン8を通って流体が地表に抜き出され得る。拡張工程の完了後、ピグ5はベントラインにより地表まで引っ張り上げられ得、コイルキル及び／又はサービスライン（図示せず）が拡張されたチュービング4内に降ろされ得て、炭化水素流体流入ゾーンに向けてキル及び／又はトリートメント流体を注入するのを容易にする。この注入は、通常は生産チュービングと井戸ケーシングの間の環を介して行われる。しかしながら、もしチュービング4がより小さい径に拡張されるならば、ケーシング2と拡張チュービング4の間の残りの環状空間は、拡張工程中に流体を抜き出し、生産工程中に流体を注入するのに使用できる。この場合には、ベントライン8とキル及び／又はサービスラインを使用する必要はない。

従来の井戸では、たとえ井戸が反れてケーシングが不規則な内面を有していても、チュービングにスムーズに挿入できるようにするために、井戸の内径の50%より小さい外径を有する生産チュービングを使用することがしばしば必要である。従って、本発明による本来の位置へのチュービング拡張方法が井戸穴の効率的な使用を強化することは明らかである。

油圧によりチュービング内に拡張マンドレルを移動させる代わりに、マンドレルは、ケーブルによりチュービング内で引っ張られ得、又はパイプストリング若しくはロッドによりチュービング内で押され得ることも理解される。

本発明による方法は、井戸穴の外部で用いられるチュービング、例えば地上施設での油田管を拡張したり、損傷又は腐食した実在のチュービング内にてチュービングを拡張するのに用いることができる。

本発明は、以下の比較実験に基づいてさらに説明される。

### 実験 1

円錐形セラミック面を有する拡張マンドレル（円錐形のセミトップ角A=20°）が、ケーシング等級L 80、13%Crとして公知の従来の油田管を通して移動させられた。このケーシングは、広く使用されているケーシングタイプであり、初めの外径は101.6 mm (4")、初めの壁厚は5.75 mm、破裂圧力は850 バール、歪み効果指数n=0.075である。拡張マンドレルは、拡張された管の外径が127 mmとなるように設計され、よって、径は20%増加する。管は拡張工程中に破裂した。分析によると、材料の延性制限は越えられて延性破壊が起こった。

### 実験 2

油又はガス井戸での生産チューピングとしてますます使用されているタイプQT-800のコイルチューピングを用いた実験が行われた。チューピングは、初めに外径が60.3 mm、壁厚が5.15 mm、破裂圧力が800 バール、歪み硬化指数n=0.14である。拡張マンドレルは、チューピングを通って移動させられ、マンドレルは、円錐形面を包絡する円錐のセミトップ角Aが5°となるような円錐形セラミック面を含み、拡張されたチューピングの外径が73 mm(約21%増し)となるように設計された。このチューピングは拡張工程中に破裂する。分析によると、高い摩擦力故に拡張工程中に拡張圧力がパイプの破裂圧力を越えたことが分かった。

### 実験 3

ASTM A 106 等級Bとして公知の成形可能スチール等級から作られるシームレスパイプを用いて実験が行われた。このパイプは、初めに外径が101.6 mm (4")、初めの壁厚が5.75 mm、歪み硬化指数n=0.175であった。

拡張マンドレルは、パイプを通ってポンプ駆動された。このマンドレルは、円錐形面を包絡する円錐のセミトップ角Aが20°であり、且つ、拡張されたパイプの外径が127 mm (5") であり外径が21%増加するような円錐形セラミック面を含んだ。

パイプは首尾良く拡張され、パイプを通ってマンドレルを移動させるようにマ

ンドレルに与えられた油圧は、275～300バールの間であった。拡張されたパイプの破裂圧力は、520～530バールの間であった。