

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4299538号
(P4299538)

(45) 発行日 平成21年7月22日 (2009. 7. 22)

(24) 登録日 平成21年4月24日 (2009. 4. 24)

(51) Int. Cl.

F I

B 2 1 D 22/14 (2006. 01)

B 2 1 D 22/14

Z

B 2 1 C 37/15 (2006. 01)

B 2 1 C 37/15

B

請求項の数 11 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2002-537459 (P2002-537459)
 (86) (22) 出願日 平成13年10月23日 (2001. 10. 23)
 (65) 公表番号 特表2004-511351 (P2004-511351A)
 (43) 公表日 平成16年4月15日 (2004. 4. 15)
 (86) 国際出願番号 PCT/CA2001/001489
 (87) 国際公開番号 W02002/034423
 (87) 国際公開日 平成14年5月2日 (2002. 5. 2)
 審査請求日 平成16年9月29日 (2004. 9. 29)
 審判番号 不服2007-27618 (P2007-27618/J1)
 審判請求日 平成19年10月9日 (2007. 10. 9)
 (31) 優先権主張番号 2, 324, 730
 (32) 優先日 平成12年10月26日 (2000. 10. 26)
 (33) 優先権主張国 カナダ (CA)

(73) 特許権者 503157799
 リージェント テクノロジーズ リミテッ
 ド
 カナダ アルバータ ティー9イー 8ジ
 ェイ8 ニスク エイス ストリート 3
 7 3 5
 (74) 代理人 100059959
 弁理士 中村 稔
 (74) 代理人 100067013
 弁理士 大塚 文昭
 (74) 代理人 100082005
 弁理士 熊倉 禎男
 (74) 代理人 100065189
 弁理士 穴戸 嘉一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 スロット付き管状ライナにおけるスロット幅を縮小させる方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

主として長手方向に差し向けられたスロットを有する管状ライナにおけるスロット幅を縮小させる方法であって、

(a) 内部表面と、外部表面と、該外部表面と前記内部表面との間を延び、ライナの軸線に対して主として長手方向に差し向けられた複数のスロットとを有するスロット付き管状ライナを準備する段階と、

(b) 少なくとも1つの、輪郭をもつ剛体の成形工具を準備する段階と、

(c) 前記少なくとも1つの、輪郭をもつ剛体の成形工具を用いて前記スロット付き管状ライナの内部表面及び外部表面のうちの選択した表面に対して押圧力を加える段階と、

(d) 前記スロット付き管状ライナの内部表面及び外部表面のうちの前記選択した表面を斜行する掃引パターンで、塑性変形により前記複数のスロットの幅が、内部表面及び外部表面のうちの前記選択した表面で測定して、所望の許容範囲内に狭められるまで、前記少なくとも1つの、輪郭をもつ剛体の成形工具をスロット付き管状ライナに対して移動させる段階と、を含み、

前記少なくとも1つの剛体の成形工具の相対運動の方向が、概ね前記スロット付き管状ライナの長手方向軸線を横切り、

前記掃引パターンは、成形工具によって横切られる各スロットの端縁に近接する局部的塑性変形に、互いに重なり合った区域があるように、剛体の成形工具が、密に間隔をあけた経路で移動するものであることを特徴とする方法。

10

20

【請求項 2】

前記輪郭をもつ剛体の成形工具は、ローラであることを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

輪郭をもつ剛体の幾つかの成形工具が、前記スロット付き管状ライナの外部表面及び内部表面のうちの前記選択した 1 つに対して周方向に離れた間隔で配置されていることを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

輪郭をもつ剛体の 3 つの成形工具が、 120° 離れた間隔で配置されていることを特徴とする、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 5】

前記掃引パターンは、スロット付き管状ライナの長手方向軸線に対して、螺旋状経路であることを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

(a) 少なくとも 1 つの、輪郭をもつ剛体の成形工具は、スロット付き管状ライナの軸線に対して回転不可能に固定され、

(b) 少なくとも 1 つの、輪郭をもつ剛体の成形工具をスロット付き管状ライナに対して移動させる段階が、

(b1) スロット付き管状ライナをその軸線を中心に回転させる段階と、

(b2) 少なくとも 1 つの、輪郭をもつ剛体の成形工具をスロット付き管状ライナの軸線に沿って移動させる段階と、を含む請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

(a) スロット付き管状ライナは回転不可能に固定され、

(b) 少なくとも 1 つの、輪郭をもつ剛体の成形工具をスロット付き管状ライナに対して移動させる段階が、

(b1) 少なくとも 1 つの、輪郭をもつ剛体の成形工具を、スロット付き管状ライナの長手方向軸線を中心に回転させる段階と、

(b2) スロット付き管状ライナを、少なくとも 1 つの、輪郭をもつ剛体の成形工具を軸線方向に通り越して移動させる段階と、を含む請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

(a) スロット付き管状ライナは、回転不可能に固定され、軸線方向に移動せず、

(b) 少なくとも 1 つの、輪郭をもつ剛体の成形工具をスロット付き管状ライナに対して移動させる段階が、

(b1) 少なくとも 1 つの、輪郭をもつ剛体の成形工具を、スロット付き管状ライナの長手方向軸線を中心に回転させる段階と、

(b2) 少なくとも 1 つの、輪郭をもつ剛体の成形工具をスロット付き管状ライナの軸線に沿って移動させる段階と、を含む請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

(a) 少なくとも 1 つの、輪郭をもつ剛体の成形工具は、スロット付き管状ライナの軸線に対して回転不可能に固定され、

(b) 少なくとも 1 つの、輪郭をもつ剛体の成形工具をスロット付き管状ライナに対して移動させる段階が、

(b1) スロット付き管状ライナを、その軸線を中心に回転させる段階と、

(b2) スロット付き管状ライナを、少なくとも 1 つの、輪郭をもつ剛体の成形工具を軸線方向に通り越して移動させる段階と、を含む請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

前記ローラが凸状の曲率半径を有するように輪郭付けされている請求項 2 記載の方法。

【請求項 11】

前記ローラが円筒状部分を含むように輪郭付けされている請求項 2 記載の方法。

10

20

30

40

50

【発明の詳細な説明】

【0001】

(技術分野)

一般的に、壁を貫通するスロットを有する金属管を多孔質土質物質中のラインボーリング穴に使用して、管壁を通して流体が流れるのを可能にしながら個体粒子が侵入するのを排除する。本発明は、そのスロット幅を実質的に縮小させるようにそのようなスロットの端縁を成形して、その壁を貫通する流路の形状を選択的に成形するための方法を提供する。

【0002】

(背景技術)

石油産業における傾斜掘りでの技術的進歩により、貯留層に接する長い水平部分をもつ坑井を完成させることができるようになってきた。多くの場合1,000mを超えるこのような長い横坑井ボーリングは、縦坑井からの可能性に比べて、流体が更に大きな貯留層部分へ注入され、或いは、この更に大きな貯留層部分から産出されることを可能にし、単一の坑井からそれに見合った大きな石油採取率が可能になる。このような坑井からより大きな石油採取率が可能であることにより、横坑井部分の掘削と完成とに要する費用の増大を正当化して余りある。更に、横坑井は、必要な坑井水頭が少なく、同一埋蔵量を採取する上での地表での障害も少なく、付随的な環境上の利点をもたらす。これらの理由が、このような坑井を完成させるために、技術的に実行できかつ採算の取れる製品を入手可能にすることを保証する上での強力な動機付け要因である。

【0003】

そのような貯留層において、水平部分は多くの場合、潰れによる穴の閉鎖を防止し、また固体物を除外しながら管壁を横切って注入或いは産出された流体の流れを可能にするスクリーン又はフィルタとして機能するために、スロットが開けられた鋼管(スロット付きライナと呼ぶ)を使用して完成される。本発明は、貯留層の物質が、弱くて、きめの細かい物質で構成されている場合に特に必要とされる、スロット付きライナの技術的及び商業的な両方の実行可能性を改善するための手段として着想された。

【0004】

きめの細かい貯留層においてフィルタ及び構造支持部材として有効に機能させるために、また、据付取り扱い荷重に堪えるのに十分な堅牢さをもたせるために、スロット付きライナの設計は、3つの多少競合するニーズによって押し進められる。適切な固体粒子の除外を保証するために、スロット幅は、小さな砂粒サイズのオーダーでなければならない。このことは、流体が流出しているにもかかわらず砂中の有効半径方向応力が砂粒を坑井中へ押し込む傾向があることから、例えば流体が注入される場合でも一般的に当てはまる。極めてきめの細かな物質で構成されている貯留層に対しては、0.15mmより小さいスロットが必要とされる場合がある。しかし、スロット幅が小さいと流れ損失を増大しがちであり、従って、流通能力を維持するために、接触している貯留層面積の単位当たりにより多数のスロットを必要とし、同時にこの多数のスロットは、構造的な能力を不当に損なうことなく設けられなければならない。当該業界ではまた、スロットが「キーストン(keystone)」の形状を有する場合、即ち、管壁を貫通する流路が、外部入口から内部出口位置へと広がっている(発散している)場合には、産出用途において利点があることが知られている。この寸法形状は、砂粒がスロット内でつかえて、或いは架橋して、スロットを目詰まりさせ流れの制限を引き起こす傾向を減少させる。

【0005】

米国特許第 号においてHruschakにより指摘されているように、横坑井中で適切な構造的支持を与える上で十分に大きな壁厚さを有している鋼管の壁を貫通してスロットをカッティングするのに通常使用される方法は、0.4mmより小さい幅に対しては容易には適用できない。Hruschakはそこで、鋼管壁内に設けられた長手方向スロットの外部端縁の一方或いは両方を変形させ又は成形して、その外部開口部に沿ってスロット幅を狭めることによって、この制約を克服する方法を開示している。この方法は、長手方向端縁のうちの少なくとも1つに沿って、好ましくはローラによって、押圧力

を加えることに依存しており、ローラの場合にはそのような押圧力が金属の局部的塑性変形を引き起こすのに十分であり、従って、所望の幅までスロットを永続的に狭めることになる。Hruschak 或いは米国特許第 1,207,808 号における Steps のような同様の方法を使用する他の人達により認識されているように、スロットの外部長手方向端縁を成形するこの方法は、壁を貫通する流路の形状がスロットの外部端縁から内部端縁へと発散している「キーストン」のスロット形状を作り出すという付加的な利点を有する。スロットの端縁において或いはスロットの端縁に沿って押圧力を加えてスロットの端縁を内向きに塑性変形させることによってスロット幅を狭めるために、そのような方法を使用するプロセスは、シーミングと呼ばれる。

【0006】

Steps 或いは Hruschak によって記載されているような、スロットの端縁に沿って或いはスロットの端縁に平行して押圧力を加えることによりスロット幅を縮小させる方法は、押圧力が加えられる位置に対して敏感であることは、当業者には明らかであろう。具体的には、スロット幅が縮小させられる量は、スロットの中心に一致する線と、スロット長さに沿って加えられる押圧力の長手方向の力中心に一致する線の 2 つの平行線の間の距離に強く依存する。従って、位置合わせの許容範囲は最終スロット幅における必要許容範囲に適合させるために、これら 2 つの線間距離の許容可能範囲として定めることができる。スロット幅における必要許容範囲は一般的に、 $+/- 0.02 \text{ mm}$ のオーダである。実際のシーミング加工では、関連する位置合わせ所要量は、 $+/- 0.1 \text{ mm}$ のオーダにされる場合がある。

【0007】

従って、このような方法では、長手方向スロットの円周方向位置に対して、成形ローラのような荷重付与手段を比較的正確に位置合わせすることが必要である。従って、管全長上にある多数のスロットを成形できる機械化プロセスでこの方法を実行するには、単一機械においての連続処理の場合には、それぞれカッティング及びシーミング加工を実行するのに必要な工具の位置決めを調整する上でかなりの精巧さが必要である。シーミング加工とは独立してカッティング加工が実行される場合には、更なる精巧さが必要である。そのような機械類に関連する資本コストは、管の長さ全体について採算を取ることができる生産速度を得ることを困難にするし、スロット開けがシーミングとは独立して実行される場合には特にそうである。

【0008】

しかしながら、カッティング加工とシーミング加工とを切り離すことは、これにより様々な独立業者によってスロット開けされた管についてシーミング加工を実行することが可能になることから特に魅力的であり、供給の経済性を改善する。この場合、長手方向シーミング工具の円周方向の位置決めは、許容位置合わせ公差を著しく超過するスロット付きライナの典型的な供給業者から得られる、スロットの円周方向分布の不規則さの程度を考慮しなければならない。

【0009】

(発明の開示)

従って、必要とされるのは、長手方向或いは円周方向のスロット配置位置における変動に容易に対応し、また、機械化プロセスでの実行に適応できるような、金属管の壁を貫通して設けられた長手方向スロットの外部端縁間の幅を狭める方法である。

【0010】

これらの目的を満たすために、本発明の方法は、スロット付き金属管部材の円筒形の内部表面又は外部表面、つまり接触表面に工具を強制的に接触させるように大きな半径方向荷重を加えるための手段を有する、輪郭をもつ剛体の少なくとも 1 つの成形工具を提供する。接触される表面上の位置においてこのように加えられた半径方向荷重は、工具が接触している管材料内部に局部的集中応力区域を作りだし、その応力は十分に大きくて、その接触位置がスロットの端縁に近い場合には、大きな塑性変形区域を作り出す。また、同時に管表面上の掃引パターンを含む経路に沿って、1 つ又は複数の成形工具を管に対して移動

10

20

30

40

50

させる手段が設けられる。この掃引パターンは、成形工具が経路の各点を通過するときにより作られる塑性変形の拡張区域が、全スロットの端縁に交差して成形されるのに十分な領域をカバーするように配列される。従って、この方法は、1つ又は複数の成形工具が掃引パターンを実行しながら経路に沿って移動し、十分な数の位置及び十分な数の回数で、それらの全長に沿って交差された全てのスロットの端縁を塑性成形するのに十分な接触力を維持しながら、スロットの端縁を斜行するのを保証する段階からなる。スロットの端縁においてこのように引き起こされる塑性変形或いは成形は、対向するスロット端縁間の幅を、スロット付き金属管の接触された表面にあるその開口部に沿って狭める傾向にある。別の言い方をすると、この方法は、輪郭をもつ剛体の1つ又はそれ以上の成形工具がスロット付き金属管部材の内部表面又は外部表面にわたって移動させられるときに、前記局部的塑性流動の拡張区域により掃引される領域が、塑性変形によって狭められる全てのスロットの端縁に完全に及んで余りある程十分でなくてはならないことを必要とする。この掃引される領域は、スロット付き管部材の全表面にわたって連続していることは必要でないが、狭められる各スロットに対して少なくとも2つの別個の場所で生じる経路により影響を受ける領域を含まなくてはならない。

【0011】

本発明の第1の目的は、この方法を採用して、坑井におけるライナとして使用するのに適するように、管壁内に設けられている大半が長手方向に配向されたスロットの外部端縁を成形することである。この方法は先ずそのようなスロット付きパイプを準備する段階を含み、その場合スロットは、

- ・管壁を貫通して延び、実使用の場合に流体連通を形成し、
- ・長手方向の周辺端縁を有し、
- ・好ましくはほぼ等しい長さであり、
- ・通常は平行な壁を有し、
- ・好ましくは、円周方向にほぼ均等に分布されたスロットの列として配列され、この列はスロットが切られていない短い区間又はリングによって分離され、スロット間の材料が、スロットが切られていない区間によって形成されたリングを結合する短いビームとして作用する構造体を効果的に形成しており、また、
- ・1つ又はそれ以上のスロット列からなるグループは、スロット付き区間と呼ばれる。

【0012】

第2には、好ましくはローラの形態をした、輪郭をもつ剛体の少なくとも1つの成形工具を準備する段階である。第3は、輪郭をもつ剛体の1つ又は複数の成形工具により、スロット付き区間の一端から開始して管の外部表面上の局部領域に対して押圧力を加える段階である。第4は、パイプに対して1つ又は複数の成形工具を移動させることによって掃引パターンを実行し、少なくともスロット付き区間をカバーするのに十分な距離だけ大半は螺旋状である経路に沿って管表面を斜行させる段階である。輪郭をもつ成形工具の形状と、成形工具を管表面に押付ける半径方向荷重と、螺旋状経路のピッチと、作業が反復される回数との全ては、スロット長さに沿って各スロットを所望の幅に連続して狭めるのに十分なようにスロットの端縁を変形させるように調整される。

【0013】

ここに採用される螺旋状掃引パターンは、全てのスロットの端縁を容易に「見つけ出す」ことができ、従って、それらの長さに沿って連続してスロットが成形されるようになり、また、そのような螺旋状パターンが、直線送りされる製品の旋削或いはねじ切り加工のような機械加工作業で一般に使用されていることは、当業者には分かるであろう。従って、本発明の方法のこの実施形態は、機械化する上で簡単であり、成形されるスロットの端縁を容易に位置決めし、また、十分に高い表面速度の下で実行することができ、高生産速度の要求を容易に満たすことができるものである。従って、従来技術と比較すると、機械化が簡単であり、従って、資本コストが低減させられ、高生産速度であるという利点をもたらす、また、長手方向スロットの円周方向位置における変動性に対して敏感ではない。

【0014】

H r u s c h a k によって認識されるように、そのような外部表面成形プロセスによって作りだされる壁貫通流路の形状は、管の外部から内部に向かう流体の流れに対して発散している。この「キーストン」形状は、流入或いは産出状態の下での目詰まり傾向を減少させる利点をもたらす。しかしながら、ライナが注入用途において使用される場合には、流体の流れは内部から外部へ向かい、流路の形状は、流体の流れ方向に対して集束となる。注入された流体が、上流の配管からの供給原料、ミルスケール及び腐蝕生成物、或いは化学的混入物のような、源から持ち込まれた粒状物質を含む場合、この集束通路形状は、目詰まりを促進しがちであり、従って、注入用途に対しては不利になる。

【 0 0 1 5 】

従って、本発明の別の目的は、坑井中でライナとして使用することに対して適当である金属管の壁内に設けられた大半が長手方向に配向されたスロットの幅を、それらの内部端縁に沿って狭めるための方法を提供することである。この目的を満たすために、本発明の方法は、剛体の 1 つ又は複数の成形工具がスロット付き管の内部表面に対して押圧力を加えるように構成されることを除き、長手方向スロットの外部端縁を成形するために説明した段階と同一である以下の段階が適用される。これにより、スロット幅がその内部端縁に沿って狭められ、その形状が注入用途に対して望ましい逆キーストン状の流通路形状を作り出す。

【 0 0 1 6 】

スロットの端縁を成形することによって作り出されたほぼキーストン状の流路形状の寸法形状は、スロット幅が接触された表面端縁からの深さにつれて増大する割合、即ちその発散比に関して更に特徴付けられる。一般的に分かるように、平行な壁のスロットよりもキーストン形状が好ましいのと同じ理由から、より小さい発散比を有するスロットは、より大きい発散比を有するスロットよりもより容易に目詰まりすることが予測できる。しかしながら、発散比が極めて大きい場合には、成形された端縁は、この端縁を支える材料がより少なくならざるを得ず、従って、腐蝕又は侵蝕作用による材料の喪失を一層受けやすくなる。この材料喪失により幅の顕著な増大を生じるような用途においては、所望の粒子サイズに対してスクリーニングする能力が危うくなる。

【 0 0 1 7 】

従って、スロットの端縁を成形する方法が、スロット幅を狭めるのみならず、様々な用途の必要性に一層最適に合致するように発散比を制御する能力を有するならば、それは都合がよいことである。H r u s c h a k によって教示されたような、管状被加工物内に設けられた長手方向スロットの端縁に沿って押圧力を加えてスロット幅を狭くする方法は、そのような制御を部分的に可能とするものの、特に機械化の場合には大きな制限を受ける。これらの制限は、管に接触している成形工具表面の横方向形状がどのようにスロットの発散比に影響するかを考慮することによって、理解できよう。この形状は一般的に、その成形工具の横方向曲率に関して説明でき、この曲率は凸状から凹状の範囲とすることができ、典型的には輪郭をもつローラである。H r u s c h a k は、パイプ半径よりも非常に小さい凸状の曲率半径を有するローラを使用してスロットの端縁を成形することについての、また、S t e p s で教示されているようにスロットが「架橋」されることを意図した様々な不利な点を指摘している。従って、より実用的なローラの曲率の範囲は、僅かな凹面から、平面を通して凸面に至るものである。この範囲内では、平面又は凸面のローラ形状は、スロットに位置合わせされ、所望の幅までスロットを狭めるのに十分である塑性変形を生じさせるために荷重がかけられた場合、スロットの各側上で大きな距離にわたり材料を塑性流動させそれに応じてより大きな深さになる傾向があり、結果として、もっと凸状であるローラを使用した場合に得られるであろうよりも小さい発散比を生じることは明らかであろう。この関係は、当該技術においては知られているが、同様に明らかなことは、極めて凸状のローラが使用される場合、スロット幅の首尾一貫した制御を得るためには、もっと大きな位置合わせ精度が必要とされることである。しかしながら、既に述べたように、成形ローラを各スロットと精密に円周方向に位置合わせすることを、費用効果のある機械化されたプロセスにおいて達成することは困難である。

10

20

30

40

50

【0018】

従って、本発明の別の目的は、スロット端縁を成形することによって金属管の壁内に設けられたスロット幅を狭め、かつスロット幅が狭められるスロットの発散比又は深さを付加的に制御するための方法を提供し、それによって、スロット端縁に沿って押圧力を加えることに依存している従来技術における成形方法によって享受される幾つかの利点を維持しながら、ある種の欠点を克服せんとするものである。この目的は、本発明の方法を実施しながら、成形工具の形状を以下の理解に従って処理することで実現される。寸法形状におけるより細かな特徴を制限することなく、被加工物に接触しているその領域における成形工具の形状は、一般的に円筒形被加工物の円筒座標を基準にしている長手方向及び横方向におけるその曲率に関して特徴付けることができる。曲率の大きさは、曲率半径の逆数として理解されるべきものであり、凸状の成形工具形状に対しては正であり、平面或いは直線形状に対してはゼロであり、従って凹状形状に対しては負であることを考慮すべきである。より大きな発散比を得るためには、成形工具の曲率は、横方向及び長手方向の一方或いは両方において減少される。逆に、より小さい発散比を得るためには、横方向及び長手方向の一方或いは両方において曲率が増大される。これらの曲率は、長手方向における曲率がゼロよりも著しく小さくならないように制限される。横方向における曲率は、接触表面における管の横方向の曲率よりも小さくしてはならない。管の横方向の曲率の符号は、成形工具を基準にして考慮され、従って、外部表面の横方向の曲率の符号は負であり、また、内部表面では正である。

10

【0019】

従って、本発明の方法が長手方向に配向されたスロットの端縁を成形するために使用され、かつ成形工具の横方向における曲率を増大させることによって高い発散比を有するスロットを得ることが望ましい場合には、スロット端縁に沿って押圧力を加えて成形することに依存する従来技術での方法が直面する位置合わせの難しさは除去される。

20

【0020】

坑井用のスロット付きライナには一般的に長手方向に配向されたスロットが設けられるが、他のスロットの配向が、坑井の完成に対して、或いは実際には様々な流体を清浄化する目的で使用されるフィルタのようなその他の用途に対して望ましい場合がある。Hruschakによって説明されているような従来技術における方法は、長手方向に配向されたスロットに限定されている。

30

【0021】

従って、本発明の更なる目的は、このようなスロット付き管が、坑井におけるスクリーン或いはその他の類似するフィルタ用途として使用されるのに適するような任意の配向で管壁内に設けられたスロットの幅を狭めるための方法を提供することである。この目的は、本発明の方法において採用される掃引パターンが全てのスロット端縁を配向に関係なく斜行することを保証することにより達成される。この掃引パターンは、成形プロセスの効率を改善するために調整されることができ、一般的には螺旋状パターンが好ましい。

【0022】

(発明を実施するための最良の形態)

本発明の好ましい実施形態によれば、図1に示されるように、被加工物である金属管1が準備され、この金属管1は、外部表面4と内部表面3とを有し、また1つ又はそれ以上の長手方向スロット2を有し、各長手方向スロット2は外部長手方向周辺端縁5及び6を有する。スロット4の外部周辺端縁5及び6間の幅を縮小させるために、好ましい実施形態においては成形ローラ7として構成されている輪郭をもつ剛体の成形工具が準備され、図2に示されるように、螺旋状経路8に従って管状パイプに対してほぼ横方向に移動させられながら、局部的押圧力を加えるように金属管1の外部表面4に強制的に接触させられる。ローラが螺旋状経路8に沿ってスロット2を斜行するとき、スロット2の周辺端縁5及び6を塑性変形させるためには、十分な押圧力が輪郭をもつ成形ローラ7によって加えられなければならない。螺旋状経路8のピッチ9と全長とは、ローラが任意のスロットを連続して斜行する場合に引き起こされる局部的塑性変形区域が、十分に近接した間隔で生じ

40

50

て、スロットをその全長に沿って効果的に連続して変形させることを保証するように調整される。

【 0 0 2 3 】

図 2 は、成形ローラ 7 が螺旋状経路 8 に従って斜行した後のスロットの周辺端縁 5 及び 6 におけるスロット幅が既に狭められている、中間ステップにおける成形プロセスを示す。図 2 に示される断面 A - A の位置は、既に斜行されたスロットの長手方向の区域と、まだ斜行されなければならないスロット長さの残りの部分との間のスロット幅の対比を示すために選択されたものである。

【 0 0 2 4 】

本方法の教示によると、任意の被加工物について、スロット幅の縮小と以下のもの、即ち

10

- ・ 成形ローラに加えられる半径方向力、
 - ・ 成形ローラの形状、
 - ・ 螺旋状成形経路のピッチ、
 - ・ ローラの斜行が反復される回数、及び、
 - ・ 制限範囲内で、ローラが管表面に対して移動される速度、
- との間に関連性が存在することは、当業者には明らかであろう。

【 0 0 2 5 】

成形の程度を制御するためにこれら変数が互いに影響し合う方法は、極めて双方向性のものであり、実験的に最も良好に決定されるが、一般的に以下のように理解することができる。即ち、

20

- ・ 適用される力が大きくなるほど可能な塑性変形量も大きくなる。
- ・ 所定の適用される力において、成形ローラの形状は一般的に、スロット上でのローラの一度の斜行に対してスロット幅の縮小が発生するその大きさと長手方向範囲とを制御する。ローラ形状の取り扱い是一般的に、成形の長手方向範囲を増大させることがスロット幅の縮小を犠牲としてのみ得ることができ、またその逆も同じであるように制約される。
- ・ 幅の縮小がスロットの長手方向範囲全体にわたって発生することを保証するために、螺旋状成形経路のピッチは、スロット上でのローラの一度の斜行に対してスロット幅の縮小が生じる軸方向範囲により調整されなければならない。
- ・ 同一荷重の下で同一スロットの位置にわたってローラが斜行を反復すると、斜行回数が増大するにつれて徐々に小さくなる増量分だけ変形量を増大させる傾向にある。
- ・ 速度により、望ましくない動的効果が導入されてはならない。

30

【 0 0 2 6 】

大半の用途において、一定のローラ荷重と螺旋ピッチとを使用して、満足できるスロット幅の縮小が達成できることが予測されるが、管長に沿った特定の軸方向間隔にわたってスロットを狭める大きさを増大させたり或いは減少させたりするために、成形の間にこれらの制御パラメータの両方を変化させてもよいことは明らかである。例えば、十分な狭まり程度を得るために、成形ローラがスロットの端部領域を斜行しているときには、ピッチを減少させることが必要な場合がある。

【 0 0 2 7 】

40

一般的に、生産目的にとっては、最大ピッチは所定の速度における成形速度を増大させるので、最大ピッチにすることが望ましい。上述のように、このピッチは、他の要因によって影響を受けるものの、最大許容半径方向力によって制限される。

【 0 0 2 8 】

成形ローラに加えることができる最大半径方向力は、スロット付き管を支持する方法、従って、ローラにより加えられた力がどのように反力を与えられるかの関数である。管の内側上に支持体を設けることを含む、被加工物を支持し、成形ローラ 7 により加えられる半径方向力に反力を与える手段が存在することは明らかである。しかしながら、もしも主として外部表面 2 上に作用する装置が、被加工物を支持でき、また、成形ローラにより被加工物に加えられる半径方向力に対して、同一軸方向位置の平面において、或いはこの平面

50

の近くで作用する１つ又はそれ以上の対向する半径方向ローラによって反力を与えるように構成されるならば、それが最も好都合である。複数のローラが、旋盤において長い被加工物を支持するために一般に用いられる「固定振れ止め」の方法に類似した、共通の剛体フレームに装着された場合に、これらローラは、最も都合よくそのような対向する半径方向力を加える。これらローラのうちの１つ以上を成形ローラとして作用させるように構成できることは明らかであり、その場合にはローラに対するパイプ回転の関数として、交互配置された「マルチスタート」の螺旋状経路を形成させることができ、生産速度に関連した利点を有する。

【 0 0 2 9 】

実用的であることが分かるそのような構成の１つが、図３に示されている。そこに示されているように、半径方向に対向する３つの成形ローラ７の各軸１０は、３つの油圧アクチュエータ１２のピストン１１に取り付けられ、これら油圧アクチュエータ１２の各々は、ほぼ１２０°で被加工物の周りに配置されて、成形ヘッドフレーム１３に固定される。荷重は、流体圧力１４を与えることによって成形ローラ７に加えられる。この組立体全体が成形ヘッド１５と呼ばれる。この構成は被加工物が曲がる傾向を実質的に減少させ、かつ一般的なスロット付き管材料に対して被加工物の横断面形状に永久歪みを生じさせることなく、妥当な大きさの成形された区域を作り出すことを可能にする半径方向荷重能力をもたらす。

【 0 0 3 0 】

被加工物が支持される方法を引き続き考察すると、成形ヘッド組立体１５中に担持された１つ又はそれ以上の成形ローラ７が螺旋状経路８で被加工物に対して移動させられる方法は、様々なやり方で達成することができる。しかしながら、最も実用的であるものとして２つの重要な構造が浮かぶ。先ず第１に、地面を基準にして被加工物を回転させ、また、成形ヘッドを、ねじ切り加工或いは旋削加工に対して使用される旋盤のやり方で回転位置と同期させて軸方向に移動させることができる。第２に、地面を基準にして成形ヘッドを回転させ、被加工物を、成形ローラの回転と同期させて回転させることなく軸方向にヘッドを通して移動させることができる。

【 0 0 3 1 】

その好ましい実施形態においては、本発明は、図４に示される機械において、第２番目のこれらの構造を採用する。この図で示されるように、被加工物又はスロット付き金属管１は、案内ローラ１６及び駆動ローラ１７によって成形ヘッド１５に対し位置決めされる。油圧アクチュエータ１８によって加えられる力は、被加工物が保持されることを保証し、また、駆動ローラ１７は、成形ヘッドが回転している間、成形ヘッド１５に対して被加工物を軸方向に移動させるのに十分な摩擦力を生み出す。成形ヘッド１５は、ベアリング１９中に支持され、この成形ヘッドがモータ２１で駆動される駆動ベルト２０により回転されるようにする。このようにして与えられる軸方向運動と回転運動との組み合わせによって、成形ローラ７を被加工物の外部表面に沿って螺旋状経路に従って移動させ、この螺旋状経路のピッチ９が、成形ヘッドの回転速度に対して軸方向の送り速度を調整することにより制御されるようにする。

【 0 0 3 2 】

上で紹介したように、成形工具或いは好ましくは成形ローラの形状は、スロットが狭められる量及び狭めが発生する深さを調整するために、荷重、ピッチ及びローラが斜行する回数である他のプロセス制御変数と組み合わせて使用されることができる。ローラ形状がこれらの結果を制御する手段は一般的に、図５に示されるように、ローラ半径（ R ）２２及び輪郭半径（ c ）２３に関して特徴付けることができる。輪郭形状は様々な形態を取ることができるが、好ましい実施形態として前に説明したようなほぼ横方向の螺旋状径路に従って移動させて長手方向スロットを成形する場合には、図５に示されるような単一の凸形状により、満足できるスロット幅縮小の制御が得られることが分かった。

【 0 0 3 3 】

如何にしてこれら寸法形状パラメータを有利に取り扱うことができるかを理解するために

10

20

30

40

50

、全体的に平滑な凸状の輪郭形状を有するローラがほぼ横方向の径路に従ってスロットの中心を横断する場合に引き起こされる塑性変形の区域の形状を考察する。図6に示されるように、ローラがスロットを斜行する場合に引き起こされる、ローラ径路25に沿った位置の関数としての塑性変形24の面積範囲の幅は、スロットに最も近いところが、最も大きくなる傾向にある。これは、応力が加えられた材料は、スロットのところで制限が最も少なくなり、スロット上での成形ローラの一度の斜行において有効成形長さ(z)26が作り出されることにより発生する。同様に、塑性変形の深さはスロットにおいて最も大きく、図7に示されるように、壁を貫通する流路形状の狭めを、成形深さ(d)27まで生じさせる。ピッチが z を超える場合には、連続的にローラが斜行する面積範囲が、効果的に連続的にスロットの全長にわたってスロットを狭めるのに十分なだけスロット端縁に沿って互いに重なり合わないことになり、このスロットは成形不足と言われることが分かるであろう。

10

【0034】

好ましい実施形態に関連した範囲では、成形ヘッド内で成形ローラによって荷重がかけられる場合、被加工物の構造的能力に依存している最大許容ローラ荷重(F)が存在する。更に、スロット幅が狭められる量(w)は、成形ローラ半径(R)22と輪郭半径(c)23との選択を理解する上で、所定値として取扱うことにする。生産速度を最大にするためには、最大許容値にある又はこの最大許容値の近くにあるローラ荷重を使用して、被加工物の表面を一度ロール加工するだけで要求されたスロット幅の縮小を作り出すことが好ましい。次にこれらの前提の下で、所定のローラ半径22に対して、臨界半径と呼ばれる最小輪郭半径(c)が存在し、この最小輪郭半径でもって、図6に示されるように、スロットを一回斜行するだけで対応する成形長さの値 z を有した所望の w が得られる。これらの「最適」条件において、スロットの過少成形或いは過剰成形の何れをも回避するために、ピッチは、 z にほぼ対応していなければならない。従って、ピッチ(P)は従属変数として取扱うことができる。そのような最小輪郭半径はまた、スロットの端部までこの上なく完璧に端縁を成形するように最適化される。

20

【0035】

次に、たった今説明したように、 c は、「最適に」選択されたと仮定して R における変動の影響を考察する。 R を減少させると、ローラ下の応力区域の範囲がロール加工する方向(スロット方向に対して垂直な)に減少させられ、従って c は、一定の w である状態を維持するためには増大させられなければならない。また、 z は、それに対応して増大されることになるのは明らかであろう。ピッチは、 z の増大と共に増大するので、生産速度は、 R が減少すると増大する。また、成形深さ(d)24は、 R を減少させると、スロット方向に対して垂直なローラ下の応力区域の範囲が減少することから、減少することになることも明らかであろう。このことにより、流れ通路の発散比と同時に成形された端縁の形状を制御するための方法が得られる。

30

【0036】

しかしながら、輪郭半径(c)が臨界値よりも幾分か大きければ、このことにより、スロット幅に影響する材料特性のような数多くの変数における不規則性を受け入れる大きな柔軟性が可能となるので、好ましい。この大きな柔軟性は、 c が臨界値よりも大きくなると、 w を一定に維持するためにピッチは平均して減少させられなければならないことから導き出されている。従って、強度の減少のようなパラメータ変動により、成形をもっと少なくすることが必要である場合には、成形不足を生じさせない状態で補償するようにピッチを増大させることができる。最終のスロット幅の微調整を行うためにピッチの変化を使用するこの機能は、プロセスを自動化することに対して実用的な利点となる。具体的には、スロットが成形された後に、スロット幅が直接的に計測される場合には、荷重或いはピッチのいずれかであるが好ましくはピッチを調整することによって、その後成形される区間に対して、所望の幅からの変動を補正することができる。このフィードバック作業は、スロット幅を計測するための適切な手段を使用して、手動又は自動で行うことができる。

40

50

【 0 0 3 7 】

従って、その好ましい実施形態においては、ローラ半径と輪郭半径とは、スロット幅のピッチに対する適切な感度が維持されて、スロットの端部近くのスロット端縁を成形するローラの機能を損なうことなく、プロセス制御を容易にするのを保証するように選択される。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 列の形態で円周方向に分布された長手方向スロットを有する一般的なスロット付きライナ管の区間の説明図である。

【図 2】 輪郭をもつ成形ローラによって成形されている、図 1 に示したスロット付きライナ内に含まれるスロットの説明図である。

【図 3】 その組立体が互いに成形ヘッドを含む、放射状に対向する 3 つの成形ローラを担持する装置の断面図である。

【図 4】 回転成形ヘッドを採用している機械構成の説明図である。

【図 5】 ローラの寸法形状パラメータの説明図である。

【図 6】 塑性変形区域の面積範囲を示す、横方向にロール加工された長手方向スロットの平面図である。

【図 7】 横方向のロール加工によって成形された後のスロット形状の断面図である。

10

【図 1】

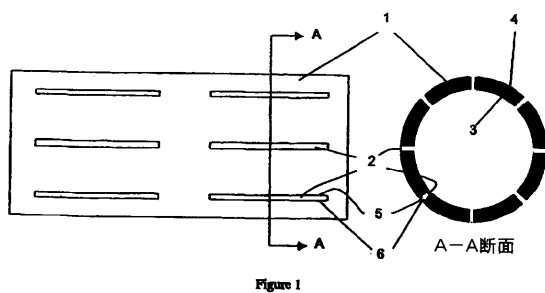


Figure 1

【図 2】

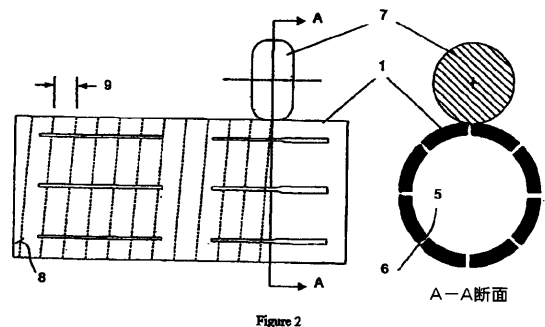


Figure 2

【図 3】

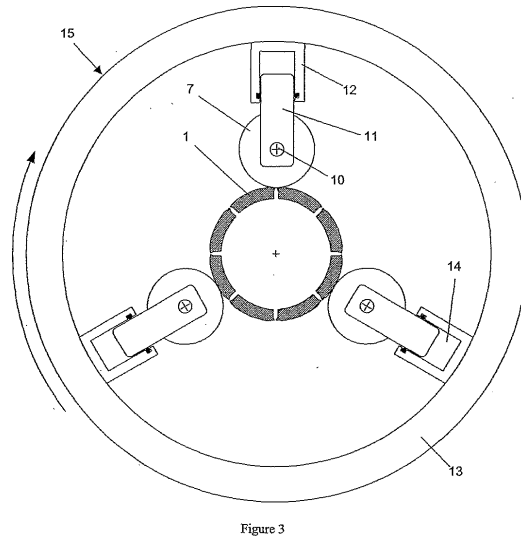


Figure 3

【図 4】

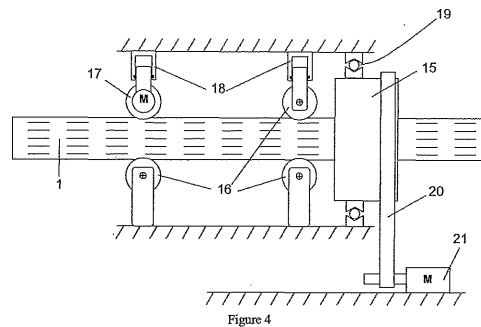
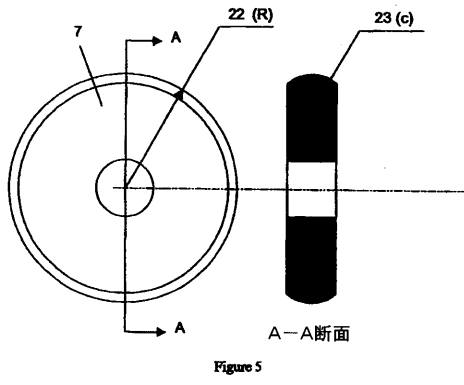
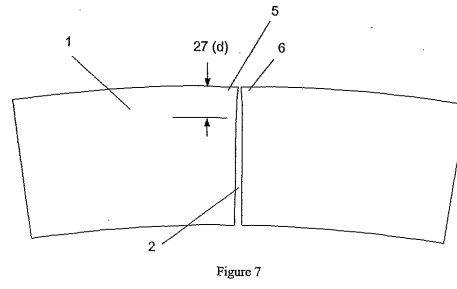


Figure 4

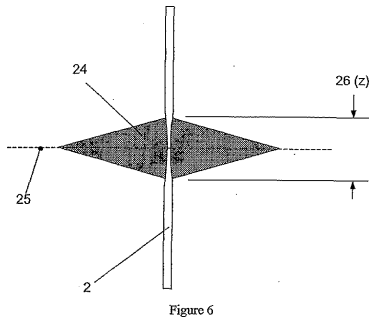
【図 5】



【図 7】



【図 6】



フロントページの続き

- (74)代理人 100084009
弁理士 小川 信夫
- (74)代理人 100086771
弁理士 西島 孝喜
- (74)代理人 100084663
弁理士 箱田 篤
- (72)発明者 スラック モーリス ウィリアム
カナダ アルバータ エドモントン １０４エイ ストリート １８３１

合議体

審判長 前田 幸雄
審判官 菅澤 洋二
審判官 佐々木 一浩

- (56)参考文献 米国特許第 6 1 1 2 5 7 0 (U S , A)
特開 2 0 0 0 - 3 3 4 4 3 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
B21D22/00-26/28
B21D28/28