

(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2012-176423
(P2012-176423A)

(43) 公開日 平成24年9月13日(2012.9.13)

(51) Int.Cl.
B21C 1/24 (2006.01)

F1
B21C 1/24

テーマコード(参考)
4E096

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2011-40412(P2011-40412)
(22) 出願日 平成23年2月25日(2011.2.25)

(71) 出願人 000001258
JFEスチール株式会社
東京都千代田区内幸町二丁目2番3号
(74) 代理人 100099531
弁理士 小林 英一
(74) 代理人 100152973
弁理士 鈴木 葉子
(72) 発明者 勝村 龍郎
東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 JFEスチール株式会社内
(72) 発明者 板倉 ▲教▼次
東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 JFEスチール株式会社内

最終頁に続く

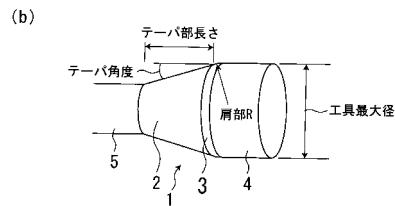
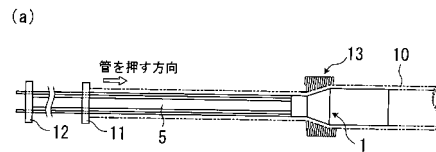
(54) 【発明の名称】 金属管の拡管製造方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】内面工具のみによる拡管製造では従来、製造条件決定に時間を要し、費用もかかるため、その削減、更には工業化容易性を提供する。

【解決手段】拡管加工シミュレーションにより、被加工材10先端が工具1の肩部を通過してから1.0m以上進んだ状態における被加工材形状を評価し、その形状が、外径で目標の±1%以内、肉厚で目標の±7.5%以内になり、且つ工具との内面隙間が1.0mm以内となるような素管形状及び工具形状を繰り返し計算で求め、これを実拡管製造条件とする。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

工具の最小径端である始端から最大径端である終端にかけて順次滑らかに連なるテーパ部、肩部、平行部を有する内面加工用工具に、該工具の始端側を入側として、素管内径が前記平行部径即ち工具最大径未満の被加工材である金属管を送り込んで管の内径側を通過させることにより、前記被加工材を拡管加工する、金属管の拡管製造方法において、拡管加工前の被加工材である素管の寸法、及び前記工具の寸法を、有限要素解析に基づく拡管加工シミュレーションにより、以下の手順で決定することを特徴とする、金属管の拡管製造方法。

- (a) 製品の目標外径、目標肉厚、及び、工具のテーパ部長さ、及び、用いる拡管加工装置の送り込み力の上限である上限負荷を設定する。 10
- (b) 寸法パラメータとして、素管外径、素管肉厚、工具テーパ部のテーパ角度であるテーパ角度、工具軸方向断面内の軸方向断面内の肩部曲率半径である肩部 R、工具平行部径である工具最大径を設定する。
- (c) 被加工材を複数の要素に分割する。
- (d) 拡管加工シミュレーションを実行し、被加工材先端が肩部位置から工具出側に向かって 1.0 m 以上進んだ時点における、計算送り込み力である計算負荷、被加工材の加工後外径、加工後肉厚、加工後内径を求める。
- (e) 計算負荷が上限負荷以下であることの成否を判定し、成であれば (f) へ進む。否であれば素管肉厚或いは更にテーパ角度を変更して (c) へ戻る。 20
- (f) 加工後外径が目標外径 $\pm 1\%$ の範囲内であって且つ加工後肉厚が目標肉厚 $\pm 7.5\%$ の範囲内であることの成否を判定し、成であれば (g) へ進む。否であれば素管外径及び/又は素管肉厚を変更して (c) へ戻る。
- (g) 内面隙間 = 加工後内径 - 工具最大径、が 1 mm 以下であることの成否を判定し、成であればこのときの寸法パラメータが実拡管製造用であると決定し、手順終了とする。否であれば肩部 R 及び/又はテーパ角度を変更して (d) へ戻る。

【請求項 2】

前記工具に管内径側を通過させつつ、テーパ部位置を通過中の被加工材部分を外径側から加熱する請求項 1 に記載の金属管の拡管製造方法。

【請求項 3】

前記素管が、継目無管である請求項 1 又は 2 に記載の金属管の拡管製造方法。 30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、金属管の拡管製造方法に関し、詳しくは、管圧延等により製造された金属管を素管に用い、素管を内面加工用工具に通過させることにより素管よりも大径の金属管を拡管製造するに際して、その適切な拡管製造条件をシミュレーションにより有利に決定しうる、金属管の拡管製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

金属管を製造方法から大別すると、素材として金属板を用い、これをプレスやロールにより円弧状に成形し、該円弧の両端部を溶接結合することで管形状となす方法で製造される溶接管と、金属塊を圧延や押出により中空化して所望の寸法とする方法で製造される継目無管とがある。いずれも用途としての設備により選定されるが、管内面に圧力がかかり、かつ、破損により設備に重大な影響を与えるような場合には一般に継目無管が用いられる。 40

【0003】

このような設備の一例として、火力や原子力による発電所内の蒸気配管や熱交換器用配管がある。近年、発電効率の向上を目的として高温化が図られており、熱交換用の細径金属管は従来から高い品質を求められている一方、蒸気配管も大流量化などへの対応（大径 50

化)が必要となっている。

現在の継目無管製造方法では一般に直径で400mm程度が上限である。このため、更に大きな径の金属管を必要とする場合には、一度製造した管を、再度、圧延等の方法により拡管することが行われる。

【0004】

拡管方法には、複数の圧延ロールの間に設置された工具を用いて拡管を行う方法がある(便宜上、方法Aと仮称)。これは、特定サイズの製品を大量に生産するには好適であるが、設備費用が高額につき、また外面側でロールとの接触により疵が発生しやすいなどの欠点もあるとされ、多用されてはいない。

他の拡管方法には、管内径側に工具を設置し、管を工具の大径端側に押し出す(例えば特許文献1)或いは引き抜くといった成形法(便宜上、方法Bと仮称)がある。この拡管方法では、加熱、非加熱の両様が可能であるが、拡管後の肉厚を外径の5%程度まで薄くしたい場合、加工効率の点から熱間で実施するとされる。この方法は加工面からみて動力を節減でき、またサイズの自由度が比較的高いなどの利点がある反面、製造には一定の熟練或いは経験が必要となる。なぜなら先述した方法Aでは、外径側をロール、内径側を工具で固定しうるから最終製品寸法を達成しやすいが、方法Bでは外径側に工具がないため変形自由度が高く、外径はもちろん、肉厚、内径すら決めかねるため、工具形状などの成形条件が一般には難しいためである。

【0005】

このように変形自由度が高いということに起因した製品上の欠陥をなくすべく、製品の曲がりなどを抑制できるとした工具形状の提案もある(例えば特許文献2)。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開昭61-56746号公報

【特許文献1】特開2001-113329号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、特許文献2では、製品寸法をどのように作りこむかという基本的な点の技術的開示が全くなく、換言すれば、決まった寸法を対象とした成形条件が分っている前提で、工具形状を変更することが効果的であると述べているにすぎない。

従って、方法B(管端を押し出すか引くかして管内径側を工具に通す方法)において、任意の製品寸法に応じて適正な工具形状や素管寸法といった製造条件を決定するには、多くの試作、試験を必要とし、極めて困難かつ非経済的であるという一大短所があった。そのため、ユーザニーズを反映させることが困難であったし、普及も滞っていた。

【0008】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであって、その目的とするところは、金属管の管端を押し出すか引くかして管内径側を工具に通す金属管の拡管製造方法において、任意寸法の最終製品を得るため、シミュレーションを用いて特定制約範囲に解析結果が収まる拡管製造条件(工具形状、素管寸法)を求めることで、製品寸法の拡大や製造上課題となっていた試験時間、費用の削減、更には工業化容易性を達成できる、金属管の拡管製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記課題を解決するためになされた本発明は、以下のとおりである。

(1)

工具の最小径端である始端から最大径端である終端にかけて順次滑らかに連なるテーパ部、肩部、平行部を有する内面加工用工具に、該工具の始端側を入側として、素管内径が前記平行部径即ち工具最大径未満の被加工材である金属管を送り込んで管の内径側を通過

10

20

30

40

50

させることにより、前記被加工材を拡管加工する、金属管の拡管製造方法において、拡管加工前の被加工材である素管の寸法、及び前記工具の寸法を、有限要素解析に基づく拡管加工シミュレーションにより、以下の手順で決定することを特徴とする、金属管の拡管製造方法。

- (a) 製品の目標外径、目標肉厚、及び、工具のテーパ部長さ、及び、用いる拡管加工装置の送り込み力の上限である上限負荷を設定する。
- (b) 寸法パラメータとして、素管外径、素管肉厚、工具テーパ部のテーパ角度であるテーパ角度、工具軸方向断面内の軸方向断面内の肩部曲率半径である肩部R、工具平行部径である工具最大径を設定する。
- (c) 被加工材を複数の要素に分割する。 10
- (d) 拡管加工シミュレーションを実行し、被加工材先端が肩部位置から工具出側に向かって1.0m以上進んだ時点における、計算送り込み力である計算負荷、被加工材の加工後外径、加工後肉厚、加工後内径を求める。
- (e) 計算負荷が上限負荷以下であることの成否を判定し、成であれば(f)へ進む。否であれば素管肉厚或いは更にテーパ角度を変更して(c)へ戻る。
- (f) 加工後外径が目標外径 $\pm 1\%$ の範囲内であって且つ加工後肉厚が目標肉厚 $\pm 7.5\%$ の範囲内であることの成否を判定し、成であれば(g)へ進む。否であれば素管外径及び/又は素管肉厚を変更して(c)へ戻る。
- (g) 内面隙間 = 加工後内径 - 工具最大径、が1mm以下であることの成否を判定し、成であればこのときの寸法パラメータが実拡管製造用であると決定し、手順終了とする。否であれば肩部R及び/又はテーパ角度を変更して(d)へ戻る。 20

(2)

前記工具に管内径側を通過させつつ、テーパ部位置を通過中の被加工材部分を外径側から加熱する(1)に記載の金属管の拡管製造方法。

(3)

前記素管が、継目無管である上記(1)又は(2)に記載の金属管の拡管製造方法。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、シミュレーションと簡潔な論理を基本とした思考実験により適切な拡管製造条件を決定することが可能となるから、経験に頼った多水準の試作、試験を経ずしては前記の決定が不可能であった従来に比べ、試作工程の大幅な削減と製品製造までの時間短縮が達成される。 30

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明に用いられる拡管製造装置の1例を示す概略図である。

【図2】本発明におけるシミュレーション結果の1例として計算負荷の推移を示す図である。

【図3】本発明によるシミュレーション結果の1例として加工後寸法を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】 40

以下、本発明について詳細に説明する。

本発明は、工具の最小径端である始端から最大径端である終端にかけて順次滑らかに連なるテーパ部、肩部、平行部を有する内面加工用工具に、該工具の始端側を入側として、素管内径が前記平行部径即ち工具最大径未満の被加工材である金属管を送り込んで管内径側を通過させることにより、前記被加工材を拡管加工する、金属管の拡管製造方法であることを前提とする。この前提自体は従来公知である。

【0013】

尚、この前提には、前記工具に管内径側を通過させつつ、テーパ部位置を通過中の被加工材部分を外径側から加熱する場合も含まれる。

前記拡管加工の実施に用いる拡管加工装置の1例を図1に示す。図1(b)に示すように 50

、工具（内面加工用工具）1は、最小径端である始端から最小径端である終端にかけて順次滑らかに連なるテーパ部2、肩部3、平行部4を有する。一方、図1(a)に示すように、工具1は、始端側に連結したマンドレル5を介して工具支持手段12で支持され、位置を固定されている。被加工材（金属管）10は、加工前の素管では工具1の平行部外径である工具最大径よりも小さい内径を有し、工具1の始端側を入側として、工具1に送り込まれる。この送り込み手段として、本例では、工具入側から管を押す管押し手段11を備えている。これにより、被加工材10の内径側を工具1に通過させる。尚、送り込み手段としては、本例の、工具入側から管を押す管押し手段11に代えて、工具出側から管を引く管引き手段（図示省略）を用いてもよい。

【0014】

本例は、前記加熱を行う場合を示しており、テーパ部位置には加熱装置である誘導コイル13が被加工材10の通路を囲む形で設置され、これが、テーパ部位置を通過中の材部分を外径側から加熱する。加熱装置は、誘導コイル13に限らずバーナであってもよい。又、前記加熱に代えて、素管を予め炉等で予加熱してもよい。

実際の拡管加工では前記加熱を行うことが一般的であり、その加熱装置の位置は、工具1を含む長さ領域であって、該長さ領域の望ましい長さは少なくとも500mm程度、理想的には2000mm程度とされている。

【0015】

本発明では、従来とは異なり、拡管加工前の被加工材である素管の寸法、及び前記工具の寸法を、有限要素解析に基づく拡管加工シミュレーションにより、特定の手順で決定する。この手順について以下に説明する。尚、以下の説明では、素管が継目無管であり、且つ、拡管加工時に前記加熱が行われる場合を想定した。ここで、継目無管とは、丸断面或いは角断面を有するピレット乃至ブルームを、圧延法或いは押出法により中空体としたもの、或いは更にこれを管圧延したものをいう。

【0016】

まず手順(a)として、製品の目標外径、目標肉厚、目標内径、及び、工具のテーパ部長さ、及び、用いる拡管加工装置の送り込み力の上限である上限負荷を設定する。

（好ましい設定の仕方）

- ・目標外径、目標肉厚、及び、拡管加工装置の上限負荷 = それぞれ所定の値。
- ・工具のテーパ部長さ 前記加熱装置の長さ領域。

【0017】

次に、手順(b)では、寸法パラメータとして、素管外径、素管肉厚、工具テーパ部のテーパ角度であるテーパ角度、工具軸方向断面内の軸方向断面内の肩部曲率半径である肩部R、工具平行部径である工具最大径を設定する。即ちこれら寸法パラメータに初期値を与える。

（好ましい設定の仕方）

- ・素管外径 一般に継目無管の上限外径とされる400mm。但し、加工前後の外径差を小さくしようとする場合は400mm未満としてもよい。
- ・素管肉厚 製品断面積と素管断面積との一致解。
- ・テーパ角度 $\arctan((製品内径 - 素管内径) / 2) / テーパ部長さ$ 。尚、この式において製品内径に代えて工具最大径としてもよい。
- ・工具最大径 製品内径 + 前記加熱による熱膨張分。

【0018】

尚、製品内径 = 目標外径 - 2 * 目標肉厚、である。

- ・肩部R 素管外径と同等乃至これの2倍。

次に、手順(c)では、被加工材を複数の要素に分割する。このとき、解析精度確保の点で、加工部（テーパ部通過中の部分）における各要素は、管長手方向に沿った断面内で、管肉厚方向沿いの寸法 d が5mm以下、管長さ方向沿いの寸法 L が d の2倍以下の矩形状要素とするのが好ましい（但し、管周方向では扇形、その場合は3次元解析）。尚、計算時間節約の点からは、d は1mm以上、L は d の0.5倍以上とするのが好まし

10

20

30

40

50

い。加工部以外の部分の分割については、加工部と同様とすることが望ましいが、計算時間が過大となるような場合は分割数を減らす（要素寸法を大きくする）ようにしてもよい。

【0019】

次に、手順(d)では、拡管加工シミュレーションを実行し、被加工材先端が肩部位置から工具出側に向かって1.0m以上進んだ時点における、計算送り込み力である計算負荷、被加工材の加工後外径、加工後肉厚、加工後内径を求める。

有限要素解析に基づくシミュレーションは、いわゆる変形前後の形状を仮定して、その計算安定性を達成すべく形状を微調整していく定常解析、或いは完全に被加工材先端を拡管するような非定常解析を行うものであり、例えば動的陽解法による2次元有限要素法によるものが好ましく用いられる。解析に必要なコードとしては商用解析コードであるABAQUSなどが好ましく用いられる。但し、静的陰解法を否定するものではない。

10

【0020】

本発明では、前記定常解析、非定常解析のいずれにおいても、被加工材の先端が工具のテーパ部に隣接する肩部を通過し1.0m以上進んだ時点での結果により評価を行う。これは計算上、一定量の長さが工具を通過した後でないと、加工そのものが安定しないためである。又、実際の加工においても先端から拡管加工する場合には、ごく先端近傍は材進行側に拘束部が無いために外径、肉厚とも中央部に比べ異なった値となる。従ってこれを想定する点でも、前述のとおり条件を用いるべきである。但し解析条件によっては、必ずしも1.0m以上進んだ後、或いはこれに相当する時間経過の後の形状で評価する必要はないこともあるが、多くの条件に普遍的に適用可能な制約として1.0m以上とした。尚、好ましくは1.4m以上である。

20

【0021】

このとき、結果として、計算負荷、加工後外径、加工後肉厚、加工後内径が得られる。

次に、手順(e)では、計算負荷が上限負荷以下であることの成否を判定し、成であれば(f)へ進む。否であれば素管肉厚或いは更に工具テーパ部角度を変更して(c)へ戻る。

計算負荷が上限負荷（設備の加工力）を超えないことが必要である。ここでもし、設備の加工力を大幅に上回る計算負荷となった場合、素管肉厚を薄肉化すること、テーパ角度を低減することの順で変更を加え、再度シミュレーションを実施する。薄肉化は、断面積が小さくなるため加工に必要な計算負荷が低減でき、テーパ角度を小さくすることは加工時の抵抗を下げることに繋がる。かかる設備の要件を満たしている場合には、手順(f)へ進む。

30

【0022】

手順(f)では、加工後外径が目標外径 $\pm 1\%$ の範囲内であって且つ加工後肉厚が目標肉厚 $\pm 7.5\%$ の範囲内であることの成否を判定し、成であれば(g)へ進む。否であれば素管外径及び/又は素管肉厚を変更して(c)へ戻る。

ここでは、製品目標寸法に対する偏差（ $=（加工後寸法 - 目標寸法） / 目標寸法 * 100（\%）$ ）が、外径では閾値とした $\pm 1\%$ 以内、肉厚では閾値とした $\pm 7.5\%$ 以内であることの成否を判定する。外径偏差、肉厚偏差の各閾値（ $\pm 1\%$ 、 $\pm 7.5\%$ ）はそれぞれ実製品寸法公差を考慮して定めた。判定結果が成であれば(g)へ進むが、否であれば、偏差が閾値以内に収まるように、素管外径及び/又は素管肉厚を変更して繰り返しシミュレーションを行う。

40

【0023】

最後に、手順(g)では、内面隙間 = 加工後内径 - 工具最大径、が1mm以下であることの成否を判定し、成であればこのときの寸法パラメータが実拡管製造用であると決定し、手順終了とする。否であれば肩部R及び/又はテーパ角度を変更して(d)へ戻る。

判定結果が否の場合、加工後肉厚がほぼ目標肉厚であれば肩部Rを優先的に、加工後肉厚が厚めで且つ加工後内径が大きいようであればテーパ部角度を変更すると、より簡便に最終形状を得ることができる。肩部Rを大きくすると、テーパ部と平行部（工具最大径部）とを緩やかに接続することになり、被加工材が押し込まれ（或いは引き出され）つつ加

50

工されてもほぼ工具に沿って変形できるため、肉厚等の変化をごく微小に抑えながら、内径を変化させることができる。勿論、肉厚も内径も大きい場合には、テーパ部角度をやや小さくして再度シミュレーションを行い、前記手順で繰り返し計算すればよい。

【実施例】**【0024】**

(実施例1)

解析対象製品として、外径609.6mm、肉厚24.1mmのSTPA24(低合金ボイラー鋼;継目無鋼管)を用いた。

製品外径が約600mmであることから、素管外径は、継目無鋼管として入手しやすい大径である406.4mmを初期値とし、素管肉厚はほぼ製品肉厚である25mmを初期値とした。加工動力を抑制するため加工部(工具テーパ部)近傍では誘導加熱により900程度に加熱することを想定し、ここで、製品外径、製品肉厚から工具最大径を562mmとした。尚、工具と管内面との摩擦係数は、加工前に潤滑剤を塗布することを前提に、0.1としている。又、用いる拡管加工装置の送り込み力の上限である上限負荷は800tonfを想定した。

【0025】

ここではテーパ部長さを1200mmとし、テーパ角度 $=\arctan\left(\frac{(\text{工具最大径}-\text{素管内径})/2}{\text{テーパ部長さ}}\right)$ 6度、とした。尚、素管内径 $=\text{素管外径}-2*\text{素管肉厚}$ 、である。テーパ角度はより大きな値を設定しても構わないが、これが大きいほど被加工材に対するいわば抵抗が大きくなることから、加工動力を必要とするのは明らかであるため、想定諸元上、低い値から解析を開始することとした。肩部Rは、素管外径の約1/2であるR200を初期値とした。

【0026】

素管肉厚を上記のとおり25mmとしたので、被加工材を肉厚方向寸法が5mm以下の要素に分割するには少なくとも5分割以上の分割を要するが、より薄肉を仮定する可能性もあるためここでは9分割とした。加工部(テーパ部)長さは上記のとおり1200mmとしたので、この長さ方向の要素寸法を肉厚方向の場合と同程度乃至2倍程度とするべく、加工部長さの分割は300分割とした。尚、加工部以外の部分も同様の分割とした。

【0027】

拡管加工シミュレーションは、管円周方向が均等であると仮定し、初期に概略、工具よりもやや大きめに変形したと仮定して形状を設定し、ここから変形が進むとし、動的陽解法による2次元有限要素法で行った。解析に必要なコードには商用解析コードであるABAQUSを用いた。

シミュレーションを開始し、被加工材先端が肩部を通過してから1.0m以上進んだとみなされる状態で、計算負荷、変形状態(加工後寸法)を評価した。負荷は図2に示すように、肩部からの材先端の進行長さが1.0m以上になると徐々に安定して、1.4m以上になるとおよそ480tonfに安定した。これは想定した上限負荷800tonfよりも十分小さいから、問題無く拡管加工ができる。ここで得られた加工後寸法は、外径 $=612.6\text{mm}$ 、肉厚 $=22.75\text{mm}$ であり、目標寸法に比べ、外径大、肉厚小となった。

【0028】

そこで素管肉厚を徐々に変化させ、幾通りかのシミュレーションを行った。その結果を図3に示す。又、同図中に外径偏差閾値($\pm 1\%$)以内となる外径合格範囲及び肉厚偏差閾値($\pm 7.5\%$)以内となる肉厚合格範囲を示した。これらから、適正な素管肉厚は25.5~27.5mmであることが分った。次にこの領域で、内面隙間についてシミュレーション結果を評価した。ここで肩部Rは素管外径のほぼ2倍である $R=800\text{mm}$ まで変化させた。その結果、 $R=300\text{mm}$ では内面隙間が2.01mmであったものが、 $R=400\text{mm}$ とすることで1.62mm、更に $R=600\text{mm}$ 以上で内面隙間1.0mm以下の達成が可能であることを確認した。

【0029】

以上のように、比較的少ないシミュレーション条件で多くの水準を有する拡管加工条件

10

20

30

40

50

を適切に設定できることを確認した。

これらのまとめを表1に示す。

【0030】

【表1】

Case	素管形状		工具形状			シミュレーション結果				
	外径 (mm)	肉厚 (mm)	工具最大径 (mm)	テーパー角度 (deg)	肩部R (mm)	外半径 (mm)	内半径 (mm)	肉厚 (mm)	内面隙間 (mm)	負荷 (tonf)
1	406.4	25.0	562	6	200	306.314	283.568	22.746	2.568	480
2	406.4	25.0	562	6	300	305.802	283.092	22.710	2.092	480
3	406.4	25.0	562	6	400	305.356	282.617	22.739	1.617	500
4	406.4	25.0	562	6	600	304.615	281.893	22.722	0.752	510
5	406.4	25.0	562	10	400	304.199	281.905	22.294	0.905	500
6	406.4	25.0	562	10	600	303.924	281.620	22.304	0.284	515
7	406.4	27.5	562	6	400	307.693	282.771	24.922	1.771	550
8	406.4	30.0	562	6	400	310.087	282.931	27.156	1.931	600
9	406.4	26.5	562	6	400	306.723	282.707	24.016	1.707	525

10

20

30

40

【0031】

(実施例2)

実施例1で得られたシミュレーション結果を実拡張加工の場合と比較して本発明の有効性を検証するための実験を行った。実験は小型押出装置を使用し、そのモデル比は1/5とし、温度などの外乱を避けるため、鉛管を被加工材とし、冷間で拡張加工した。被加工

50

材及び工具は、実施例 1 の 1 / 5 寸法である。

【 0 0 3 2 】

実験結果を表 2 の CaseA に、シミュレーション結果を同表の CaseB に、それぞれ示す。表 2 より、実験結果はシミュレーション結果と概ね類似した傾向の値を示し、本発明の有効性が検証できた。

【 0 0 3 3 】

【表 2】

Case	素管形状			工具形状				結果			
	外径 (mm)	肉厚 (mm)	工具最大径 (mm)	γ-ハ角度 (deg)	肩部R (mm)	外半径 (mm)	内半径 (mm)	肉厚 (mm)	内面隙間 (mm)	負荷 (tonf)	
A	81.3	5.3	112.4	6	120	61.11	56.30	4.81	0.10	20.9	
B	406.5	26.5	562	6	600	305.657	281.701	24.192	0.70	522.5	

10

20

30

40

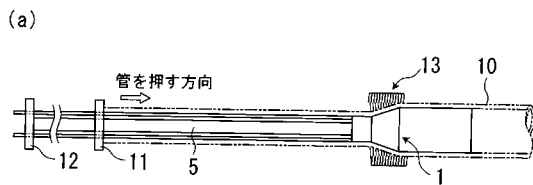
【符号の説明】

50

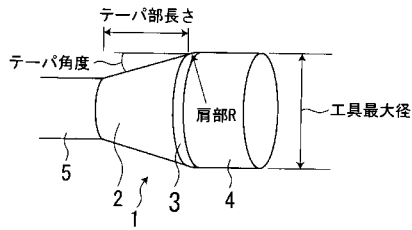
【 0 0 3 4 】

- 1 工具（内面加工用工具）
- 2 テーパー部
- 3 肩部
- 4 平行部
- 5 マンドレル
- 10 被加工材（金属管）
- 11 管押し手段
- 12 工具支持手段
- 13 誘導コイル

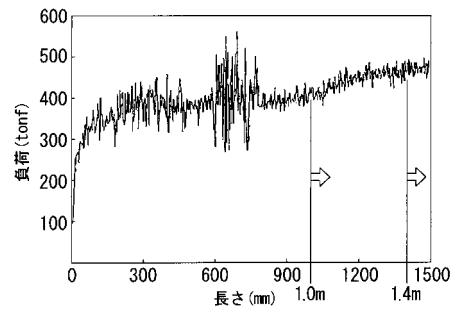
【 図 1 】



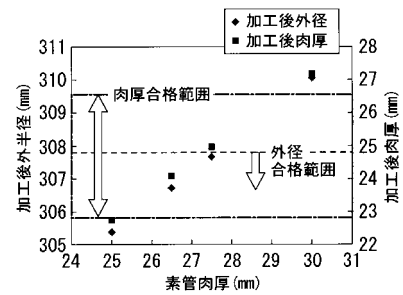
(b)



【 図 2 】



【 図 3 】



フロントページの続き

(72)発明者 南部 征一郎

東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 JFEスチール株式会社内

(72)発明者 石川 和俊

東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 JFEスチール株式会社内

Fターム(参考) 4E096 FA22 HA14 HA22 HA30 KA09 KA10 KA13 KA19