

(19)日本国特許庁 (J P)

(12)特 許 公 報 (B 1)

(11)特許番号

特許第3073981号

(P 3 0 7 3 9 8 1)

(45)発行日 平成12年 8 月 7 日(2000.8.7)

(24)登録日 平成12年 6 月 2 日(2000.6.2)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

B21B 17/06

B21B 17/06

21/02

21/02

請求項の数 2 (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平11 - 76825

(22)出願日 平成11年 3 月19日(1999.3.19)

審査請求日 平成11年11月 9 日(1999.11.9)

(73)特許権者 000224754

核燃料サイクル開発機構

茨城県那珂郡東海村村松 4 番地49

(73)特許権者 000002118

住友金属工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜 4 丁目 5 番33号

(73)特許権者 596129721

神鋼特殊鋼管株式会社

山口県下関市長府港町13番 1 号

(72)発明者 鷗飼 重治

茨城県東茨城郡大洗町成田町4002核燃料

サイクル開発機構大洗工学センター内

(74)代理人 100083585

弁理士 穂上 照忠 (外 1 名)

審査官 鈴木 毅

最終頁に続く

(54)【発明の名称】鉄基分散強化型合金管の製造方法

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】鉄基分散強化型合金の素管を、回転しつつ
圧延材の軸方向に移動する孔型ロールおよびマンドレル
により成形加工して管を製造する方法であって、少なく
とも圧延域の全範囲において孔型の圧延面が圧延材の外
周部と接触する長さを、圧延材外周長さの0.9倍以上と
することを特徴とする鉄基分散強化型合金管の製造方
法。

【請求項 2】鉄基分散強化型合金の素管を、ピルガー圧
延機に設けられている孔型ロールおよびマンドレルによ
り成形加工して管を製造する方法であって、少なくとも
圧延域の全範囲において孔型の圧延面が圧延材の外周部
と接触する長さを、圧延材外周長さの0.9倍以上とす
ることを特徴とする鉄基分散強化型合金管の製造方法。

【発明の詳細な説明】

2

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、鉄基分散強化型合
金管を、孔型ロールとマンドレルとを備える圧延機を用
い、冷間または温間での圧延によって製造する方法に関
する。

【0002】

【従来の技術】鉄基分散強化型合金は、鉄マトリックス
の中に酸化物、窒化物、炭化物、金属間化合物などの不
活性粒子が均一に分散した組織を有する合金である。こ
の材料は、鉄の融点に近い温度範囲まで高い強度を維持
する合金であって、ボイラチューブまたは内燃機関の配
管、原子力発電の高速増殖炉の燃料被覆管などの高温高
圧下で使用される管材料として有望である。

【0003】鉄基分散強化型合金は、上記のような不活
性粒子と鉄基合金の粉末とをボールミルなどで混合し、

10

成形して焼結する、いわゆる粉末冶金法で製造される。焼結の後、さらに熱間加工を施して、所定寸法の製品とすることもある。しかしながら、この合金は変形能が小さいため、熱間加工も容易ではないが、それにも増して温間や冷間での加工は困難である。

【 0 0 0 4 】ボイラチューブや燃料被覆管などのような管製品は、寸法精度等の面から、少なくとも最終加工は冷間、あるいは温間で行う必要がある。しかし、鉄基分散強化型合金は難加工性であるため、冷間加工や温間加工で管に加工すると表面に割れを生じて製品化することが困難である。

【 0 0 0 5 】特許第2564826号公報には、分散強化型合金から管材を製造する方法が開示されている。その方法は、圧延材の軸に対して傾斜するカム溝に支えられた少なくとも3つの鼓形のロールを管素材の同一円周上において同時に圧接させ、それらのロールを管素材の軸方向に往復運動させるというものである。それによって管素材を半径方向に縮径する揺動圧延が行われ、薄肉小径化のパイプが製造できるという。なお、ここで用いられている圧延機は、一般にHPT R圧延機と呼ばれるものである（日本鉄鋼協会編「鉄鋼製造法（第3分冊）」昭和47年9月30日、丸善発行、840頁参照）。

【 0 0 0 6 】図1は、3ロール方式のHPT R圧延機による圧延法の原理を説明するための図であり、(a)は圧延ラインの側面からみた一部縦断面図、(b)は圧延ラインの正面からみた横断面拡大図である。

【 0 0 0 7 】3ロール方式HPT R圧延法では、マンド

レル1を挿入した圧延材（素管）2が圧延ロール3の圧延材軸方向の往復運動によって縮径加工と減肉加工とを施され、小径・薄肉の圧延材（管材）2-1となる。圧延ロール3は、図1(b)に示すように、軸に平行な縦断面が鼓形をした回転体である。そのため、圧延面3-1の形状は棒鋼圧延などで使用するロールの孔型形状に等しく、ロールのすべての円周で同一曲率、同一深さで、その曲率は圧延後の圧延材（管材）2-1の外径 d_o の曲率と等しい。この圧延ロール3は、傾斜したカム溝4とともに矢印fで示すように圧延開始位置R1から圧延終了位置R2（破線で示す位置）まで前進すると、カム溝4によって圧延材2の半径方向に押し下げられて圧延材2を縮径加工および減肉加工する。

【 0 0 0 8 】
【発明が解決しようとする課題】HPT R圧延法で鉄基分散強化型合金を圧延する場合、1回の加工で達成できる断面積減少率は、前記特許第2564826号公報に記載されているように、高々20%までである。従って、加工終了時の管の外径に対する加工開始時の素管外径の比を大きくすることができず、大きな外径の素管から小径の管製品を製造するには、多数回の加工を繰り返さなければならない。即ち、生産効率が甚だしく低い。

【 0 0 0 9 】なお、上記の断面積減少率（ R_d ）とは、次の式で算出される値である。

【 0 0 1 0 】
【数 1】

$$R_d(\%) = \frac{\left[\pi \left(\frac{D_o}{2} \right)^2 - \pi \left(\frac{D_i}{2} \right)^2 \right] - \left[\pi \left(\frac{d_o}{2} \right)^2 - \pi \left(\frac{d_i}{2} \right)^2 \right]}{\left[\pi \left(\frac{D_o}{2} \right)^2 - \pi \left(\frac{D_i}{2} \right)^2 \right]} \times 100 \quad \dots \dots (1)$$

【 0 0 1 1 】ここで、 D_o および D_i は、それぞれ加工開始時の素管の外径および内径、 d_o および d_i は、それぞれ加工終了時の管の外径および内径である。

【 0 0 1 2 】従来のHPT R圧延法で、上記のように1回の加工の断面積減少率を大きくできない理由は下記のとおりである。

【 0 0 1 3 】図2は、従来の3ロール方式HPT R圧延機による製管時の圧延材と圧延ロールとの接触状態を示す図であり、(a)は圧延開始位置の接触状態を示す図、(b)は圧延終了位置の接触状態を示す図である。

【 0 0 1 4 】図2(a)に示すように圧延開始位置（図1の符号R1、参照）では、まだ圧延ロール3のエッジ部3-2のみが圧延材に接触しているだけである。圧延ロール3の前進によって圧下が始めるとエッジ部3-2が圧延材2の表面に食い込むことになる。この食い込みが圧延材の表面

に割れを発生させる原因となる。
【 0 0 1 5 】加工の進行とともにロール表面と管の接触は増大し、(b)図に示すように、やがて圧延面3-1の底部まで圧延材と接触するようになるが、それまでの間は、ロール表面と圧延材との接触が少ないままに圧延される。特に鉄基分散型合金の管は、円周方向の伸びが小さく、加工中にロール孔型に追従して変形し難いのでこのような現象が起きやすい。また、外径の大きな素管を用いて、大きな断面積減少率で加工しようすると、圧延材に接触する圧延ロールの幅が相対的に小さくなり、ロールとロールとの間隔（圧延材の非拘束部）3-3が大きくなる。その非拘束部では、圧延材の外表面に円周方向の引張り応力が発生し、これが表面割れを引き起こす。これらの理由で圧延材の断面積減少率を大きくすることができないのである。

【 0 0 1 6 】本発明の目的は、鉄基分散強化型合金素管から割れ等の表面欠陥のない小径・薄肉の管を製造する方法であって、たとえば、1回の加工での断面積減少率が20%を超えるような大きい断面積減少率で製造することが可能な高効率の製造方法を提供することにある。

【 0 0 1 7 】

【課題を解決するための手段】本発明者は、鉄基分散強化型合金管を、大きい断面積減少率が得られ、原子炉の燃料被覆管（ジルコニウム合金管）の製造に実績のあるビルガー圧延機を用いて製造することを目的として種々研究を行った。その結果、圧延ロール1ストロークの圧延域の全域において、孔型が圧延材の外周部と接触する長さ（以下「ロール接触長さ」という）を圧延材外周長さの0.9倍以上とすれば、大きな断面積減少率で圧延した場合でも割れ等の表面欠陥を防止できることを確認した。さらに、この条件を維持すれば、HPT R圧延機、その他の圧延機による加工でも、同様な結果が得られることを確認した。

【 0 0 1 8 】本発明の要旨は、図3に示すように、「鉄基分散強化型合金の圧延材（素管）2を、回転しつつ圧延材の軸方向に移動する孔型ロール5,5-1とマンデルレル9とによって管材2-1に成形加工する方法であって、少なくとも圧延域の全域にわたって孔型の圧延面6,6-1の圧延材の外周部と接触する長さ、即ち、前記のロール接触長さ、を圧延材外周長さの0.9倍以上にすることを特徴とする管の製造方法」にある。なお、「圧延域」とは、後述する図4に示す圧延域Rである。

【 0 0 1 9 】上記の方法は冷間で実施できるが、材料の再結晶温度以下の温度、たとえば鉄基分散強化型合金では700 程度までの温度域での温間で実施してもよい。また、本発明方法は、孔型圧延ロールを配設したビルガー圧延機で実施するのが望ましい。ビルガー圧延機以外の圧延機、例えば先に述べたHPT R圧延機でも実施できるが、ビルガー圧延機を使用すればロール孔型を工夫することによって極めて大きな断面積減少率が得られるからである。

【 0 0 2 0 】鉄基分散強化型合金とは、前記のように、鉄基合金の素地（マトリックス）に酸化物、窒化物、炭化物、金属間化合物などの粒子を分散させて強化した合金である。そのような合金自体は様々な物が既に知られている。その中から製品管材の使用目的に応じ、必要な特性を有する合金を選べばよい。

【 0 0 2 1 】なお、「素管」とは加工開始前の管を意味する。従って、本発明方法で使用する素管は、鉄基分散型合金から例えば熱間押出法で製造したもの、それに冷間加工等の加工や、必要に応じて熱処理等を施したものである。本発明方法による加工を複数回実施する場合は、前回の加工で得られた管が次回の加工における素管となる。

【 0 0 2 2 】

【発明の実施の形態】図3は、本発明方法を実施するのに使用する装置の一例（2ロールビルガーミル）を模式的に示す図である。この図によって本発明方法の原理を説明する。

【 0 0 2 3 】図3には孔型ロールと圧延材との相対関係を示してあり、(a)は圧延ラインの側面からみた縦断面図、(b)、(c)および(d)は圧延ラインの正面からみた横断面図である。

【 0 0 2 4 】ビルガーミルPIは、上下一対の2つの孔型ロール5,5-1を回転させながら前進させ、圧延開始位置Rsから圧延終了位置Rfまでの間でマンデルレル9を挿入した圧延材（素管）2に縮径加工および減肉加工を施す装置である。

【 0 0 2 5 】この孔型6,6-1は、ロールの周方向において図3(b)～(d)に示すように、圧延開始位置から圧延終了位置までの間で連続的に小さくなるように形成されている。同様に、マンデルレル9は、圧延開始位置から圧延終了位置までを先細りの円錐状に形成されている。

【 0 0 2 6 】図4は、ビルガー方式の圧延ロールの1ストローク中の圧延状況を説明するための図である。

【 0 0 2 7 】ビルガー方式の圧延では、1ストローク（図4のSt）の間が、図4に示すごとく圧延開始位置Rs前段の解放域0₁、それに続く圧延域R、成形域Fおよび成形域後段の解放域0₂の4領域に分けられている。

【 0 0 2 8 】圧延域Rでは、圧延材2の外周面を孔型の圧延面に接触させ、圧延材の内面をマンデルレル9で支え、ロールの回転と前進とによって圧下を加えて圧延材内外径の縮径加工と肉厚の減肉加工とが行われ、ほぼ目標寸法に延伸される。

【 0 0 2 9 】成形域Fでは、圧延材の外径、肉厚の加工はほとんど行われず、最終的な目標寸法に調整される。成形域後段の解放域0₂および圧延開始位置Rs前段の解放域0₁の間では、圧延ロールの孔型の一部または全てが圧延材から離れた非拘束の状態である。これらの解放域では、圧延材は回転され、軸方向にわずかに（約1～20mm）送られる。

【 0 0 3 0 】図5の(a)は、ビルガーミルの従来の孔型と圧延材との接触状況を示す図で、①は圧延開始時、③は圧延終了時、②はその中間の状態である。それぞれ、図4の①-①断面、③-③断面および②-②断面に相当する。ロールの円周方向の孔型形状は、真円部10、真円部よりも曲率の大きいフランジ部11およびコーナー部12から形成されている。従って、①図の7の部分では、孔型と圧延材とは接触せず、管の外周に対する接触長さの比は、通常0.9未満である。その値は、加工の初期ほど小さい。このため、従来のビルガーミル圧延法で鉄基分散型合金管のように伸びの小さい合金の管を圧延すれば、圧延材の非拘束部で表面割れが発生する。

【 0 0 3 1 】図5(b)は、本発明方法におけるロールの孔型と圧延材との接触状況を示す図で、①は圧延開始

時、③は圧延終了時、②はその中間の状態である。この場合は、圧延開始位置から圧延終了位置まで、ロール孔型が、圧延材の外周部にほぼ完全に接触する。即ち、図 5 (b) の 8 の非拘束部が前記(a)図の 7 の部分よりも小さくなっている。

【 0 0 3 2 】上記のように非拘束部を小さくする手段としては、(イ)ロール孔型の真円部の範囲を拡大する、(ロ)フランジ部の曲率半径を真円部のそれに近くする、(ハ)上下ロールのギャップを極力小さくして圧延する、等の手段がある。これらの一つまたはそれ以上の組み合わせで、圧延域の全域において前記のロール接触長さを圧延材の外周部と接触する長さを圧延材円周長の 0.9 倍以上にするのである。

【 0 0 3 3 】上記のように、ロール接触長さを圧延域の全体で圧延材外周長の 0.9 倍以上にすれば、後の実施例に示すように、1 回の加工での断面積減少率を 65% というような大きな値にすることもできる。これにより、素管寸法から所定寸法の製品に圧延するまでの加工回数が少なくなり、生産性が向上する。

【 0 0 3 4 】本発明方法は、ピルガーマルに限らず、他の種類のロール式圧延装置でも実施できる。例えば、3 ロール方式 H P T R 型圧延装置を用いて実施する場合には、加工開始時の素管外径に応じてロールの孔型形状を定め、孔型の圧延面と圧延材の外周部とが接触する長さを、圧延域の全域で圧延材外周長の 0.9 倍以上に保つ

ようにすれば、1 回の加工で 20% を超える断面積減少率での加工が可能になる。

【 0 0 3 5 】

【実施例】(実施例 1) 2 ロールピルガーマル圧延機を用い、表 1 に示す様々なロール接触長さが得られる条件で鉄基分散強化型合金から薄肉小径管を製造する実験を行った。使用した合金は下記の 2 種類である(% は重量 %)。

【 0 0 3 6 】

10 材質記号 A : 12%Cr-2%W-0.3%Ti-0.23%Y₂O₃

材質記号 B : 9%Cr-2%W-0.2%Ti-0.35%Y₂O₃

なお、Y₂O₃ は鉄合金マトリックスに分散させた不活性粒子である。

【 0 0 3 7 】上記の合金から、熱間押出法等の加工によって製造した素管のサイズが表 1 中に圧延前寸法として示すものである。その素管を表 1 に示す圧延温度、断面積減少率およびロール接触長さで圧延した。この 1 回の加工の後の管サイズを圧延後の寸法として表 1 に示した。なお、断面積減少率は前記の(1)式で求めた。

20 【 0 0 3 8 】得られた管製品の外表面を 20 μm 研磨した後、浸透探傷法で検査して、割れの有無を調べた。その結果を表 1 に示す。

【 0 0 3 9 】

【表 1】

第 1 表

区分	試験番号	材質記号	圧延温度	材料寸法 [外径 x 肉厚, mm]		断面積 縮小率 [%]	圧延ロール接触部分長さ 圧延管円周長さ		試験 本数 N	割れ発生 本数 n	割れ発生率 =n×100 /N [%]
				圧延前	圧延後		圧延開始	圧延終了			
発 明 例	1	A	冷間(室温)	8.9×0.82	7.1×0.535	47	0.90	0.90	10	0	0
	2	A	冷間(室温)	8.9×0.82	7.1×0.535	47	0.93	0.93	10	0	0
	3	A	冷間(室温)	12.3×1.38	9.3×0.60	65	0.90	0.90	5	0	0
	4	A	温間 (約 600℃予熱)	8.9×0.82	7.1×0.535	47	0.90	0.90	5	0	0
	5	B	冷間(室温)	8.9×0.82	7.1×0.535	47	0.90	0.90	10	0	0
比 較 例	6	A	冷間(室温)	8.9×0.82	7.1×0.535	47	0.85	0.85	5	3	60
	7	A	冷間(室温)	8.9×0.82	7.1×0.535	47	0.87	0.92	7	4	57
	8	A	温間 (約 600℃予熱)	8.9×0.82	7.1×0.535	47	0.87	0.92	5	2	40
	9	B	冷間(室温)	8.9×0.82	7.1×0.535	47	0.87	0.92	7	3	43

材質記号 A は 12%Cr-2%W-0.3%Ti-0.23%Y₂O₃、B は 9%Cr-2%W-0.2%Ti-0.35%Y₂O₃

【 0 0 4 0 】表 1 から明らかなように、発明例の試験番号 1~5 は、圧延域の全域においてロール接触長さを圧延材円周長の 0.9 倍以上にしたので、断面積減少率が 47 ~ 65% であっても割れない管が製造できた。これは、上下の圧延ロールの間の非拘束部が圧延開始時において

も小さく抑えられ、これによって、圧延材の非拘束部に生じる円周方向の引張り応力が小さくなって、割れの発生が防止できたものと考えられる。

50 【 0 0 4 1 】これに対して、比較例の試験番号 6~9 は、ロール接触長さが、圧延の初期において圧延材の円周長

さの0.9倍に満たないので、圧延材の表面に割れが観察された。この場合は、非拘束部が大きいために、圧延材の表面の円周方向の引張り応力が大きくなり、割れが発生したものと考えられる。

【0042】(実施例2)図1に示したような3ロール方式HPT R型圧延機を用いて、実施例1と同様な実験を行った。この実験では、圧延前の素管寸法として外径

8.9mm、肉厚0.82mmのものを使用し、1回の加工で外径8.0mm、肉厚0.675mmの管とする加工を行った。即ち、断面積減少率は25%の一定とした。実験結果を表2に示す。

【0043】

【表2】

第 2 表

区分	試験番号	材質記号	圧延温度	圧延ロール接触部分長さ 圧延管円周長さ		試験本数 N	割れ発生本数 n	割れ発生率 = n×100 / N [%]
				圧延開始	圧延終了			
発 明 例	10	A	冷間(室温)	0.90	0.92	7	0	0
	11	A	温間 (約 500℃予熱)	0.90	0.92	5	0	0
	12	B	冷間(室温)	0.90	0.92	4	0	0
比 較 例	13	A	冷間(室温)	0.85	0.95	4	2	50
	14	A	冷間(室温)	0.81	0.91	5	4	80
	15	A	温間 (約 600℃予熱)	0.81	0.91	4	2	50
	16	B	冷間(室温)	0.81	0.91	5	2	20

材質記号 A は 12%Cr-2%W-0.3%Ti-0.23%Y₂O₃、B は 9%Cr-2%W-0.2%Ti-0.35%Y₂O₃

【0044】表2から明らかなように、発明例の試験番号10~12は、圧延開始から終了まで、ロール接触長さを圧延材外周長さの0.9倍以上になるようにして圧延したので、断面積減少率が25%であっても割れ発生率は0であった。

【0045】これに対して、比較例の試験番号13~16は、ロール接触長さが、圧延開始時において圧延材の外周長さの0.9倍に満たないので、高い発生率で圧延材の表面に割れが観察された。

【0046】上記のように、3ロール方式HPT R型圧延機であっても、孔型が材料に接触する長さを、圧延の全域で圧延材の外周の0.9倍以上に設定すれば、割れを発生させることなく25%という大きい断面積減少率で縮径加工、減肉加工できることが確認された。

【0047】

【発明の効果】本発明方法によれば、加工の困難な鉄基分散強化型合金の素管から、冷間加工または温間加工によって、表面欠陥がなく寸法精度の高い管材を製造することができる。しかも、この方法は、1回の加工の断面積減少率を大きくとれるので、所定寸法の管製品を少ない加工回数で生産することができる。本発明方法は、高温特性に優れた鉄基分散強化型合金をボイラチューブや原子力炉の燃料被覆管等として実用化するのに大きく寄与する発明である。

【図面の簡単な説明】

【図1】3ロール方式HPT R圧延法による製管の原理

を説明するための図であり、(a)は圧延ラインの側面からみた一部縦断面図、(b)は圧延ラインの正面からみた横断面図である。

【図2】3ロール方式HPT R圧延法による製管時の圧延材とロールとの接触状態を示す図であり、(a)は圧延加工開始位置の接触状態を示す図、(b)は圧延加工終了位置の接触状態を示す図である。

【図3】ピルガーミルにおける孔型ロールと圧延材との相対関係を示す図であり、(a)は圧延ラインの側面からみた縦断面図、(b)、(c)および(d)は圧延ラインの正面からみた横断面図である。

【図4】ピルガーミルにおける管の加工状況を説明するための図である。

【図5】ピルガーミルで管をの加工する際の圧延開始から圧延終了までの孔型と圧延材との接触状況を示す図で、(a)が従来の方法、(b)が本発明の方法である。

【符号の説明】

- 1 . マンドレル 2 . 圧延材 3 . 圧延ロール
- 4 . カム溝
- 5 . 圧延ロール 6 . 圧延加工面 7、8 . 圧延材の非拘束部
- 9 . マンドレル 10 . 真円部 11 . フランジ部
- 12 . コーナー部

【要約】

【課題】表面欠陥のない鉄基分散強化型合金管を高生産性で製造する方法を提供する。

30

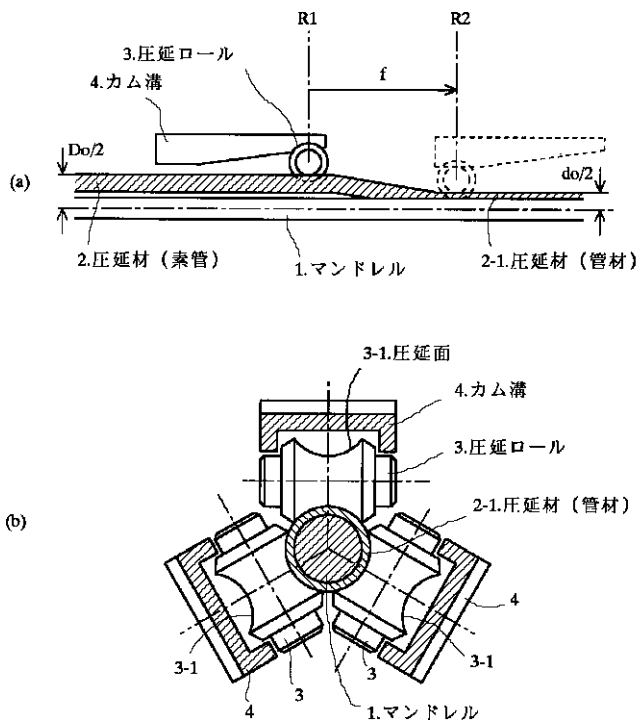
40

50

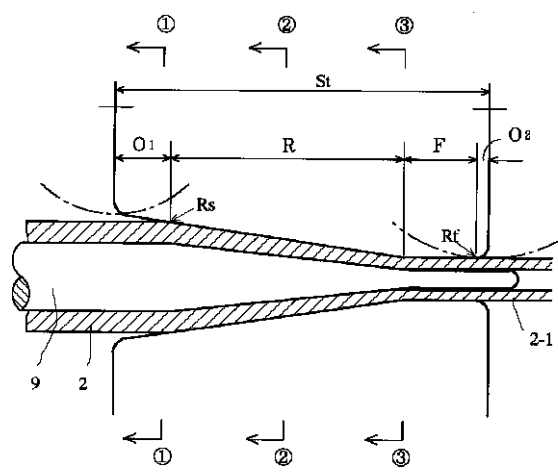
【解決手段】鉄基分散効果型合金の素管2を長手方向に前進させながら上下の孔型ロール5,5-1によって管材2-1に成形加工して管を製造する方法であって、少なくとも圧延域の全域において、孔型の圧延面6,6-1が圧延材の

外周部と接触する長さを圧延材外周長さの0.9倍以上にする。この方法は、ピルガー圧延機で実施することが望ましい。

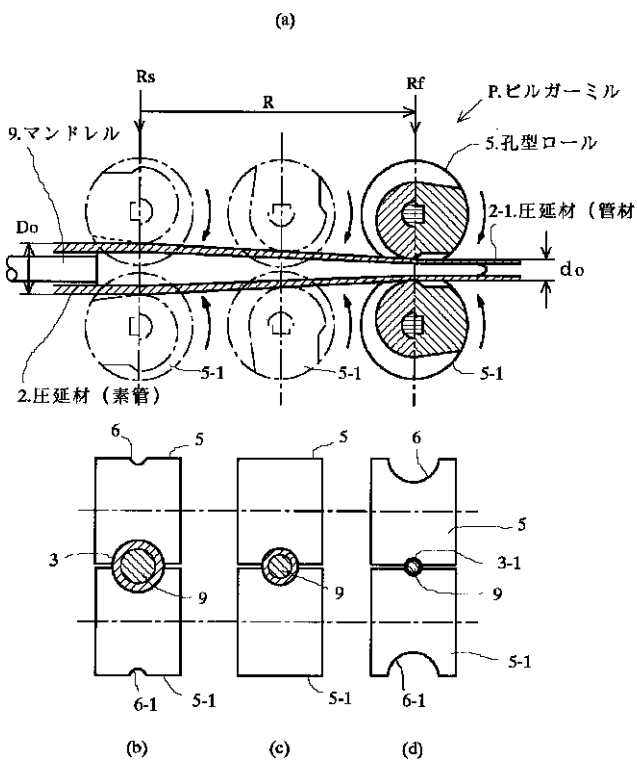
【図1】



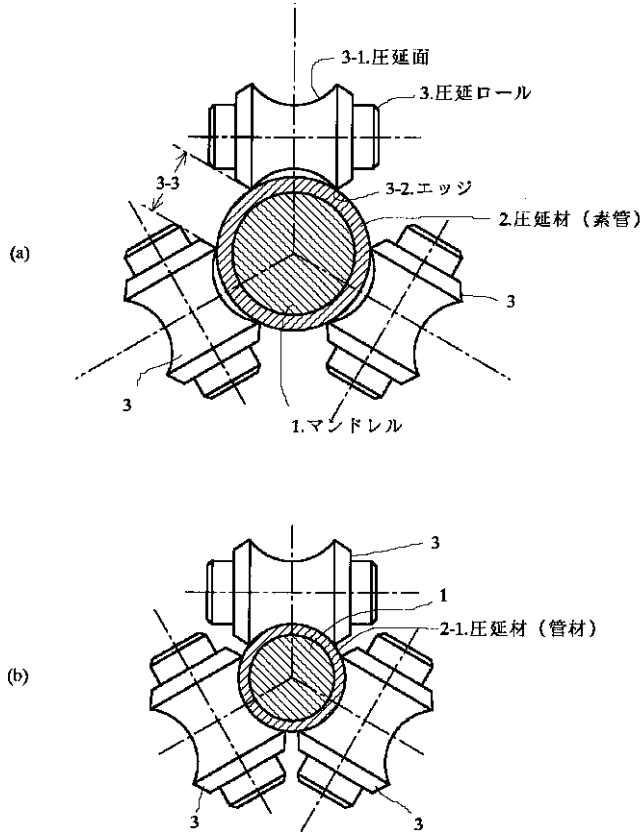
【図4】



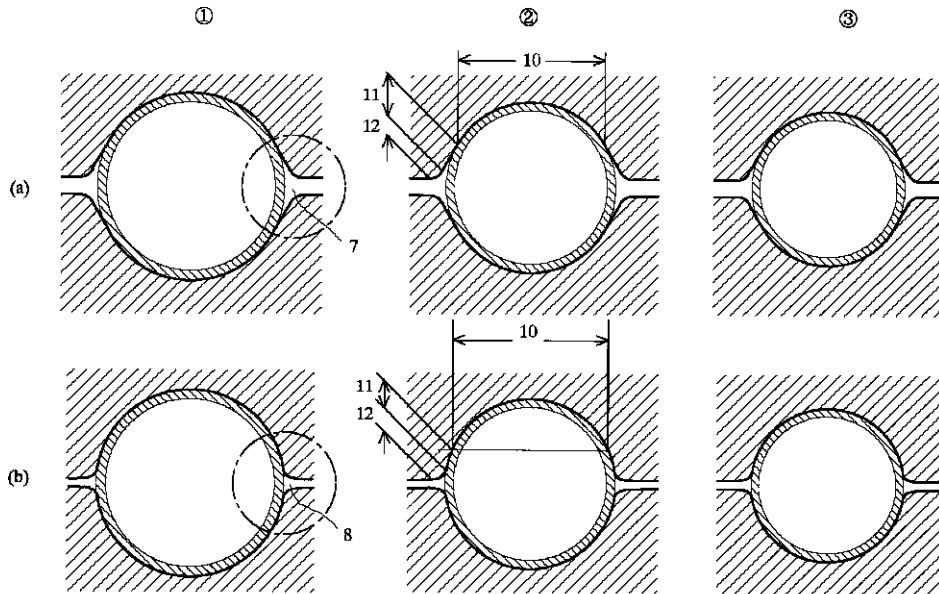
【図3】



【 図 2 】



【 図 5 】



フロントページの続き

(72)発明者 水田 俊治
茨城県東茨城郡大洗町成田町4002核燃料
サイクル開発機構大洗工学センター内

(72)発明者 吉武 庸光
茨城県東茨城郡大洗町成田町4002核燃料
サイクル開発機構大洗工学センター内

(72)発明者 萩 茂樹
兵庫県尼崎市東向島西之町1番地住友金
属工業株式会社関西製造所特殊管事業所
内

(72)発明者 廣畑 憲明
兵庫県尼崎市東向島西之町1番地住友金
属工業株式会社関西製造所特殊管事業所
内

(72)発明者 安部 勝洋
兵庫県神戸市西区高塚台1丁目5番5号
株式会社神戸製鋼所内

(72)発明者 奥田 隆成
兵庫県神戸市西区高塚台1丁目5番5号
株式会社神戸製鋼所内

(56)参考文献 特開 昭52-17357 (J P , A)
特許2564826 (J P , B 2)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, D B 名)

B21B 17/02

B21B 17/06

B21B 21/00 - 21/06