

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2004-520162
(P2004-520162A)

(43) 公表日 平成16年7月8日(2004.7.8)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
B 2 1 C 47/02	B 2 1 C 47/02	E
B 2 1 C 47/32	B 2 1 C 47/32	B

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 53 頁)

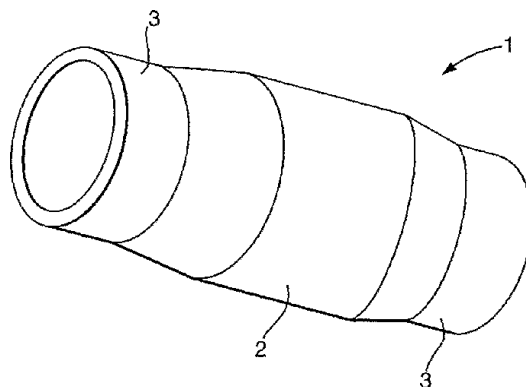
(21) 出願番号	特願2002-547646 (P2002-547646)	(71) 出願人	591074002
(86) (22) 出願日	平成13年12月4日 (2001.12.4)		アルキャン・インターナショナル・リミテッド
(85) 翻訳文提出日	平成15年6月3日 (2003.6.3)		ALCAN INTERNATIONAL LIMITED
(86) 国際出願番号	PCT/GB2001/005351		カナダ、エイチ3エイ・3ジー2、ケベック、モントリオール、ウエスト、シャープルック・ストリート1188番
(87) 国際公開番号	W02002/045876	(74) 代理人	100086405
(87) 国際公開日	平成14年6月13日 (2002.6.13)		弁理士 河宮 治
(31) 優先権主張番号	00310770.3	(74) 代理人	100091465
(32) 優先日	平成12年12月4日 (2000.12.4)		弁理士 石井 久夫
(33) 優先権主張国	欧州特許庁 (EP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アルミニウムストリップの貯蔵と輸送

(57) 【要約】

本発明は、巻き取ったアルミニウムストリップで巻取り中とその後に生じるクリープ変形の問題を取り扱っており、その問題は、ストリップの幅方向に渡るプロフィールが平坦でなく、通常は、縁部より中央部で厚いことにより生じる。これを解決するのに、本発明は、張力が、コイル巻取りのスプール1がコイルの中央部で縁部よりも大きな支持力を与えるように規定する。これを達成する種々の方法を述べているが、一例は、図示のごとく、スプール1の中央部2をその端部3より大きな直径にする。正クラウンを持ってこのスプールに巻き取られるストリップは、著しく低減したクリープ歪みを示し、クリープ変形を低減させることが判った。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

マンドレルと、マンドレルに着脱可能に装着されるスプールと、正クラウンのアルミニウムストリップ材と、を含むコイル集合体から成り、

コイル集合体が、ストリップ材が巻き取られるべき支持面を有し、コイル集合体は、ストリップ材の少なくとも内側巻取り分の巻取り過程で、その支持面が、クラウンを支持する支持面の部分とその支持面の残りの部分よりも大きな支持力を与える支持力プロファイルを提供するように、適合されていることを特徴とするアルミニウムストリップ巻取り装置。

【請求項 2】

クラウンがストリップ材の幅の中央部に設けられて、ストリップ材の該中央部に与える支持力がそのストリップ材の両端部に与える支持力より大きくした請求項 1 に記載の装置。 10

【請求項 3】

ストリップ材の張力を制御するための 1 つ以上の張力ロールと張力制御装置を含み、ストリップ材が、第 1 の高い張力から第 2 の低い張力で巻き取られるようにした請求項 1 又は 2 に記載の装置。

【請求項 4】

スプールが、ストリップ材の幅に少なくとも等しい請求項 1 ないし 3 いずれかに記載の装置。

【請求項 5】

支持面の支持力プロファイルが、スプールを適合させることによって提供される請求項 1 ないし 4 いずれかに記載の装置。 20

【請求項 6】

スプールは、クラウンを支持するスプールの部分での外径が、スプールの両端部の一方又は両方での外径より大きい請求項 5 に記載の装置。

【請求項 7】

スプールが、スプールの当該部分での外形側に突出したクラウンを有するように輪郭を設けた請求項 6 に記載の装置。

【請求項 8】

外形側突出したクラウンが矩形状である請求項 7 に記載の装置。

【請求項 9】

スプールが、円筒状であって、実質的に一様な直径を有し、且つ、スプールの一端又は両端から伸びるスリットを有する請求項 5 に記載の装置。 30

【請求項 10】

スリットが、スプールの全長のおよそ 1 / 4 まで伸びている請求項 9 に記載の装置。

【請求項 11】

クラウンを支持するスプールの部分が、スプールの両端部を形成する材料より剛性の大きい材料で形成されている請求項 5 に記載の装置。

【請求項 12】

該支持面の支持力プロファイルが、スプールから分離した手段によって与えられる請求項 1 ないし 4 いずれかに記載の装置。 40

【請求項 13】

該スプールが、直状の円筒形状である請求項 12 に記載の装置。

【請求項 14】

該支持面の支持力プロファイルが、クラウンを支持するスプールの部分に装着された外側スリーブにより提供され、外側スリーブが、ストリップ材の幅より小さい幅を有する請求項 12 又は 13 に記載の装置。

【請求項 15】

外側スリーブが円筒形状であり、スプールに嵌め入れられて、スプールが当該部分での有効外径が、スプールの両端部の一方又は双方での有効外径より大きくされている請求項 14 に記載の装置。 50

【請求項 16】

当該支持面の支持力プロファイルが、ストリップ材の形状によって提供される請求項 12 又は 13 に記載の装置。

【請求項 17】

ストリップ材の先端部がストリップ材の幅より狭い幅を有する舌状片として形成され、舌状片が、ストリップ材を巻き取るとき、スプールの両端部の一方又は両方の有効直径より、クラウンを支持するスプールの部分で大きい有効直径をスプールに備えさせる請求項 16 記載の装置。

【請求項 18】

舌状片の長さが、ストリップ材の長手方向で、スプールの外周の n 倍にほぼ等しく、但し n はゼロより大きい整数である請求項 17 に記載の装置。 10

【請求項 19】

材料のシートがストリップ材の先端部表面に取着され、該シートがストリップ材の幅より狭い幅を有し、シートは、ストリップ材が巻き取られるとき、スプールの両端部の一方又は両方でのスプールの有効直径より、クラウンを支持するスプールの部分での大きい有効直径をスプールに提供する請求項 16 に記載の装置。

【請求項 20】

該シートの材料が、ストリップ材の長手方向で、ストリップ材の長手方向で、スプールの外周の n 倍にほぼ等しい長さを有し、但し、 n はゼロより大きい整数である請求項 19 に記載の装置。 20

【請求項 21】

シートがアルミニウムから作られている請求項 19 又は 20 に記載の装置。

【請求項 22】

該支持面の支持力プロファイルが、巻取りの前に、スプールの周りに 1 回以上巻き着けた長さの材料により提供され、該長さの材料が、ストリップ材の幅より狭い幅を有し、その長さが、スプールの両端部の一方又は両方でのスプールの有効直径より、クラウンを支持するスプールの部分での大きい有効直径をスプールに提供するに有効である請求項 12 又は 13 に記載の装置。

【請求項 23】

該支持表面の支持力が、巻き取られるべき材料と同じ型のストリップ材が従来の直状の円筒スプールに巻き取られた外側巻取り分の半径方向変位の変化を表すグラフ形状に少なくとも大よそ合致させるようにした請求項 1 ないし 22 いずれかに記載の装置。 30

【請求項 24】

正クラウンを有するアルミニウムストリップ材をコイルに巻き取る方法であって、ストリップ材を、スプールとマンドレルとから成る集合体に供給し、コイル集合体が回転されてコイル集合体の支持面回りにストリップ材を巻取り、その後、マンドレルを引抜くもので、該巻取り方法が巻き取られたストリップ材の少なくとも内側巻取り分を巻取る過程で、コイル集合体は、支持面がクラウンを支持する支持面の部分によって提供される支持力が、支持面の残部により提供された支持力より大きい該支持力をスプールに提供するよう、適合されていることを特徴とするアルミニウムストリップ材の巻取り方法。 40

【請求項 25】

クラウンが、ストリップ材の幅の中央部に配置され、ストリップ材の該中央部に提供される支持力が、ストリップ材の両端部に提供される支持力より大きい請求項 24 に記載の方法。

【請求項 26】

ストリップ材の初期巻取り分を巻取り中に、第 1 の高い張力をストリップ材にかけて、さらに、後の巻取り分の巻取り中に第 2 の低い張力をストリップ材にかけるようにした請求項 24 又は 25 に記載の方法。

【請求項 27】

マンドレルが、スプール内の所定位置にあるときに、クラウンを支持する部分でスプール 50

の外径が両端部の一方又は両方でのスプールの外径より大きくするようにスプールを变形させて、マンドレルがコイルの除去のために収縮可能にした請求項 24 ないし 26 いずれかに記載の方法。

【請求項 28】

巻き取りに先立って、ある長さの材料をスプール回りに 1 回以上巻き込んで、その長さの材料がストリップ材の幅より狭い幅を有して、クラウンを支持する支持面の部分の外径を、両端部の一方又は両方の外径よりも大きくする請求項 24 ないし 26 いずれかに記載の方法。

【請求項 29】

ストリップ材先端部にはストリップ材の幅より狭い幅を有する舌状片を形成して、舌状片で巻取りを開始して、クラウンを支持する支持面の部分の外径を両端部の一方又は両方の外径よりも大きく規定するように、巻取り片がスプールの支持面に支持力プロファイルを作るようにした請求項 24 ないし 26 いずれかに記載の方法。

10

【請求項 30】

舌状片の幅が狭い幅から、コイル集合体回りのストリップ材の最初の二三回の巻取り分でストリップ材の全幅に増加させる請求項 29 に記載の方法。

【請求項 31】

材料のシートが、ストリップ材の先端部表面に取着され、該シートがストリップ材の幅より狭い幅を有し、シートは、ストリップ材が巻き取られるとき、スプールの両端部の一方又は両方でのスプールの有効直径より、クラウンを支持するスプールの部分での大きい有効直径をスプールに提供する請求項 24 ないし 26 いずれかに記載の方法。

20

【発明の詳細な説明】

【0001】

本発明は、アルミニウム又はその合金から作ったストリップ材料の貯蔵と輸送に適したスプールに関し、さらに、スプールにそのような材料を巻き取る方法に関する。

【0002】

リトグラフ印刷用に使用するようなアルミニウムストリップは、貯蔵輸送用の大きな鋼製又はファイバー製のスプールに張力をかけてコイルに巻き取られている。スプールは、一様な外径とストリップ材料幅を完全に支持するに十分な長さを有する円筒状で、実際にはしばしばストリップをわずかに超えて片側に伸びている。ストリップ材料の巻取りがストリップの平坦度に影響することは知られている。スプールに巻き取り直後は平坦であったアルミニウムストリップ材料は、ストリップの幅を横切って生じる不均一な応力によりストリップにクリーブが生じて、平坦度が外れるようになる。アルミニウムは、例えば、鋼よりはるかにクリーブが生じやすいので、巻き取りに特別な問題を生じる。

30

【0003】

コイルにしたときにストリップの幅方向に生じる不均一な応力は、ストリップの幅を横切ってストリップ厚さがわずかに変化していて、通常は、厚さが縁部より中央部でわずかに厚いこと(正クラウン)から生じる。厚さがこのように変わると、コイルはわずかに樽状になり、即ち、縁部より中央部が大きな径になる。これは、また、コイルの中央部で縁部よりも巻き取り張力が大きくなる。

40

【0004】

アルミニウムストリップの製造方法は、ストリップが正クラウンになるように一般にはなされており、負クラウン(外側縁部が中央部より厚いことを意味する)では、特に、後の組立工程で予見できない取り扱いを要する。製造方法が多段階工程であるから、製品のどの部分でも負クラウンにならないように誤差を見込む必要がある。それで、製造工程は、中央部の厚みが、両側の縁部の厚みより少なくとも 0.3% 大きくなるようにクラウンを意図して設けるように設定している。誤差に注意して、中央部は、ストリップのどの点でも約 0.1% より小さくならないように、両側縁部より厚くしてある。しかし、通常は、製造工程では、クラウンは、中心部を両側縁部よりおよそ 5% 厚くするように設定されているが、1% 以下でも可能であり、実用的に最大値は 2% である。

50

【0005】

クリープは、コイルにされている間に生じ、時には、アルミニウムの加温により生じやすく、それは、冷間圧延、洗浄などの前処理や塗装後の焼付けの過程で生じる。クリープは、コイル中で室温でも、クリープ速度がある程度小さくなるように応力が緩和されるまで続く。

【0006】

一巻分のアルミニウムストリップをスプール回りに張力を加えて巻き取ると、新しい巻取り分のおおのが、その下にすでに巻き取った前の巻取り分の材料に内圧を増加させるように加える。その結果、ストリップの平坦度がコイルのその位置に応じて変化する。例えば、コイルの外側の巻取り分(lap)(換言すれば、包み(wrap))からのストリップは中心線に沿って伸びるが、内側包みからのストリップは、その縁部に沿って伸びる。前者は中伸び(long-middle)といわれ、後者は、波打ち縁(wavy edges)と呼ばれる。

10

【0007】

アルミニウムストリップをスプールに巻取っているときは、スプールは巻取り作業中にスプールの回転させるマンドレルに装着されている。スプールは、ストリップの巻取りが完了すれば、マンドレルから取り外す。特にファイバースプールでは、巻き取ったコイルからの圧力で変形することがあり、これが、平坦度外れに関連して上述した問題を一層悪化させる。コイルからの圧縮力は、スプールの半径方向内側に変形させ、内側巻取り分を短くし、それ故、内側巻取り分の張力を反転させる。図1は、従来のスプールについて、巻取りの24時間後、コイルのクリープ歪み(i -単位で)の予測モデルを示している。ストリップの中央部の内側巻取り分に圧縮歪みが明瞭に見られ、ストリップの中央部のいずれかの側部には大きな正の歪みがある。このモデルは、内側巻取り分のストリップが四分の一ポケット(quarter pockets)のある波打ち縁を有することを予測している。四分の一ポケットは、ストリップ幅の四分の一に等しい距離で、ストリップの長手方向の縁部から板面内に長手方向の平行な線に沿ってストリップの伸びにより形成されている。

20

【0008】

Schnell ら(Metalwissenschaft und Technik vol. 8 August 1986)は、平坦度外れの問題を記述してその効果を説明しようとしているが、解決策はなんら示していない。

【0009】

巻取りによる平坦度外れを軽減する試みもあるが、これらは、ストリップの直伸の後処理に焦点を当てている。しかし、JP11-179422は、凹クラウンの輪郭を有するスプールの用いて、凸クラウンを持つ鋼ストリップ材の平坦度を制御する方法を記載している。

30

【0010】

JP09-057344とJP09-076012は、マンドレルに鋼ストリップを巻き取る同様の方法を記載している。両方の場合は、凸クラウンを規定するためのスリーブをマンドレルに嵌め合わせて、巻き取るべき鋼ストリップの幅の中心を位置決めしている。

【0011】

本発明は、クリープで生じる変形を低減してストリップの平坦度を改善するようにスプールにアルミニウムストリップを巻き取る装置と方法を提供するものである。本発明は、特に、アルミニウムストリップ材のコイルの内側巻取り部分の波打ち縁による平坦度外れを低減することに関係している。

40

【0012】

すでに述べたように、従来の円筒スプールは、ストリップ材のための外側支持面を円筒形状に規定している。ストリップ材がその幅方向にわたって一定な厚みがあれば、スプールはそのストリップ材の幅方向にわたって実質的に一定な支持力を提供すればよく、クリープを生じさせるような不均一な応力は生じないであろう。しかし、ストリップが正クラウンを有する場合には、従来のスプールは、縁部よりも中央部により大きな支持力を与えて、この変形の正確なプロファイルは、ストリップの幅にわたるプロファイルの形状に依存する。前記JP11-179422は、この要求を満たすようにスプールの外形が幅方向にわ

50

たるストリップの外形に逆に適合するように規定しており、その目的は、幅方向に一様な厚みがあったなら得られたであろう状況を真似て、幅方向のストリップ厚み変化で生じる不均一な応力を打ち消すようにするもので、ここに、正のクラウンを有するストリップについては、スプールの外径は凹状にし、また逆の場合には逆にする。

【0013】

本発明の第一の態様は、アルミニウムストリップ材を巻き取る装置環提供するもので、装置は、マンドレルとマンドレルに着脱可能に装着されるスリーブと正クラウンを有するアルミニウムストリップ材とから成るコイル集合体を含み、コイル集合体はストリップ材が巻き取られるべき支持面を有し、コイル集合体は、ストリップ材の内側巻取り分を巻き取る過程でクラウンを支持する支持面の一部によって提供される支持力が支持面の残部によって提供される支持力より大きくするように支持面が支持力プロフィールを備えるように適合されている。

10

【0014】

ストリップ材の製造をする圧延工程の正常で自然な結論は、クラウンをストリップ材の幅に対して中心に位置付けることであるが、次の工程、例えば、広幅のストリップを狭幅に加工するスリット工程が、巻取り中に中心をはずすことは、あり得る。本発明の教示するところは、クラウンの位置がどこであろうと、クラウンはストリップ材に対して中心に位置づけられていると仮定して適用できることであり、この場合、ストリップ材の少なくとも内側巻取り分を巻き取る過程では、ストリップ材の中心位置にかかる支持力がストリップ材の両側縁部にかかる力より大きくなる。

20

【0015】

支持面の支持力プロフィールは、スプールの形状及び/又は性質の改変、ないし巻き取るべきストリップ材の適合又は両者の組み合わせによって提供することができる。コイル集合体をその支持面が必要な支持プロフィールを備えるように適合させることは、いくつかの方法で達成できる。例えば、スプールの中央部における直径が端部における直径より大きくするように支持面を規定するように輪郭を設ける。こうすれば、ストリップ材の巻取り中に、ストリップ材の中央部に縁部領域よりも大きい引張り応力が、特に、内側の巻取り分に、作用する。

【0016】

中央部の大径部と縁部の小径部との境界は、状況に応じて、1つ以上の段部であってもよく、また、滑らかな移行部であってもよく、さらに両者の組み合わせでもよい。こうして、支持面の輪郭は、巻き取るべきストリップ材の予定した幅に渡って延びる滑らかな凸面から、ストリップ幅より狭い幅の中央部領域で縁部領域よりも大きな径の段差を有する円筒面にまで変わり得る。

30

【0017】

そのような凸状支持面を有するスプールの使用は、巻き取ったストリップの内側巻取り分での応力分布を変えて、その後のクリープ歪みを減らすことができる。本発明の輪郭を設けたスプールの使用により、ストリップ幅の中央部における巻取り引張り力の集中が、巻取りのはじめに生じる。これは、厳密な平坦度要件を適用したときにコイルの内側巻取り分から切り取らなければならないストリップの量を減らす。これに対して、通常の円筒状スプールでは、巻取り引張り力の集中は、かなりの巻取り分が巻き取られた後で生じる。そこから、本発明は、リトグラフ印刷に使用する材料のように厳しい平坦度が要求されるアルミニウムストリップ材で使用すれば特別の利点がある。

40

【0018】

必要な支持力プロフィールは、スプールそれ自体の外形の物理的なプロフィールを変えても、あるいは、普通の円筒面スプールにプロフィール要素を加えても得られ、あるいは両者の組み合わせも利用できる。例えば、プロフィール要素が、スリーブの形で、普通の円筒面スプールの外側に嵌合して、スプールのその中央部での支持面の有効直径を増加することができる。このスリーブは、巻き取るべきストリップの幅より小さい長さがある。この配置は、通常の円筒スプールが使用できる利点があり、長い管材から適当な長さで簡単に切り出

50

して非常に安価に作ることができる。いくらか複雑なものは、プロフィールチューブのように、別個の部品として作らなければならないことであり、これは、もっと高価である。この産業分野では、スプールは、使い捨てとみなされているので、コストは重要な要素である。

【0019】

普通の円筒スプールを利用する別の方法は、プロフィール要素をストリップ材の先頭部で実現しようとするもので、例えば、ストリップをその先頭部で舌状にして、ストリップの残部より狭幅にする。舌状片は、長手方向に、スプールの外周にほぼ等しい長さを持っている。こうして、巻取りが始まれば、最初の一巻き分が舌状片で形成され、上述したプロフィール要素を有効に形成することができる。舌状片、即ち、そのように形成したプロフィールの厚さは、好都合なことに、ストリップ材の厚さに等しい。これより大きい厚さが必要ならば舌状片の長さを増加すればよく、ストリップの全幅がまき始まる前に2回またはそれ以上巻き着ける。舌状片の長さは、好ましくは、スプール外周の n 倍に等しくし、但し、 n は整数である。

10

【0020】

1つの例は、舌状片の幅は、コイル集合体回りにストリップ材の数回巻取り分にわたって狭幅からストリップの全幅まで増加する。

【0021】

所要の支持力プロフィールを提供するようにアルミニウムストリップ材を適合させる別の方法は、シート、例えば、アルミニウムのシートを、ストリップ材の先頭部の表面に、例えば、接着、機械的取付け、溶接、スポット溶接で、取着させるもので、そのようなシートは、ストリップ材より狭い幅を有し、ストリップ材の中央部に対して中心に配置され、そのシートの材料は、ストリップが巻き取られるとき、スプールにスプール両端部より大きな有効外径をスプールの中央部に与えるのに効果的である。そのシート材料は、好ましくは、スプールの外周の n 倍の長さを有しており、但し、 n は整数である。

20

【0022】

スプールを所要の支持力プロフィールを提供するように適合させる別の方法は、スプールの支持面の長さに沿って、スプールの支持力の強度を変更することである。ストリップがスプールに巻き取るとき圧縮力がスプール上に半径方向内側に働き、スプール材料に圧縮を生じさせる。従来は、スプールは、少なくとも支持面を規定する長さのその部分に沿って、軸方向に一定な断面で構成されている。これは、圧縮力によって生じるスプールの歪みが巻き取られるストリップ材の幅にわたって実質的に一定であることを確保している。しかし、断面が軸に沿って一様でないなら、圧縮力の効果は、支持面の長さにわたって違ってくる。これは、幅方向のその位置によって、巻き取られるストリップ材についての異なった有効支持力に変換する。それ故、スプールの中央部の断面が、縁部領域より大きければ、例え支持面それ自体が従来円筒形であっても、所要の支持力プロフィールが達成できる。同様の効果は、支持力を弱めることによっても達成でき、その支持力は、支持面の形状を変更することなくスプールがその強度を下げるために特定の領域で材料を除去することにより提供することができる。例えば、支持面の端部領域が与える支持力は、端部で材料に指状にスリットを切り込むようにして、中心領域で与えられる支持力より低下させることができ、指状部は、コイルがスプールに巻き取られたとき、部分的に陥没する(即ち、内側に動く)。

30

40

【0023】

支持面が必要な支持力プロフィールを示すようにスプールを適合させるもうひとつの方法は、長さ方向にわたってスプールの材料の剛性又は硬さを変えることであり、例えば、中央部を、両端部領域より、剛性又は硬さの大きい材料から形成する。これは、材料自体の持っている剛性又は硬さを変えることによっても、また、前記の方法にいくらか似ているが、開口部またはスリットを形成して材料を局部的に弱めることによっても、変更できる。

【0024】

従来法は、スプールはマンドレルに装着され、マンドレルは、巻取り中はスプールを回転

50

させるように駆動されることはすでに述べた。マンドレルを使用して、従来のスプールを、その支持面が前述のようにその長さ方向に沿って変わる支持力プロファイルを提供するように、改造することは可能である。例えば、マンドレルは、スプールがマンドレル上の所定の位置にあるとき中央部でのスプールの支持面の直径が両端部より大きくなるように変形させるようにすることである。その場合には、マンドレルは通常は膨張するタイプであり、巻取り完了後は引抜きのために収縮する。

【0025】

これら種々の技術は、所望の支持力プロファイルを得るために組み合わせて利用することもできる。

【0026】

1つの実施形態は、スプールは、支持面の支持力プロファイルが、巻き取られるものと同じで従来の真直ぐな円筒スプールに巻き取られたストリップ材の外側巻取り分がマンドレルを除去した後に生じる半径方向の変位を表すグラフの形に少なくともおおよそ合致するように適合させている。

【0027】

本発明の第2の態様では、正クラウンを有するアルミニウムストリップ材を巻き取る方法を提供するもので、ストリップ材はスプールとマンドレルとから成るコイル集合体に供給され、コイル集合体が回転して、コイル集合体の支持面回りにストリップ材を巻取り、その後、マンドレルを除去するもので、その特徴は、巻き取られたストリップ材の少なくとも内側巻取り分の巻取り中に、コイル集合体がクラウンを支持する支持面のその部分によって与える支持力が支持面の他の部分が与える支持力より大きいことにある。

【0028】

これに代えて、単独か又は本発明の上記の態様と組み合わせるかして、コイルを巻取りながら、アルミニウムストリップに張力を加える。張力は、ストリップの先端部がスプールを掴むまではかけないが、これは、通常は、回転が最初の巻取りを完了するのに一致するすぐ後である。好ましくは、最初の数回の巻取り分が高い張力で巻き取られ、第二の低い張力が後の巻取り分に巻取り中にかけられる。コイルの大部分は、貯蔵と輸送に安定して巻取りを維持するに十分である公称張力で巻き取られる。第二の低い(公称の)引張り力は、第一の高い張力より、少なくとも10%低く、好ましくは、少なくとも20%低い。さらに、第二の張力は、第一の張力より80%以下だけ低く、好ましくは、50%以下だけ低い。この巻取り張力は、高い張力から低い張力に連続的に低下するようにしてもよく、この低下は、コイルの全巻取り分の初めの半分の巻取り過程で行うのが好ましい。これは図17に概念的に示してあり、この図は、短い範囲の部分(曲線a)を高い張力で、また、それに続く残部をより低い張力(公称張力)で示している。高い張力から低い張力への移行は、曲線aで示すように比較的急速であるか、もっと遅くてもよく、曲線b又はcに示すように高い張力でのより短い部分があってもなくてもよい。最初の巻取り分に関連した張力の蓄積は示していない。

【0029】

ここで、アルミニウムに言及しているのは、アルミニウムとその合金をさしているとして理解すべきである。

【0030】

ここでは、平坦度と平坦度はずれ(off-flatness)とに言及している。この文書の文脈において、平坦度外れは、ストリップの長手方向又は巻取り方向に沿って異なった点で測定したストリップの幅を横切る歪みの差であると理解される。

本発明の実施形態を、添付図面を参照して例として説明する。

【0031】

スプール1は、アルミニウムストリップ材の貯蔵輸送用であるが、図2に示す。スプール1は、概して円筒であるが、中央クラウン領域を持っており、そこでは、スプールの外径が、縁部のそれより大きい。スプールの長さは、ストリップを完全に支持するもので、実際的には、スプールがストリップの幅と少なくとも同じ長さであり、実際には、より長い

10

20

30

40

50

が、特別の条件を満たすために、ある状況では、わずかであるが、ストリップの幅より狭く、多分、約50mmまで短くてもよい。スプールの外径は、縁部領域3から中央領域2まで、一様な直径の平坦域に連続的に増加している。縁部と中央部との直径の差は、10mm以上である。ある用途では、縁部領域3は、コイルの狭い中央部だけを支持するように残して切り取られてもよい。そのような狭いスプール又は非常に高いクラウン領域2を有するスプールは、コイルの内側巻取り分を支持している。縁部領域2とクラウン3との間の高さの好ましい差は、0.02から1.0mmであり、好ましくは、0.05から0.3mmで、一層好ましくは、0.05から0.10mmである。

【0032】

スプール1の形状は、図3に示すプロフィールに合致するものでもよく、これは、直状の円筒形のスプール上で、外側巻取り分の半径方向のマンドレルを抜いた後の変位の予測モデルを示している。見て判るように、ストリップの最大変位、この場合は、0.07mmであるが、ストリップの中心部にあって、その変位は、最大値からおおよそ800mm幅の中心領域にわたって急速にゼロに低下する。しかし、最大変位量は、ストリップ上のクラウンの高さと、コイル中巻取り数に依存している。スプール1が図3に示す形状を有する場合には、アルミニウムストリップの内側巻取り分のフープ応力の分布は、外側巻取り分のフープ応力の分布と同様である。フープ応力は、ストリップの単位断面積当たりの巻取りコイルの外周方向に働いている引張り力の測定値である。

【0033】

本発明に従い改造したスプール1にアルミニウムストリップを巻き取る効果は、図4ないし図6に示してある。図4で、従来の直状円筒への巻取り中に、三つの巻取り分の幅を横切るフープ応力の分布が示してある。見てわかるように、最も内側がまき始められている間はフープ応力がストリップ幅の中央800mmに広がっているが、三番目の位置を巻き取るときには600mm広さに狭まっている。この効果は、コイルの大よそ50mmの積重ね(build up)で飽和している。マンドレルを引抜いた後は、ストリップ広さの500mmにわたって応力が反転して、内側の大きな圧縮応力の両側に残留応力の1/4ポケットを残している。

【0034】

図5は、図3に関連して説明した形状を有するスプールに巻取り中のアルミニウムストリップについて同様のフープ応力の分布を示すが、ここでは、巻取り中巻取り張力がストリップ幅の中央500mmだけ広がっているが、マンドレル除去後の中央部に張力ポケットはない。中央部にわたってクラウンを有する凸状のスプール形状を使用すると、平坦度を改善したストリップが得られる。その中央部でスプールの外径を少し変えただけでコイル応力に劇的な効果が得られる。

【0035】

図3に示した形状のスプールを作るのは困難かもしれないが、シート平坦度を同様に改善することの可能な形状は、容易に構成することができる。例えば、大よそ円筒状で変形可能なスプールは、スプールの中央部と縁部との間で直径が変わるようなマンドレルと組み合わせて、使用することができる。マンドレルが正クラウンであるとスプールは同様のクラウンに変形する。理想的には、マンドレルは、中央のクラウンの領域の両側でスプールがマンドレルと接触しないように構成することができる。

【0036】

しかしながら、好ましいスプール構造は、直状円筒スプールの中央部で高くなったクラウンを形成する或る長さのストリップを使用する。例えば、一様な直径の従来の円筒スプールを変更して、厚さ0.28mmで幅が約525mmの長さの短い金属ストリップ(例えば、アルミニウム)をスプールの中央部2付近に1回以上巻き着けてスリーブを作る。そこで、巻き取られるアルミニウムストリップは、この改変スプールに普通のように巻き取られる。スプールは金属から作る必要はなく、天然繊維、プラスチック、その他丈夫な材料から作ってもよい。また、スリーブがスプールの分離した一部であるときは、所望の厚さと幅に容易に成すことができる。図6は、上記改変したスプールを使用して3箇所につ

10

20

30

40

50

いてのフープ応力を示すが、判るように、その改変スプールの使用の効果は、図5に示したものと同様である。特に、ストリップの内側巻取り分には四分の一ポケットは、生じていない。図6は、460mm幅の矩形クラウンを有するスプールに基づいて描かれている。矩形状クラウンは、5mmの積重ね後には、コイルクラウンによって集中するその後の巻取り分の応力と同じに内側の巻取り分の応力を集中する。これで、ストリップの中央部でスプール径が増加した効果が、マンドレル除去後の内側巻取り分での幅方向範囲のフープ応力を低減させる。このことは、図4中の最初の位置でのフープ応力曲線を図6中の対応曲線と比較すればわかる。違いは、直径が増加した領域がコイルの中央部を支持して、その外側領域を支持しないまま絶対フープ応力が低いことから生じる。

【0037】

さらに次の実施例では、図7に示すが、従来の平坦な円筒スプール(不図示)を、アルミニウムストリップの巻取りに使用している。スプールの中央部でクラウンを設けるために、ストリップの先頭部をストリップの幅より狭い幅の舌状片11を形成するために加工している。スプール上中央部に舌状片11の先頭部12が位置付けられて、最初の一回以上の巻取り分が、スプールの中央部に積み重なる。その後、ストリップ10は、全幅になり、ストリップ巻取りが通常のように続く。このようにして、ストリップそれ自体の先頭部がスプールの凸状面を形成するのに使用して、張力が全幅のストリップのもっとも内側の巻取り分の中央部に働く。図7は、舌状片の三つの可能な形状を示している。図7Aにおいては、舌状片は矩形状であり、全幅に変化する実質的な段部がある(実際には角部に応力低減のために丸みを設けるが)。図7Bと図7Cとは、先頭の縁部から全幅部への緩やかな変化を使用して、ストリップが処理機を通過するとき、露出した角部の引掛かりの可能性を低下させる。図7Bと図7Cには、凹んだ曲りが示されているが、真直ぐな側部も利用できて、状況にあった最も良い形状が実験的に決められる。

【0038】

舌状片の長さIは、スプール回りの少なくとも一回の外周に等しくすべきであるが、これが十分な厚さにならないときは、より長い舌状片も利用でき、好ましくは、スプールの外周長さの倍数の長さに等しくし、倍数以外では、巻取り中に不平衡な力を生じる。

【0039】

さらに別の例は、図8に示すが、従来の平坦な円筒スプール(不図示)を使用して、ストリップ10がその先頭部で、薄い材料のシート13を一の面に附着するように改造されている。この材料は、例えば、接着剤で附着されたアルミニウムでよい。ストリップ10がスプール回りに巻取られたときには、シート13の厚さがストリップ10の幅の中央部でスプールの有効直径を増加させる働きをし、上述と同じ効果を与える。必要なら、さらに1枚以上のシート(不図示)をそのシートの上に着して、厚さを増してもよく、これらの余分のシートは、ストリップ10の反対面に附着されても良い。このように附着された余分のシートは、シート13と同じ形状である必要はないが、シート13に段差のある縁を作るので小さいほうが良い。

【0040】

ストリップの長手方向におけるシート13の長さは、少なくとも、スプールの外周に等しくし、可能なら、図7の舌状片11に関連して述べたように、その倍数にする。

【0041】

図9には、従来の直状円筒スプール、凸状のクラウン(正クラウン)スプール、及び、縁部スリーブを有するスプールについて、巻取り後24時間した第一の部分の幅にわたるクリープ歪みを示す。図9では、クリープ歪みが、

$$r \cdot 10^5$$

で定義されるi-単位で与えている。 r は、相対歪みであり、

$$r = L / L_0$$

で与えられ、ここで、 L = 長さ変化、 L_0 = ストリップの幅にわたる全位置における平均の初期長さである。

【0042】

10

20

30

40

50

図 9 から判るように、従来のスプールについては、歪みは、ストリップ幅の中央部両側 800 mm にわたって延びており、ストリップは、最も内側の巻取り分で、縁が波打ちした平坦度からのはずれを示しているように見える。凸状のクラウスプールに巻き取ったストリップでは、中央部から両側わずか 500 mm でより少ない縁波打ちのある平坦度外れを示している。縁スリーブのスプールでは、中央部と縁部の間の歪みに大きな差異と大きな平坦度外れを生じている。この後者は、先行技術の JP 11-179422 におおよそ対応している。

【0043】

図 10 において、クリーブ歪みに換算して (i-単位)、アルミニウムストリップの全長にわたって生じている平坦度の変化を示しており、従来のスプールについて示した図 1 と対照できる。最も顕著なのは、内側巻取り分で、図 1 のストリップ縁部に向けた正の歪みが図 10 からは消えていることである。波打ち縁効果の大きさも、図 10 においては、著しく低下している。図 10 は、こうして、従来の巻取り法を用いてよく見られるような平坦度外れ効果が、上述した輪郭を設けたスプールと巻取り法を使用すれば、避けることができるか少なくとも低減できることを実証している。

【0044】

正の輪郭を有するスプールもまた、スプールの軸方向端部を弱めることによっても達成できる。例えば、スプールの端部にスリットをスプール幅の約 1/4 の距離まで入れることができ、これは、コイルの圧縮荷重により端部を収縮させて (例えば、端部がマンドレルに支持されないか、または、マンドレルからの支持力低下するとき)、中央部を凸状クラウンにする。アルミニウムストリップの二三巻き後には、スプールによって有利な形状が採用できる。さらに別のものは、スプールの中央部の範囲を、端部とは違った材料で構成することもでき、中央部の材料は、スプールにストリップ材が巻き取られるとき端部領域が巻取りで圧縮荷重を受けて中央部よりも大きく変形するように、一層剛性にする。

【0045】

上記説明は、凸状スプールを用いて巻取りアルミニウムストリップの平坦度外れの効果を低減するのに焦点を当てている。平坦度外れの効果の制御は、巻取り中のストリップの張力を制御して調節することによっても可能である。平坦度外れの効果の軽減には、ストリップにかかる張力を、初期の巻取り分について、高くして、例えば、30 MPa までにし、外側巻取りの際には、低い張力に下げる。この張力低下は、ストリップ全長の半分まで行うことができる。しかし、この張力の低下は、ストリップ全長の三分の一までにすればより好ましい。

【0046】

凸状スプールの初めの予測モデルは、最初の巻取りの最大巻取り張力が、外側巻取り分のその 2 倍であり、その低減がコイルの 25 mm の積重ねを超えたときなされることを仮定して (従来法と呼ぶ)、作られていた。図 11 と図 12 は、巻取り張力の凸状スプールに巻き取ったアルミニウムストリップの平坦度に及ぼす効果を示している。図 11 では、巻取り直後のストリップの中心線に沿ったクリーブ歪みが、従来法を使用して従来の直状のスプールと、従来法を使用して凸状スプールと、初期 10 MPa の巻取り張力で凸状スプールと、初期 15 MPa の巻取り張力で凸状スプールとにそれぞれ巻き取ったアルミニウムストリップについてプロットしてある。最後の二つの場合は、巻取り張力を、コイルの最初の 15 mm の積重ねの過程で、初期値の半分に指数関数的に低減させた。コイル積重ねを続けるにつれて、クリーブが実質的には生じなくなるレベルまで、例えば、初期の張力の約 10 ないし 50% まで、張力を低下できるのは利点である。図 11 から、凸状スプールをもっと大きな巻取り張力と組み合わせると、コイルの内側巻取り分にクリーブ歪みが著しく大きくなり、初期張力が大きいほど、巻取り中の内側巻取り分の長手方向中央側の歪みが大きくなることわかる。図 12 は、比較のため同じであるが、巻取り後 24 時間後の例を挙げるが、初期巻取り張力が大きいと 24 時間後の内側巻取りの圧縮歪みが小さくなっている。図 12 から、15 MPa の初期巻取り張力では、そのストリップは、スプールに非常に近い巻取り分では平坦であり、波打った縁部は約 25 mm に積み重なる

10

20

30

40

50

。

【0047】

内側の巻取りを調節することができるような巻取り張力を調節する色々な構造のスプールと種々の方法の巻取りとの詳細を挙げているが、これらは、例示に過ぎず、本発明の精神と範囲は、上記特定の例に限定されるものではない。

【0048】

実施例

厚さ0.28mm、幅1050mmで正クラウンプロフィールに冷間圧延したAA1050合金を従来法を用いて、1750mmの外径のコイルに巻き取った。4つのコイルは、それぞれ以下のスプールで作った。

10

【0049】

- 1) 円筒スプール(比較例)
- 2) 円筒スプールで、1)に同様であるが、スプールの各端部に、中央部両側500mmの範囲にまで延び8個の等間隔のスリットを有する。
- 3) 1)に同様であるが、スプールの中心部に巻き取るアルミニウムストリップの0.15mm厚さ、500mm幅の一巻き分を有する。
- 4) 3)に同じであるが、ストリップの厚さ0.3mmである。

【0050】

巻取り後24時間して、コイルを巻き解いて、シート全長にわたって等間隔で、4m長さの平坦用サンプルを採った。サンプルは、スタート位置よりも、コイルのスプール縁部側に互いに近くで採った。サンプルを平坦な鋼製テーブル上において、変位計により、i-単位で歪みを表して、平坦度のずれの程度を測定することにより、平坦度を測定した。結果は、コイルの色々な点での平坦度外れの大きさの等高線でそれぞれ図13から図16にプロットした。すべての図で、0.25i-単位の段差の等高線で示してある。これらの図から、クラウンのあるスプールが、2.5倍程度で平坦度はずれが低減されたことが判る。これは著しい改善である。

20

【図面の簡単な説明】

【0051】

【図1】従来のスプールに巻き取ったアルミニウムストリップについてのクリープ歪みの予測モデルを示す。

30

【図2】本発明のスプールの模式的斜視図である。

【図3】従来の円筒のスプールに巻き取ったアルミニウムストリップの外側巻き取り分のマンドレルを取り外した後の変位の予測モデルを示す図。

【図4】従来のスプールに巻き取る過程のコイルの3点上の幅方向にわたるマンドレルを取り外した後のフープ応力の分布の予測図を示す。

【図5】本発明に関して図4と同じ三つの巻取り分の幅方向にわたるマンドレルを取り外した後のフープ応力の分布のモデル予測図を示す。

【図6】本発明に関して図4と同じ三つ巻取り分の幅方向にわたるマンドレルを取り外した後の別のフープ応力の分布のモデル予測図を示す。

【図7】A、B、Cは、巻き取るべきアルミニウムストリップの先端部の平面図であり、成形した端部を示す。

40

【図8】巻き取るべきアルミニウムストリップの先端部の平面図であり、成形した端部を示す。

【図9】従来のスプール、本発明のスプール、及びJP 11-17442の先行技術と同様のスプールについての巻取り直後半径方向5mmでの初めの巻取り分の幅方向にわたるクリープ歪みのモデル予測図を示す。

【図10】本発明の中央部スリーブを有するスプールに巻き取って12時間したアルミニウムストリップのクリープ歪みのモデル予測図を示す図。

【図11】始めの巻取り張力に対するクリープ歪みの予測モデルと巻取り直後のスプール輪郭を示す。

50

【図12】 始めの巻取り張力に対するクリープ歪みの予測モデルと巻取り12時間後のスプール輪郭を示す。

【図13】 巻取りストリップに実施された試験の結果を示すストリップ長さに沿った位置に対するストリップ幅方向に渡る位置のグラフを示す。

【図14】 巻取りストリップに実施された試験の結果を示すストリップ長さに沿った位置に対するストリップ幅方向に渡る位置のグラフを示す。

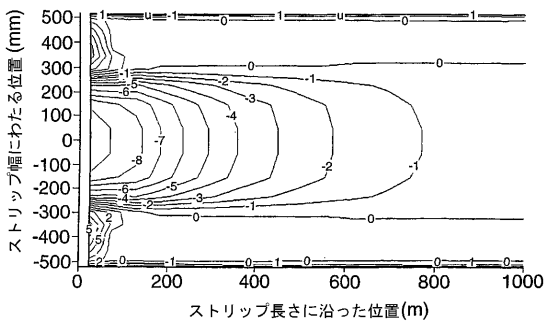
【図15】 巻取りストリップに実施された試験の結果を示すストリップ長さに沿った位置に対するストリップ幅方向に渡る位置のグラフを示す。

【図16】 巻取りストリップに実施された試験の結果を示すストリップ長さに沿った位置に対するストリップ幅方向に渡る位置のグラフを示す。

【図17】 巻取りの進行に従い加えられる巻取り張力の変化を示すグラフ。

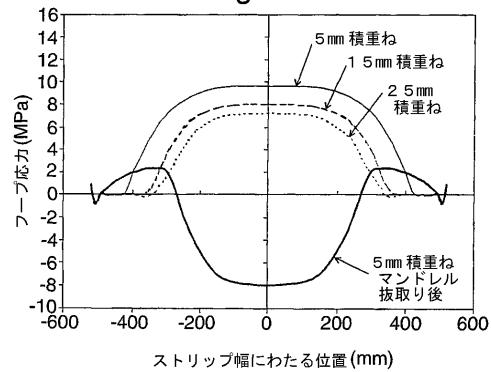
【図1】

Fig.1.



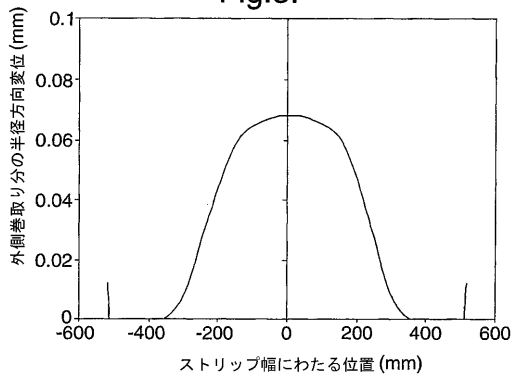
【図4】

Fig.4.



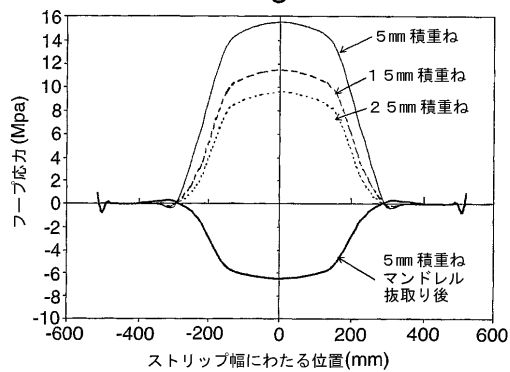
【図3】

Fig.3.



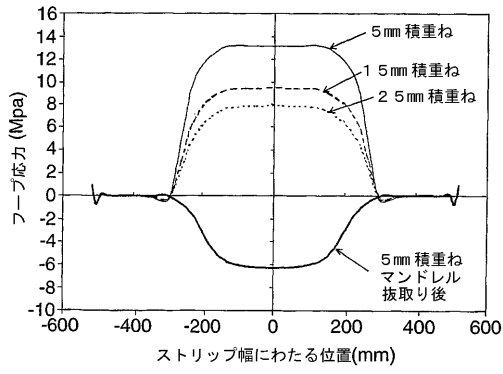
【図5】

Fig.5.



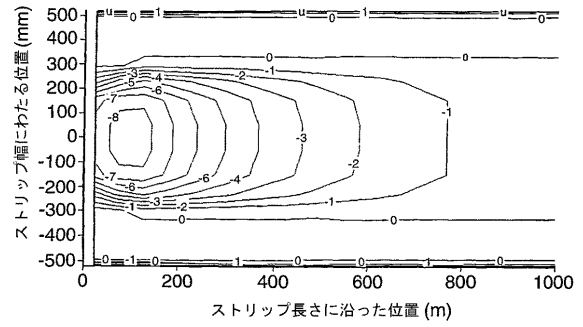
【 図 6 】

Fig.6.



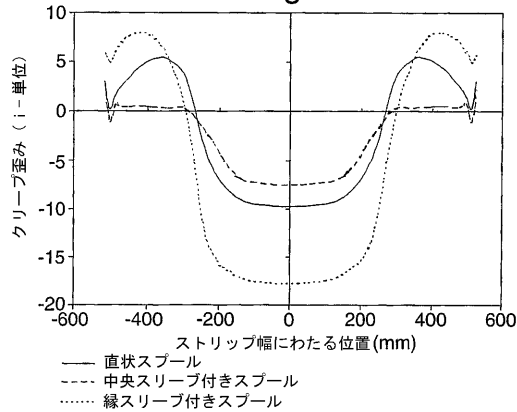
【 図 1 0 】

Fig.10.



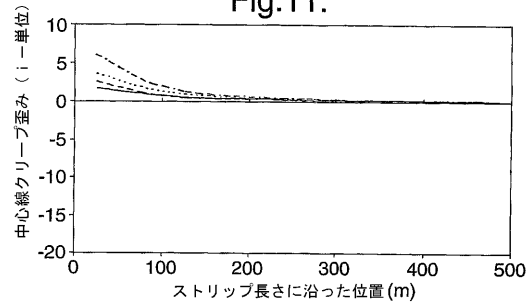
【 図 9 】

Fig.9.



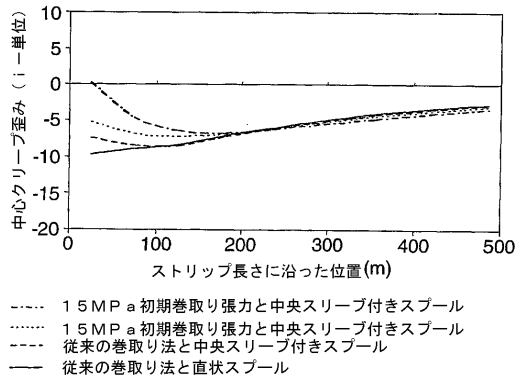
【 図 1 1 】

Fig.11.



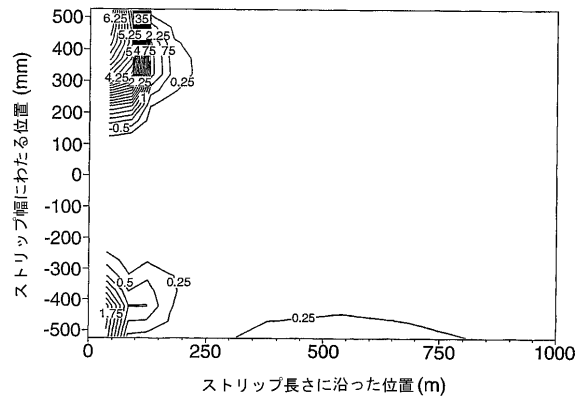
【 図 1 2 】

Fig.12.



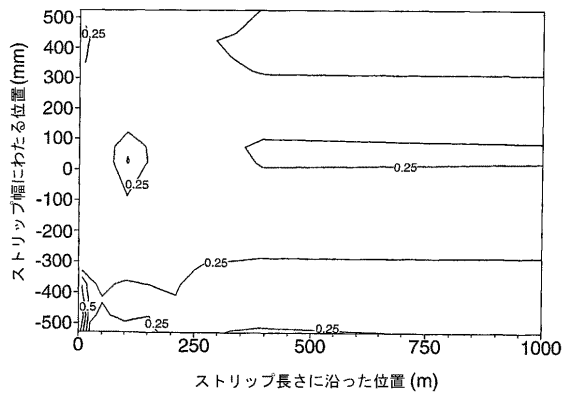
【 図 1 3 】

Fig.13.



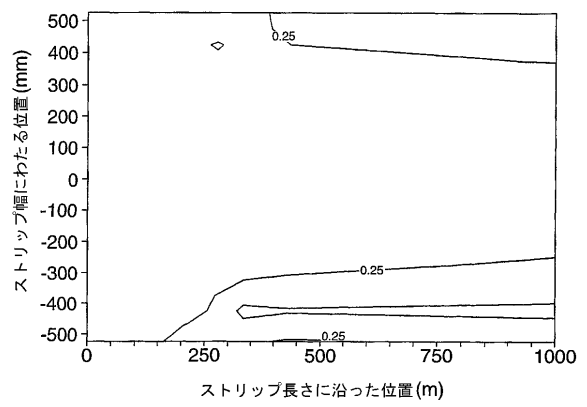
【 図 1 4 】

Fig.14.



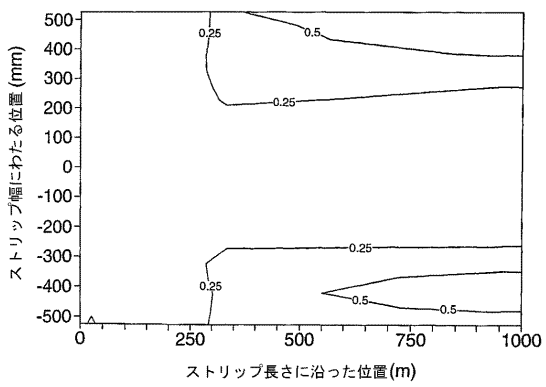
【 図 1 5 】

Fig.15.



【 図 1 6 】

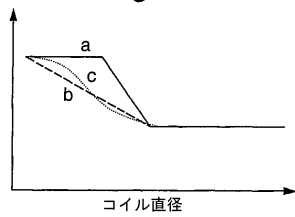
Fig.16.



【 図 1 7 】

巻取り応力

Fig.17.



【国際公開パンフレット】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau



(43) International Publication Date
13 June 2002 (13.06.2002)

PCT

(10) International Publication Number
WO 02/45876 A1

(51) International Patent Classification: B21C 47/02, 47/28, 47/30 (74) Agent: BOYDELL, John, Christopher; Stevens, Hewlett & Perkins, Halton House, 20/23 Holborn, London EC1N 2JD (GB).

(21) International Application Number: PCT/GB01/05351

(22) International Filing Date: 4 December 2001 (04.12.2001)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data: 00310770.3 4 December 2000 (04.12.2000) EP

(71) Applicant (for all designated States except US): ALCAN INTERNATIONAL LIMITED [CA/CA]; 1188 Sherbrooke Street West, Montreal, Quebec H3A 3G2 (CA).

(72) Inventors; and

(75) Inventors/Applicants (for US only): HOBBS, Andrew [GB/GB]; Banbury Laboratory, Southam Road, Banbury, Oxfordshire OX16 7SP (GB). WRIGHT, David, Skingley [DE/DE]; Haapstrasse 23, 37124 Rosdorf-Dammfeld (DE).

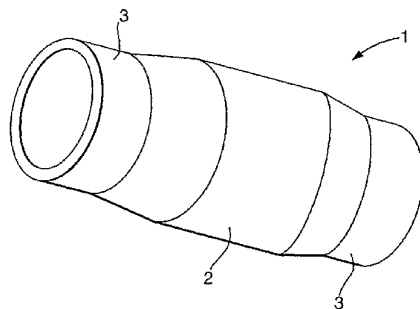
(81) Designated States (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(84) Designated States (regional): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Declaration under Rule 4.17: of inventorship (Rule 4.17(iv)) for US only

[Continued on next page]

(54) Title: STORAGE AND TRANSPORTATION OF ALUMINIUM STRIP



(57) Abstract: The invention is particularly directed to the problem of creep deformation in a coiled aluminium strip, which occurs during coiling and for a period thereafter. The problem arises because the profile of the strip across its width is not flat, and is in fact usually thicker in the middle than at the edges (positive crown). To cater for this, the invention provides that the spool (1) onto which the coil is wound is adapted to provide more support to the strip in the centre than at the edges. Various ways of achieving this are described; one example, as illustrated, is to make the central portion (2) of the spool (1) of greater diameter than the end portions (3) of the spool. A strip having a positive crown which is wound onto such a spool was found to exhibit significantly reduced creep strain, leading to reduced creep deformation.



WO 02/45876 A1

WO 02/45876 A1



Published:
— with international search report

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

STORAGE AND TRANSPORTATION OF ALUMINIUM STRIP

The present invention relates to a spool suitable for use in the storage and transportation of strip material made of aluminium or an alloy thereof, and to a method of coiling such material on a spool.

Aluminium strip material, such as that used in lithographic printing, is coiled under tension on large steel or fibre spools for storage and transportation. The spool is a large cylinder that has a uniform outer diameter and a length sufficient to completely support the width of the strip material, often in practice extending beyond the strip for a short distance either side. It is known that the coiling of aluminium strip material can affect the flatness of the strip. Aluminium strip material that was flat immediately before it was coiled onto a spool can become off-flat as the strip creeps under the uneven stresses that arise across the width of the strip. Aluminium presents a particular problem in coiling because it is much more prone to creep than, for example, steel.

The non-uniform stresses across the width of the strip when it is coiled arise from the fact that the thickness of the strip varies slightly across the width of the strip, with the strip usually being slightly thicker in the middle than at the edges (a positive crown). This variation in thickness results in the coil being slightly barrel-shaped, i.e. the coil has a larger diameter at its middle than at its edges. This further results in the middle of the coil carrying more of the coiling tension than the edges.

The manufacturing process for aluminium strip generally tries to ensure that the strip does have a positive crown since strip with a negative crown (implying that the outer edges are thicker than the centre) can result in unpredictable handling, particularly during later fabrication processes. Because the manufacturing process is a multi-step process, a margin of error needs to be built in to ensure that no part of the output has a negative crown. Thus the manufacturing process is set to deliberately provide a crown, typically such that the thickness in the central section is at least about 0.3% higher than that at the two opposing edge sections. Bearing

the margin of error in mind, this generally ensures that, at no point in the strip, is the crown such that the central section is less than about 0.1% greater in thickness than the opposing edge sections. Typically however the manufacturing process is set so that the crown is such that the central section is approximately 0.5% greater in thickness than the opposing edge sections, but up to 1% or even higher is possible, with 2% the practicable maximum.

Creep occurs during coiling, when it may be made easier by the slight warming of the aluminium that often occurs during cold rolling or during pre-treatment processes such as cleaning or during stoving after painting. Creep continues in the coil even at room temperature, until the stress is relaxed to the extent that the creep rate becomes insignificant.

As each lap of the aluminium strip is coiled under tension about the spool, each new lap imposes an incremental inward pressure on the material that has already been coiled onto the spool. This results in the flatness of the strip varying with respect to its position in the coil. For example, the strip from the outer laps of the coil (otherwise referred to as wraps) can buckle along the centre line of the strip whilst strip from the inner wraps can buckle along its edges. The former deviation from flatness is termed 'long-middle' whereas the latter deviation from flatness is termed 'wavy edges'.

When the aluminium strip is being coiled onto the spool, the spool is mounted on a mandrel which rotates the spool during the coiling procedure. Once the coiling of the strip has been completed, the spool is removed from the mandrel. Unfortunately, especially with fibre spools, the spool can deform under the pressure from the coiled strip which can further exacerbate the problems mentioned above with respect to off-flatness. The compressive force from the coil causes the spool to radially displace inwards which makes the inner laps shorter and so causes the tension in the inner laps to be reversed. Figure 1 is a model prediction of creep strain (in ϵ units) for a coil on a conventional spool 24 hours after coiling. The compressive (-ve) strain for the inner laps at the middle of the strip can

be clearly seen along with a large positive strain either side of the middle region of the strip. This model thus predicts the strip at the inner laps to have wavy edges with quarter pockets. Quarter pockets are formed by the buckling of the strip along parallel longitudinal lines inboard from each of the longitudinal edges of the strip approximately a distance equal to a quarter of the total width of the strip.

Schnell et al (Metallwissenschaftund Technik vol. 8 August 1986) have described the problem of off flatness and attempted to explain these effects but have not proposed any solution.

Attempts have been made to reduce the off-flatness caused by coiling but these attempts have generally focused on post processing of the strip to straighten the strip. However, in JP11-179422 a method is described for controlling the flatness of steel strip material that has a convex crown which utilises a contoured spool having a concave crown.

JP 09-057344 and JP 09-076012 both describe similar methods of winding steel strip material onto a mandrel. In both cases a narrow sleeve defining a convex crown is fitted on the mandrel and is positioned centrally of the width of the steel strip being coiled.

The present invention seeks to provide a system and a method of coiling aluminium strip on a spool in such a way as to reduce the deformation of the strip resulting from creep, and thereby improve the flatness of the strip. The present invention is particularly concerned with reducing the wavy-edge off-flatness in the inner laps of a coil of aluminium strip material.

As already mentioned, a conventional cylindrical spool defines an outer supporting surface for the strip material which is cylindrical in shape. If the strip material were of a constant thickness across its width, then the spool would provide a substantially constant support across the width of the strip material and the uneven stresses which cause creep would not arise. However, where the strip has a positive crown, the conventional spool gives a greater support to the strip at its middle than at its edges, the exact profile of this variation depending on the shape of the profile across the

strip. The aforementioned JP11-179422 seeks to cater for this by providing that the external shape of the spool inversely matches the external shape of the strip across its width, the purpose being to try to negate the uneven stresses caused by the variation in the thickness of the strip across its width, to thus emulate the situation which would occur if the strip had a constant thickness across its width; hence, for a strip having a positive crown the external shape of the spool is concave, and vice-versa.

In a first aspect of the invention there is provided a system for coiling of aluminium strip material, said system consisting of a coil assembly comprising a mandrel, a spool removably mounted on said mandrel and an aluminium strip material having a positive crown, said coil assembly having a supporting surface on which is to be coiled said strip material, and wherein the coil assembly is adapted so that its supporting surface provides a support profile in which the support provided by that part of the supporting surface which supports the crown is greater than that provided by the remaining part or parts of the supporting surface during coiling of at least the inner laps of the strip material.

The normal natural consequence of the rolling process by which the strip material is made is that the crown is positioned approximately centrally with respect to the width of the strip material; however, subsequent processing, for example the slitting of a wider strip to form narrower ones, may result in the crown being off-centre when it is coiled. The teaching of the present invention can be applied whatever the position of the crown, but it will be assumed herein that the crown is approximately centrally positioned with respect to the strip material, in which case, the support provided to the central portion of the strip material will be greater than that provided to opposing edge portions of the strip material during coiling of at least the inner laps of the strip material.

The support profile of the supporting surface may be provided by adaption of the shape and/or properties of the spool, or by adaption of the strip material to be wound thereon, or a combination of both.

Adaption of the coil assembly to enable its supporting surface to

provide the required support profile may be achieved in a number of ways. For example, the spool may be contoured to define a supporting surface which has a diameter at a central region which is greater than at its end regions. Thus, during coiling of the strip material, a larger tensile stress is applied to the central region of the strip than to its end regions, particularly in the inner laps of the coil.

The interface between the greater diameter in the central region and the lesser diameter at the end regions may be by way of one or more steps, or may be a smooth transition, or a combination of both, according to the circumstances. Thus the contour of the supporting surface may vary from a smooth convex surface, extending across the expected width of the strip material to be coiled, to a stepped cylindrical surface in which the central region has a greater diameter than the end regions, the central region having a width less than the width of the strip material to be coiled.

The use of a spool having such a convex supporting surface acts to alter the distribution of stress in the inner laps of the coiled strip, thereby reducing subsequent creep strain. Using the contoured spool of the present invention, the concentration of coiling tension in the middle of the strip width arises at the start of coiling. This reduces the amount of strip that must be discarded from the inner laps of a coil where strict flatness requirements apply. In contrast, on a normal plain cylindrical spool, the concentration of coiling tension arises only after some laps have been coiled. Hence, the present invention is of particular benefit when used with aluminium strip materials for which there are strict flatness requirements such as materials used in lithographic printing.

The required support profile may be achieved by altering the external physical profile of the spool itself, or by adding profiling elements to an otherwise plain cylindrical spool, or a combination of both techniques may be used. Thus, for example, a profiling element in the form of a sleeve may be fitted over the central region of a plain cylindrical spool to increase the effective diameter of the supporting surface of the spool in its central region. Such a sleeve will have a length which is less than the

width of the strip material to be coiled. This arrangement has the advantage that a plain cylindrical spool can be used; such spools can be manufactured very cheaply by simply cutting off suitable lengths from an elongate tube. Anything more complicated, such as a profiled tube, is likely to have to be manufactured as an individual item and is thus much more costly. In the industry, spools are regarded as throw-away items and therefore cost is an important factor.

Another way of utilising a plain cylindrical spool is to realise the aforementioned profiling element as the leading end of the strip material itself, for example by providing that the strip is formed, at its leading end, with a tongue which is narrower in width than the remainder of the strip. The tongue has a length, in the longitudinal direction of the strip, which is approximately equal to the circumference of the outer surface of the spool. Thus, as coiling commences, the first lap is formed by the narrow tongue which thus effectively forms a profiling element as described above. The thickness of the tongue, and hence the profiling element so formed, is conveniently equal to the thickness of the strip material; if a thickness greater than this is required, then the length of the tongue can be increased to provide two or even more turns, before the full width of the strip commences. Preferably the length of the tongue is equal to n times the outer circumference of the spool, where n is an integer.

In an embodiment, the width of the tongue increases from a smaller width to the full width of the strip material during the first few laps of the strip material about the coil assembly.

Another way of adapting the aluminium strip material to provide the required support profile is an arrangement in which a sheet of, for example, aluminium, is attached, for example by adhesive, mechanical fixing, welding, or spot welding to a surface of the leading end of the strip material, said sheet having a width narrower than that of the strip material, and being centrally located with respect to the width of the strip material, said sheet of material being effective, as the strip material is coiled, to provide the spool with an effective outer diameter at a central region of the

WO 02/45876

PCT/GB01/05351

7

spool that is greater than the effective outer diameter of the spool at opposing end regions of the spool. Preferably said sheet of material has a length, in the longitudinal direction of the strip material, which is approximately equal to n times the outer circumference of the spool, where n is an integer.

5 An alternative way of adapting the spool to provide the required support profile is to alter the support strength provided by the spool along the length of its supporting surface. When the strip is coiled onto the spool, compressive forces act radially inwards on the spool, thus causing compression of the spool material. Conventionally, the spool is
10 constructed with a constant cross section in the direction of its axis, at least along that part of its length which defines the supporting surface. This ensures that any distortion of the spool caused by these compressive forces is substantially constant across the width of the strip material being coiled. If, however, the cross section is not constant along the axis then
15 the effect of the compressive forces will be different across the length of the supporting surface. This translates into a different effective support for the strip material being coiled according to its position across the width. Thus, for example, if the cross section of the centre region of the spool is greater
20 than at the end regions, then the required support profile can be achieved even if the supporting surface itself has a conventional plain cylindrical shape. A similar effect can be achieved by weakening the support which the material of the spool is capable of providing in certain select regions by removing material to reduce its strength without necessarily changing the
25 shape of the supporting surface itself. For example, the support which the end regions of the supporting surface provides can be reduced with respect to that provided by the central region by cutting slits into the material of the spool to form fingers at the ends, which partially collapse (i.e. move inwards) when the coil is wound onto the spool.

30 A further way of adapting the spool so that its supporting surface exhibits the required support profile is to vary the stiffness or rigidity of the material of the spool along its length, for example by forming the central

region of a material having a greater stiffness or rigidity than the material of the opposing end regions. This can be changed by altering the inherent stiffness or rigidity of the material itself, or by locally weakening the material by forming apertures or slits, somewhat in the manner discussed above.

- 5 It has already been mentioned that, in conventional practice, the spool is mounted on a mandrel, the mandrel being caused to rotate the spool during coiling. It is possible to use the mandrel to adapt an otherwise conventional spool to cause its supporting surface to provide a support profile which varies along its length in the manner described above.
- 10 Thus, for example, the mandrel may be such as to deform the spool when in place on the mandrel such that the diameter of the supporting surface of the spool in the central region is greater than that at the opposing end regions. In such a case, the mandrel would normally be of the expanding type, whereby it could be collapsed for removal after coiling is completed.
- 15 A combination of these various techniques can be used to achieve the desired support profile.

- In an embodiment, the spool is adapted such that the support profile of its supporting surface matches, at least approximately, the shape of a graph representing the radial displacement of an outer lap of a strip material of the same type as that to be coiled, which strip material has been coiled on a conventional right cylindrical spool, after removal of the mandrel.
- 20

- In a second aspect the present invention provides a method of coiling aluminium strip material having a positive crown wherein the strip material is fed to a coil assembly comprising a spool and a mandrel; the coil assembly is rotated thereby coiling the strip material about a supporting surface of the coil assembly; and thereafter the mandrel is removed, said method being characterised in that, during coiling of at least the inner laps of the coiled strip material, the coil assembly is adapted so that its
- 25
- 30 supporting surface provides a support profile in which the support provided by that part of the supporting surface which supports the crown is greater than that provided by the remaining part or parts of the supporting surface.

In a further alternative, either alone or in combination with the above aspects of the invention, a tension force is applied to the aluminium strip as it is being coiled. Tension is not applied until the leading end of the strip has become firmly gripped to the spool, this usually being shortly after the turns begin to overlap at the completion of the first lap. Preferably the initial laps of the strip are coiled at a first higher tension and a second lower tension is applied to later laps of the strip as it is being coiled. Thus, most of the coil is coiled with the strip under a nominal tension, sufficient to hold the coiled coil in a stable state for storage and transportation. This second (nominal) tension is preferably at least 10% lower than the first, higher, tension and is more preferably at least 20% lower. In addition, the second tension is preferably no greater than 80% lower than the first tension and is more preferably no greater than 50% lower. The coiling tension may be continuously reduced from the higher tension to the lower tension and this reduction to the lower tension is preferably performed during the first half of the total laps of the coil. This is illustrated conceptually in Figure 17 which shows a short level section (curve a) at a higher tension, followed by the remainder at a lower tension – the nominal tension. The transformation from the higher tension to the nominal tension may be relatively rapid, as shown by curve a, or may be slower, with or without a shorter section at the higher tension, as shown by curves b and c. The tension build-up associated with the first lap is not shown.

Reference herein to aluminium is to be understood as a reference to aluminium and its alloys.

Reference is also made herein to flatness and to off-flatness. In the context of this document off-flatness is to be understood to be the difference in strain across the width of the strip as measured at different positions along the longitudinal or coiling direction of the strip.

Embodiments of the present invention will now be described by way of example with reference to and as shown in the accompanying drawings, in which:

Figure 1 illustrates a model prediction of the creep strain for an

aluminium strip coiled on a conventional spool;

Figure 2 is a schematic perspective view of a spool in accordance with the present invention;

5 Figure 3 illustrates a model prediction of the radial displacement of the outer lap of an aluminium strip coiled on a conventional right cylindrical spool after removal of the mandrel;

Figure 4 illustrates a model prediction of the distribution of hoop stress across the width of three different positions in a coil during coiling on a conventional spool, and after removal of the mandrel;

10 Figure 5 illustrates a model prediction of the distribution of hoop stress across the width of the same three laps as for Figure 4 during coiling on a spool, and after removal of the mandrel, in accordance with the present invention;

15 Figure 6 illustrates a model prediction of the distribution of hoop stress across the width of the same three laps as for Figure 4 during coiling on an alternative spool, and after removal of the mandrel, in accordance with the present invention;

Figure 7A, B, C are diagrammatic plan views of the leading end of an aluminium strip to be coiled, showing shaped end sections;

20 Figure 8 is a diagrammatic plan view of the leading end of an aluminium strip to be coiled, showing a modified end section.

25 Figure 9 illustrates a model prediction of the creep strain across the width of the first lap 5 mm radially from the spool immediately after coiling for a conventional spool and for a spool in accordance with the present invention and a spool similar to the prior art spool of JP11-179422;

Figure 10 illustrates a model prediction of the creep strain for an aluminium strip coiled on a spool having a centre sleeve in accordance with the present invention, 24 hours after coiling;

30 Figure 11 illustrates a model prediction of creep strain with respect to initial coiling tension and spool contour immediately after coiling;

Figure 12 illustrates a model prediction of creep strain with respect to initial coiling tension and spool contour 24 hours after coiling;

Figures 13 to 16 are graphs of position across strip width against position along strip length illustrating the results of various tests carried out on coiled strips; and

5 Figure 17 is a graph to illustrate the variation of applied coiling stress as the coiling proceeds.

A spool 1 for use in the storage and transportation of aluminium strip material is shown in Figure 2. The spool 1 is approximately cylindrical but has a central crown region 2 where the outer diameter of the spool is greater than at the edge regions 3. The length of the spool is such as to
10 fully support the strip material, which means in practice that the spool is at least as long as the width of the strip, and may indeed be longer; however, under certain circumstances, the spool may be very slightly shorter – perhaps by up to about 50 mm – than the width of the strip to meet certain specialist requirements. The outer diameter of the spool increases
15 continuously to a plateau of uniform diameter from the edge regions 3 to the centre region 2. The difference between the diameter of the end and centre regions can be as great as 10mm or more. For some applications the edge regions 3 can be cut away to leave only a narrow spool supporting just the centre of the coil. Such a narrow spool or a spool
20 having a very high crown region 2 could mark the inner laps of the coil. The preferred difference in height between the edge regions 2 and the crown 3 is 0.02 to 1.0mm, preferably 0.05-0.3 mm still more preferably 0.05 to 0.10 mm.

The shape of the spool 1 may alternatively match the profile shown
25 in Figure 3 which is a model prediction of the radial displacement of an outer lap on a right cylindrical spool after removal of the mandrel. As can be seen, the maximum displacement of the strip, in this case, 0.07 mm, is at the centre of the strip and the displacement rapidly decreases to zero from the maximum over a central region approximately 800 mm wide.
30 However, the maximum displacement will depend on the height of the crown on the strip and the number of laps in the coil. Where the spool 1 has the shape shown in Figure 3 the distribution of hoop stress while

coiling the inner laps of the aluminium strip would be similar to the distribution of hoop stress for the outer laps. The hoop stress is a measure of the tension force, acting in the circumferential direction of the coiled strip, per unit cross section area of strip.

5 The effect of coiling an aluminium strip on a spool 1 modified in accordance with the invention is illustrated with reference to Figures 4 to 6. In Figure 4 the distribution is shown of hoop stress across the width of three laps during coiling on a conventional right cylindrical spool. As can be seen the coiling tension is carried by in excess of the middle 800 mm of strip width whilst the innermost position is being coiled but this is reduced to only 600 mm when coiling the third position. This effect saturates after approximately 50 mm build-up of coil. After the mandrel is removed from the spool the reversal of the stress extends over the middle 500 mm of strip width and leaves quarter pockets of residual tension in the strip either side of the large compressive stress, at the inner position.

15 In Figure 5 a similar distribution of hoop stress is shown for an aluminium strip being coiled on a spool having the shape described above with reference to Figure 3. Here it can be seen that the coiling tension is carried by the middle 500 mm of the strip width throughout coiling and no tension pockets will be formed in the inner position after the mandrel is removed from the spool. Thus, using a spool shape that is convex with a crown across its centre region, a strip with improved flatness can be achieved. Even a small variation in the outer diameter of the spool at its central region can produce a dramatic effect to the coil stress.

20 Although it may be difficult to construct a spool having the shape described in Figure 3, shapes capable of achieving similar improvements in sheet flatness can be easily constructed. For example, an approximately cylindrical deformable spool may be used in conjunction with a mandrel that varies in diameter between the centre of the spool and the spool edges. If the mandrel has a positive crown the spool deforms to a similar crown. Ideally, the mandrel is constructed so that the spool is not in contact with the mandrel either side of the central crown region.

However, the preferred spool structure utilises a length of strip to create a raised crown for the centre region of a plain cylindrical spool. For example, a conventional cylindrical spool, having uniform diameter, is converted by means of a short length of metallic (e.g. aluminium) strip

5 having a gauge of approximately 0.28 mm gauge and a width of around 525 mm which is wound with one or more turns around the centre region 2 of the spool to form a sleeve about the centre region of the spool. The aluminium strip to be coiled is then wound around the outside of the converted spool in the usual manner. It will, of course, be appreciated that

10 the sleeve need not be made from a metallic material and may instead be of natural fibre, plastic or other durable material. Also, as the sleeve is a separate part of the spool it can easily be constructed to the desired gauge and width. Figure 6 shows the distribution of hoop stress for the same three positions using the converted spool described above and as can be

15 seen the effect of using the converted spool is similar to that of Figure 5. In particular quarter pockets on the inner laps of the strip are avoided. Figure 6 was produced on the basis of a spool having a rectangular crown 460 mm wide. The rectangular crown concentrates the hoop stress of the inner laps, for example after 5 mm build-up, into the same width as the stress in

20 the subsequent laps is concentrated by the coil crown. Thus, the effect of the increased spool diameter in the central portion of the strip is to reduce the width-wise range of hoop stress in the inner laps after the mandrel has been removed. This can be seen by comparing the hoop stress curves for the first position in Figure 4 with the corresponding curve in Figure 6. The

25 difference comes about because the region of increased diameter supports the central part of the coil, leaving the outer regions unsupported and thus with low absolute hoop stress.

In a further alternative embodiment, illustrated in Figure 7, a conventional plain cylindrical spool (not shown) may be used for coiling an

30 aluminium strip 10. In order to provide the crown at the centre region of the spool, the leading end of the strip is shaped to form a tongue 11 having a width less than that of the strip 10. With the leading edge 12 of the

tongue 11 centred on the spool, the first one or more laps of the strip build up to form a crown at the centre region of the spool. Thereafter, the strip 10 becomes full width and coiling of the strip continues in the usual manner. In this way the leading end of the strip itself is used to create the convex surface of the spool to ensure that the tensile stress is applied to the centre region of the innermost laps of the strip at its full width. Figure 7 shows three possible shapes for tongue 11. In Figure 7A, the tongue is rectangular in shape, with a substantial step change to full width (although in practice corners would preferably be rounded to reduce stress). In Figures 7B and 7C, a gradual transition from the leading edge 12 to full width is used, thus reducing the likelihood of snatching of the exposed corners as the strip passes through the processing machinery. Although concave curves are shown in Figures 7B and 7C, straight sides could also be used, the best shape for the circumstances being determined by experiment.

The length l of the tongue should be at least equal to a single turn around the circumference of the spool; however, if this does not give sufficient thickness a longer tongue can be used, preferably of length equal to a multiple of the circumferential length of the spool, since other than a multiple would lead to unbalanced forces during coiling.

In a still further alternative, illustrated in Figure 8, a conventional plain cylindrical spool (not shown) is used, and the strip 10 adapted by attaching to one face, at the leading end, a sheet 13 of thin material. This material may, for example, be aluminium which is attached by adhesive. It will be seen that, as the strip 10 is coiled around the spool, the thickness of sheet 13 acts to increase the effective diameter of the spool in the central section of the width of the strip 10, thus giving the same effect as described above. One or more further sheets (not shown) may be attached on top of sheet 13 to increase the thickness, as required, and these extra sheets may be attached to the opposite surface of strip 10. The "extra" sheet or sheets thus applied need not necessarily be the same size as sheet 13, but could be smaller to provide a stepped edge or edges to sheet 13.

The length of sheet 13 in the longitudinal direction of the strip 10 will be at least equal to the circumferential length of the spool and possibly a multiple thereof, as discussed above with reference to the tongue 11 of Figure 7.

- 5 In Figure 9 the creep strain across the width of the first position 24 hours after coiling is illustrated for a conventional right cylindrical spool, a spool having a convex (positive) crown, and a spool having edge sleeves. In Figure 9, creep strain is given in i-units which are defined as

$$\varepsilon_r \cdot 10^5$$

- 10 where ε_r is the relative strain, given by:-

$$\varepsilon_r = \Delta L / L_a$$

where

ΔL = change in length

L_a = average of original lengths of all positions across the width of the strip

- 15 As can be seen in Figure 9, for the conventional spool the strain extends over the middle 800 mm of the strip width so that the strip at the innermost superlap is likely to exhibit wavy edge off-flatness. For a strip coiled on a convex spool the strain extends over only the middle 500 mm of width and will exhibit less wavy edge off flatness. The spool with the edge
20 sleeves produces massive differences in strain between the centre and the edge and consequently a large off flatness. This latter corresponds approximately to the prior art spool of JP 11 17 94 22.

- In Figure 10 the flatness change over the entire length of the aluminium strip in terms of creep strain (in i units) is illustrated and may be
25 compared with Figure 1 for a conventional spool. Most notably, for the inner laps the positive strain towards the edges of the strip in Figure 1 is missing from Figure 10. Also the magnitude of any wavy edge effects is greatly reduced in Figure 10. Figure 10 thus illustrates that the off-flatness effects likely to be found using conventional coiling methods can be
30 avoided or at least reduced using the contoured spool and the coiling method described above.

The positive contours of the spool may also be achieved by

weakening the axial ends of the spool. For example, slits may be cut into the ends of the spool up to a distance of approximately $\frac{1}{4}$ the width of the spool which would cause the ends to collapse under the compressive load of the coil (for example when the ends are not supported by the mandrel or when the support from the mandrel is withdrawn) to form a central convex crown. Here too the beneficial shape is adopted by the spool only after a few laps of the aluminium strip. In a further alternative, the central region of the spool may be constructed of a different material to that of the edge regions with the material of the central region being more rigid so that as the strip material is coiled onto the spool the edge regions produce a greater deflection in response to the compressive load of the laps than the central region.

The above description has focused on utilising a convex spool to reduce the off-flatness effects of a coiled aluminium strip. It is also possible to control off-flatness effects through controlling and adjusting the tension of the strip as it is being coiled. To reduce off-flatness effects the tension applied to the strip must be higher, for example up to 30 MPa, for the initial laps of the coil and then be reduced to a lower tension for the outer laps of the coil. This reduction in tension can extend over up to half the entire length of the strip. However, it is preferable if the reduction in tension is limited to the first third of the entire strip length.

The earlier model predictions for a convex spool were all generated assuming that the maximum coiling tension for the initial laps was about twice that of the outer laps the reduction being effected over about the first 25 mm of build up of the coil (referred to as the conventional practice). In Figures 11 and 12 the effect of coiling tension on the flatness of aluminium strip coiled onto a convex spool is illustrated. In Figure 11 creep strain along the centre line of the strip, immediately after coiling, is plotted for an aluminium strip coiled onto a conventional plain spool using conventional practice; onto a convex spool using conventional practice; onto a convex spool using an initial coiling tension of 10 MPa; and onto a convex spool using an initial coiling tension of 15 MPa. In the last two cases, the coiling

- tension was decreased exponentially to about half the original value during the first 15mm build up of the coil. As the coil continues to build up, it can be advantageous to decrease the tension still further to a level that does not cause significant creep to occur e.g. to around 10 to 50% of the starting tension. It can be clearly seen from Figure 11 that the use of a convex spool in combination with a much higher initial coiling tension greatly increases the creep strain in the strip for the inner laps of the coil and indeed that the larger the initial tension, the larger the long middle strain in the inner laps during coiling. In Figure 12, which provides the same examples for comparison but for creep strain 24 hours after coiling, it can be seen that the larger the initial coiling tension the smaller the compressive strain in the inner laps after 24 hours. From Figure 12 for an initial coiling tension of 15 MPa, the strip is flat for the laps very close to the spool and then a wavy edge builds up at around 25 mm.
- Whilst details are given of different structures of spools and different methods of adjusting coil tension for enabling the stress in the inner laps to be adjusted, these are only examples and the spirit and scope of the present invention is not restricted to the particular examples given above.
- Example
- AA1050 sheet cold rolled to a thickness of 0.28mm and width of 1050mm with a positive crown profile was wound into coils 1750mm in diameter using the conventional practice. Four coils were made one on each of the following spools:
- 1) Cylindrical spool (comparative example)
 - 2) Cylindrical spool as in (1) but with eight equally spaced slits in each end of the spool extending to the edge of the central 500mm region.
 - 3) As in (1) but with a single lap of 0.15mm thick 500mm wide aluminium strip wound round the centre of the spool
 - 4) As in (3) but with a strip 0.3mm thick
- 24 hours after coiling the coils were unwound and flatness samples 4m long were taken at intervals along the entire length of the sheet. Samples

were taken closer together towards the spool end of the coil than at the start. Flatness was measured by placing the samples on a flat steel table and measuring the levels of any off-flatness, represented as strain in μ -units, by means of displacement transducers. The results are plotted in

- 5 Figures 13 to 16 respectively showing contours of levels of off-flatness for various positions in the coil. The same contour steps, of 0.25 μ -units, have been used for all graphs. From the figures it will be seen that the crowned spools reduced the level of off-flatness by a factor of about 2.5. This is a significant improvement.

CLAIMS

1. A system for coiling of aluminium strip material, said system consisting of a coil assembly comprising a mandrel, a spool removably
5 mounted on said mandrel and an aluminium strip material having a positive crown, said coil assembly having a supporting surface on which is to be coiled said strip material, and wherein the coil assembly is adapted so that its supporting surface provides a support profile in which the support provided by that part of the supporting surface which supports the crown is
10 greater than that provided by the remaining part or parts of the supporting surface during coiling of at least the inner laps of the strip material.
2. A system as claimed in claim 1 wherein the crown is located in a central portion of the width of the strip material, and wherein the support provided to said central portion of the strip material is greater than that
15 provided to opposing edge portions of the strip material.
3. A system as claimed in either one of claims 1 or 2, further including one or more tensioning rolls and a tension control device adapted to control the tension of the strip material as it is coiled from a first higher tension to a second lower tension.
- 20 4. A system as claimed in any one of claims 1 to 3 wherein the spool has a length at least equal to the width of the strip material.
5. A system as claimed in any one of claims 1 to 4 wherein the support profile of said supporting surface is provided by adaption of the spool.
6. A system as claimed in claim 5, wherein the spool has an outer
25 diameter at that part of the spool which supports the crown that is greater than the outer diameter of the spool at one or both opposing end regions of the spool.
7. A system as claimed in claim 6, wherein the spool is contoured to have an outwardly projecting crown over said part of the spool.
- 30 8. A system as claimed in claim 7, wherein the outwardly projecting crown is rectangular.
9. A system as claimed in claim 5, wherein the spool is cylindrical and

of substantially uniform diameter and has slits extending from one or both ends of the spool.

10. A system as claimed in claim 9, wherein the slits extend approximately $\frac{1}{4}$ of the entire length of the spool.

5 11. A system as claimed in claim 5, wherein that part of the spool which supports the crown is formed of a material having greater rigidity than the material of one or both of the opposing end regions of the spool.

12. A system as claimed in any one of claims 1 to 4 wherein the support profile of said supporting surface is provided by means separate from the spool.

10 13. A system as claimed in claim 12 wherein said spool is of plain cylindrical shape.

14. A system as claimed in either one of claims 12 or 13 wherein the support profile of said supporting surface is provided by an outer sleeve mounted about that part of the spool which supports the crown, the outer sleeve having a width less than the width of the strip material.

15 15. A system as claimed in claim 14 wherein said outer sleeve is cylindrical in shape and is fitted over said spool so that the spool has an effective outer diameter at said part of the spool that is greater than the effective outer diameter of the spool at one or both opposing end regions of the spool.

16. A system as claimed in either one of claims 12 or 13 wherein the support profile of said supporting surface is provided by shaping of the strip material.

25 17. A system as claimed in claim 16 wherein the leading end of the strip material is formed as a tongue having a width narrower than the width of the strip material, said tongue being effective, as the strip material is coiled, to provide the spool with an effective outer diameter at that part of the spool which supports the crown that is greater than the effective outer diameter of the spool at one or both opposing end regions of the spool.

30 18. A system as claimed in claim 17 wherein the length of the tongue, in the longitudinal direction of the strip material, is approximately equal to n

times the outer circumference of the spool, where n is an integer greater than zero.

19. A system as claimed in claim 16 wherein a sheet of material is attached to a surface of the leading end of the strip material, said sheet having a width narrower than that of the strip material, said sheet of material being effective, as the strip material is coiled, to provide the spool with an effective outer diameter at that part of the spool which supports the crown that is greater than the effective outer diameter of the spool at one or both opposing end regions of the spool.
20. A system as claimed in claim 19 wherein said sheet of material has a length, in the longitudinal direction of the strip material, which is approximately equal to n times the outer circumference of the spool, where n is an integer greater than zero.
21. A system as claimed in either one of claims 19 or 20 wherein said sheet is made of aluminium.
22. A system as claimed in either one of claims 12 or 13 wherein the support profile of said supporting surface is provided by a length of material which is wound one or more times around the spool prior to coiling, said length of material having a width narrower than that of the strip material, said length being effective to provide the spool with an effective outer diameter at that part of the spool which supports the crown that is greater than the effective outer diameter of the spool at one or both opposing end regions of the spool.
23. A system as claimed in any one of the preceding claims wherein the support profile of said supporting surface matches, at least approximately, the shape of a graph representing the variation of the radial displacement of an outer lap of a strip material of the same type as that to be coiled, which strip material has been coiled on a conventional plain cylindrical spool.
24. A method of coiling aluminium strip material having a positive crown wherein the strip material is fed to a coil assembly comprising a spool and a mandrel; the coil assembly is rotated thereby coiling the strip material

about a supporting surface of the coil assembly; and thereafter the mandrel is removed, said method being characterised in that, during coiling of at least the inner laps of the coiled strip material, the coil assembly is adapted so that its supporting surface provides a support profile in which the support provided by that part of the supporting surface which supports the crown is greater than that provided by the remaining part or parts of the supporting surface.

25. A method as claimed in claim 24 wherein the crown is located in a central portion of the width of the strip material, and wherein the support provided to said central portion of the strip material is greater than that provided to opposing edge portions of the strip material.

26. A method as claimed in either one of claims 24 or 25 wherein, whilst the initial laps of the strip material are being coiled, a first higher tension is applied to the strip material and a second lower tension is applied to later laps of the strip material as it is being coiled.

27. A method as claimed in any one of claims 24 to 26 wherein the mandrel deforms the spool when in place within the spool such that the outer diameter of the spool in that part which supports the crown is greater than the outer diameter of the spool at one or both opposing end regions and wherein the mandrel is collapsible for removal of the coil.

28. A method as claimed in any one of claims 24 to 26 wherein, prior to coiling, a length of material is wound one or more times around the spool, said length of material having a width narrower than that of the strip material to provide an effective diameter of the spool which is greater at that part thereof which supports the crown than at one or both of its opposing end regions.

29. A method as claimed in any one of claims 24 to 26 wherein the leading end of the strip material is formed with a tongue having a width which is less than that of the strip material, and wherein coiling commences with said tongue so that the tongue effectively profiles the supporting surface of said spool such as to define an effective diameter at that part thereof which supports the crown greater than that at one or both of its

opposing end regions.

30. A method as claimed in claim 29, wherein the width of the tongue increases from a smaller width to the full width of the strip material during the first few laps of the strip material about the coil assembly.

- 5 31. A method as claimed in any one of claims 24 to 26 wherein a sheet of material is attached to a surface of the leading end of the strip material, said sheet having a width narrower than that of the strip material, said sheet of material being effective, as the strip material is coiled, to provide
- 10 the spool with an effective outer diameter at that part of the spool which supports the crown that is greater than the effective outer diameter of the spool at one or both opposing end regions of the spool.

Fig.1.

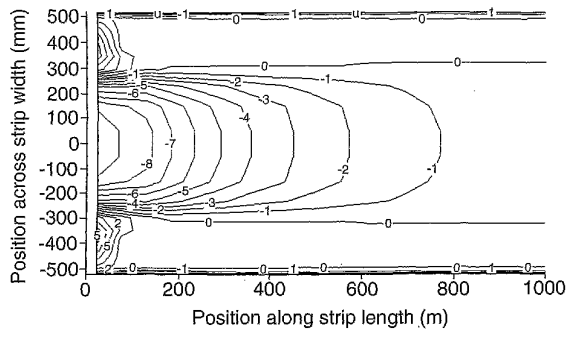


Fig.2.

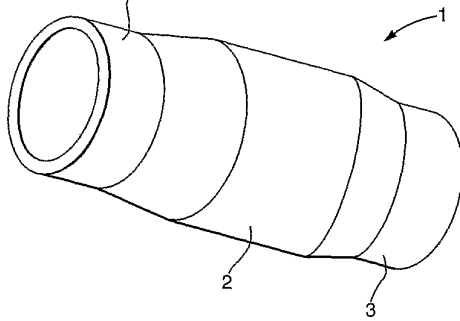


Fig.3.

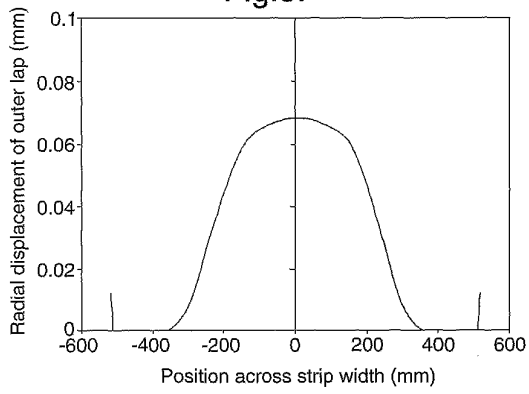


Fig.4.

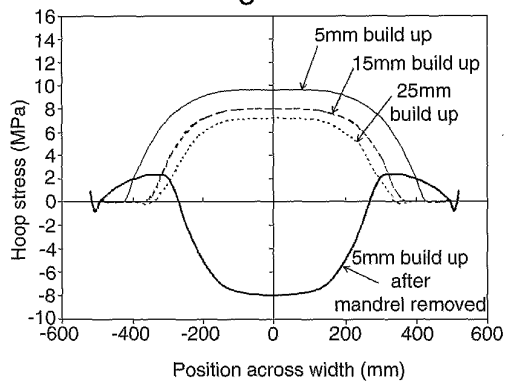


Fig.5.

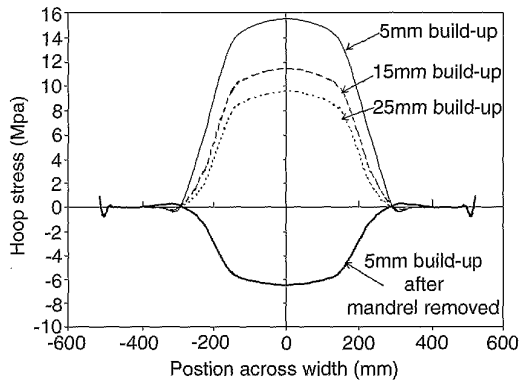
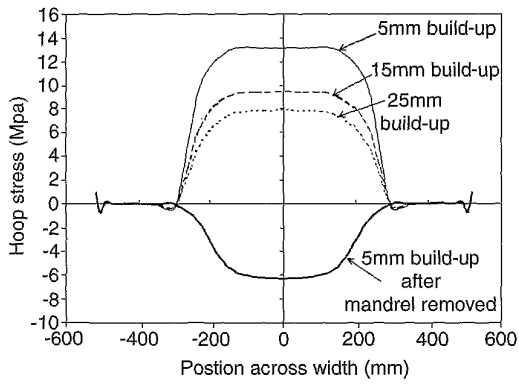


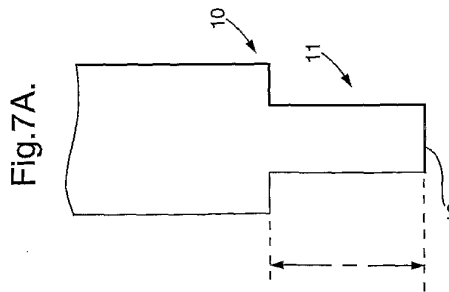
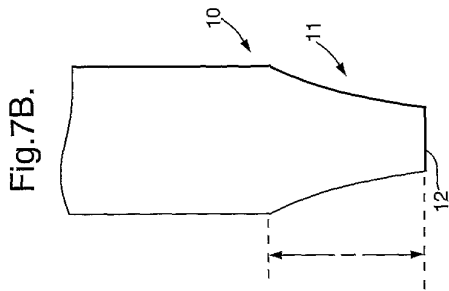
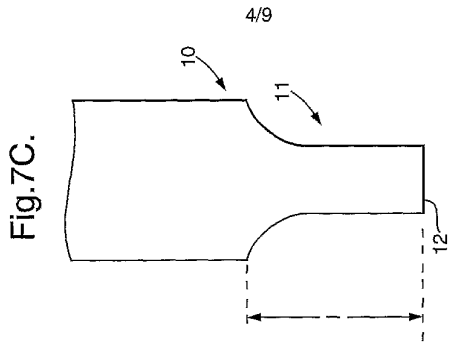
Fig.6.



WO 02/45876

PCT/GB01/05351

4/9



SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

Fig.8.

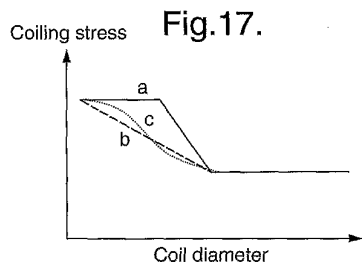
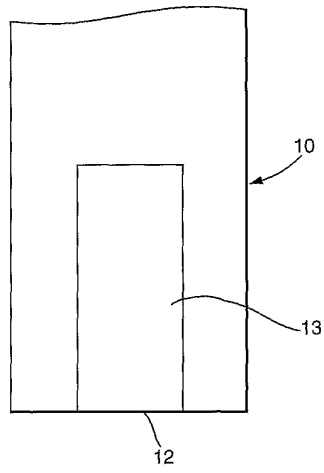


Fig.9.

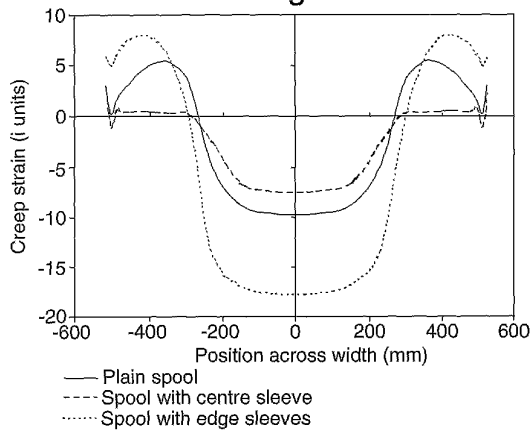
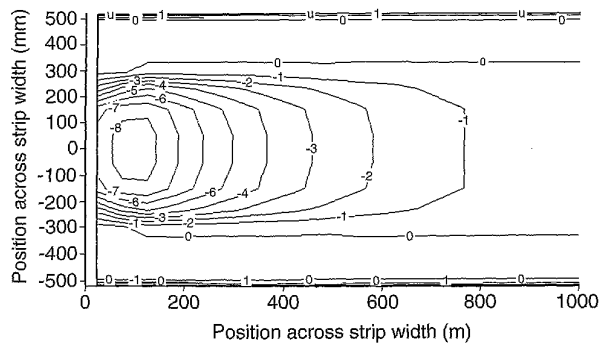


Fig.10.



SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

Fig.11.

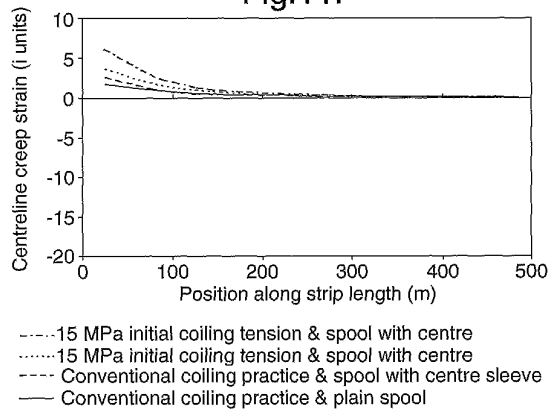


Fig.12.

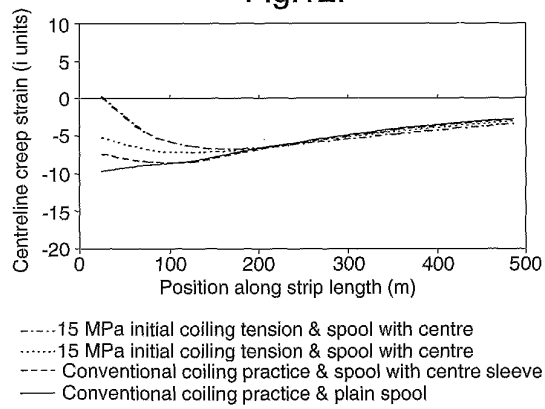


Fig.13.

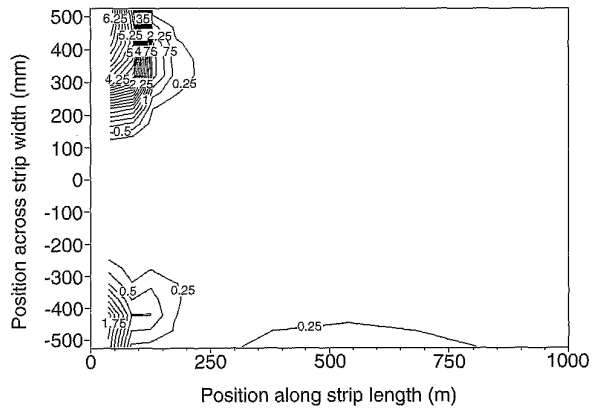
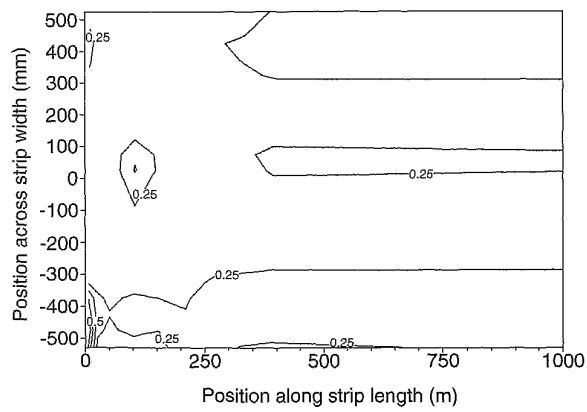


Fig.14.



SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

WO 02/45876

PCT/GB01/05351

9/9

Fig.15.

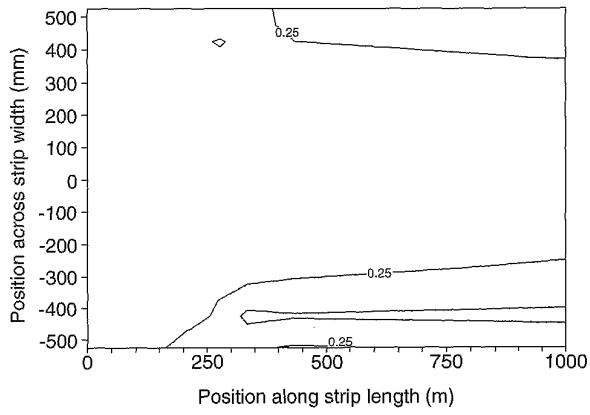
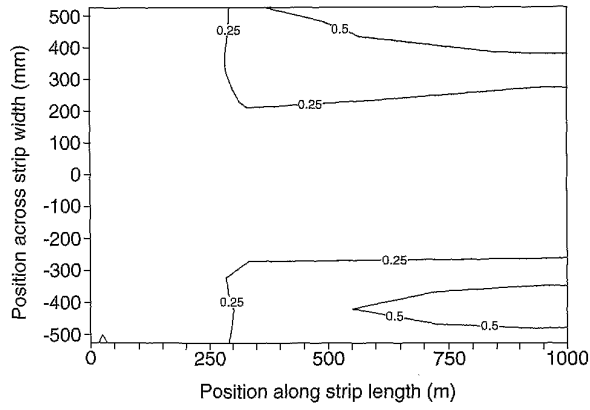


Fig.16.



SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		PCT/GB 01/05351
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 B21C47/02 B21C47/28 B21C47/30		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 B21C B21B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) PAJ, WPI Data, EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 12, 29 October 1999 (1999-10-29) -& JP 11 179422 A (NKK CORP), 6 July 1999 (1999-07-06) cited in the application abstract ---	1, 2, 6, 7, 23
A	---	3
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no. 10, 31 August 1998 (1998-08-31) -& JP 10 128445 A (KOBELITE LTD), 19 May 1998 (1998-05-19) abstract ---	1, 2, 5-8, 24, 25, 27
	-/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents: *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed ** later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. *Z* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report	
25 March 2002	02/04/2002	
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P. B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel: (+31-70) 340-2040, Tx: 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Barrow, J	

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/GB 01/05351

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 07, 31 July 1997 (1997-07-31) -& JP 09 076012 A (NIPPON STEEL CORP), 25 March 1997 (1997-03-25) cited in the application abstract ---	1,2,4, 6-8, 12-15
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1996, no. 09, 30 September 1996 (1996-09-30) -& JP 08 132136 A (SUMITOMO METAL IND LTD), 28 May 1996 (1996-05-28) abstract ---	1,2,6-8, 11,23
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 07, 31 July 1997 (1997-07-31) -& JP 09 057344 A (NIPPON STEEL CORP), 4 March 1997 (1997-03-04) cited in the application abstract ---	1,2,6,7, 23
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 09, 30 September 1997 (1997-09-30) -& JP 09 122752 A (KOBE STEEL LTD), 13 May 1997 (1997-05-13) abstract ---	3
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 004, no. 132 (M-032), 17 September 1980 (1980-09-17) -& JP 55 088929 A (KAWASAKI STEEL CORP), 5 July 1980 (1980-07-05) abstract ---	12,14,15
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 010, no. 320 (M-530), 30 October 1986 (1986-10-30) -& JP 61 126927 A (KAWASAKI STEEL CORP), 14 June 1986 (1986-06-14) abstract ---	16-18, 22,28-30
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1996, no. 07, 31 July 1996 (1996-07-31) -& JP 08 071644 A (KAWASAKI STEEL CORP), 19 March 1996 (1996-03-19) abstract -----	19,20,31

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/GB 01/05351

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 11179422	A	06-07-1999	NONE
JP 10128445	A	19-05-1998	NONE
JP 09076012	A	25-03-1997	NONE
JP 08132136	A	28-05-1996	NONE
JP 09057344	A	04-03-1997	NONE
JP 09122752	A	13-05-1997	NONE
JP 55088929	A	05-07-1980	NONE
JP 61126927	A	14-06-1986	NONE
JP 08071644	A	19-03-1996	JP 2846251 B2 13-01-1999

フロントページの続き

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT, BE,CH,CY,DE,DK,ES,FI,FR,GB,GR,IE,IT,LU,MC,NL,PT,SE,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN, TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,ES,FI,GB,GD,GE, GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,NO,NZ,PL,PT,R O,RU,SD,SE,SG,SI,SK,SL,TJ,TM,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VN,YU,ZA,ZW

(72)発明者 アンドリュー・ホビス

イギリス、オーエックス16・7エスピー、オックスフォードシャー、バンベリー、サウサム・ロード、バンベリー・ラボラトリー

(72)発明者 デイビッド・スキングリー・ライト

ドイツ連邦共和国デー - 37124ロズドルフ - ドラムフェルト、ハウプシュトラッセ23番