(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3554490号
(P3554490)
(45)発行日　平成16年8月18日(2004.8.18)　(24)登録日　平成16年5月14日(2004.5.14)

(51)Int.Cl.[7]　F16G 5/16　　F I　F16G 5/16 B

請求項の数 2　(全 19 頁)

(21)出願番号　特願平10-271596
(22)出願日　平成10年9月25日(1998.9.25)
(65)公開番号　特開2000-104793(P2000-104793A)
(43)公開日　平成12年4月11日(2000.4.11)
審査請求日　平成13年11月27日(2001.11.27)

(73)特許権者　000005326
本田技研工業株式会社
東京都港区南青山二丁目１番１号
(74)代理人　100071870
弁理士　落合　健
(74)代理人　100097618
弁理士　仁木　一明
(72)発明者　吉田　秀昭
埼玉県和光市中央１丁目４番１号　株式会社本田技術研究所内
(72)発明者　嶋田　貴通
埼玉県和光市中央１丁目４番１号　株式会社本田技術研究所内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】無段変速機用ベルト

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

無端状の金属リング（33_1，33_n）を複数枚積層した金属リング集合体（３１）に多数の金属エレメント（３２）を支持してなる無段変速機用ベルトであって、最内層の金属リング（33_1）の板厚（t_1）が最内層以外の金属リング（33_n）の板厚（t_n）と異なるものにおいて、

Ｔ１を金属リング（33_1，33_n）の張り側弦部の張力とし、Ｔ２を金属リング（33_1，33_n）の弛み側弦部の張力とし、ｔを金属リング（33_1，33_n）の板厚とし、ｗを金属リング（33_1，33_n）の板幅とし、d_0を金属リング（33_1，33_n）のプーリへの巻き掛け径とし、Ｄを金属リング（33_1，33_n）の自由状態での直径とし、Ｅをヤング率としたときに、各層の金属リング（33_1，33_n）の応力振幅（σa_1，σa_n）を次式により求め、最内層の金属リング（33_1）の応力振幅（σa_1）が最内層以外の金属リング（33_n）の応力振幅（σa_n）以下になるように、該最内層の金属リング（33_1）の板厚（t_1）を設定したことを特徴とする無段変速機用ベルト。

$$2\sigma a = \frac{T1}{2wt} + \frac{t(D-d_0-t)}{(d_0+t)(D+t)} * E - \left(\frac{T2}{2wt} + \frac{-t}{D+t} * E\right)$$

【請求項２】

最大馬力運転状態で最内層の金属リング（33_1）の応力振幅（σa_1）が最内層以外の

金属リング（３３$_n$）の応力振幅（σａ$_n$）に一致するように該最内層の金属リング（３３$_1$）の板厚（ｔ$_1$）を設定したことを特徴とする、請求項１に記載の無段変速機用ベルト。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、無端状の金属リングを複数枚積層した金属リング集合体に多数の金属エレメントを支持してなる無段変速機用ベルトに関する。

【０００２】

【従来の技術】

無段変速機の金属ベルトがドライブプーリおよびドリブンプーリのＶ面に挟圧されると該金属ベルトに張力が発生し、その張力は両プーリから受ける駆動力および制動力により変化するため、各金属リングの引張応力は金属ベルトの循環に伴って周期的に変化する。また循環する金属ベルトはプーリ巻付部で曲げられ、かつプーリ間の弦部で引き延ばされるため、各金属リングの曲げ応力も周期的に変化する。その結果、各金属リングに作用するトータルの応力（前記引張応力および前記曲げ応力の和）は金属ベルトの１回転を１周期として周期的に変化する。

【０００３】

そこで、金属リング集合体の各金属リングの外周面に圧縮残留応力を付与し、内周面に引張残留応力を付与することにより、周期的に変化する各金属リングの応力振幅の中心値（応力中心値）を可能な限り０に近付けて疲労寿命の延長を図るものが特開昭５７－５７９３８号公報により提案されている。

【０００４】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、かかる金属リング集合体の最内層の金属リングは金属エレメントのサドル面に当接するのに対し、それ以外の金属リングの内周面は他の金属リングの外周面に当接するため、両者の当接部の摩擦係数は異なった値になる。具体的には、金属エレメントのサドル面に当接する最内層の金属リングの内周面の摩擦係数は、それ以外の金属リングの内周面の摩擦係数よりも大きいことが実測により判明している。その結果、後から実施例において詳述するように、最内層の金属リングの張力変化量（１周期における張力の最大値と最小値との差）は他の金属リングの張力変化量よりも大きくなってしまう。

【０００５】

このことに関して、上記従来のものは最内層の金属リングと他の金属リングとを区別せずに、全ての金属リングの外周面に圧縮残留応力を付与し、内周面に引張残留応力を付与しているので、張力変化量の大きい厳しい条件で使用される最内層の金属リングの耐久性によって金属ベルト全体の耐久性が制限されてしまう問題がある。しかも各金属リングの外周面および内周面にそれぞれ圧縮残留応力および引張残留応力を付与するための加工がコストアップの要因になる問題がある。

【０００６】

本発明は前述の事情に鑑みてなされたもので、最も破断し易い最内層の金属リングの疲労寿命を延長して金属リング集合体全体としての耐久性を向上させることを目的とする。

【０００７】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、請求項１に記載された発明は、無端状の金属リングを複数枚積層した金属リング集合体に多数の金属エレメントを支持してなる無段変速機用ベルトであって、最内層の金属リングの板厚が最内層以外の金属リングの板厚と異なるものにおいて、Ｔ１を金属リングの張り側弦部の張力とし、Ｔ２を金属リングの弛み側弦部の張力とし、ｔを金属リングの板厚とし、ｗを金属リングの板幅とし、ｄ$_0$を金属リングのプーリへの巻き掛け径とし、Ｄを金属リングの自由状態での直径とし、Ｅをヤング率としたときに、各層の金属リングの応力振幅を次式により求め、最内層の金属リングの応力振幅が最

内層以外の金属リングの応力振幅以下になるように、該最内層の金属リングの板厚を設定したことを特徴とする。

$$2\sigma a = \frac{T1}{2wt} + \frac{t(D-d_0-t)}{(d_0+t)(D+t)} * E - \left(\frac{T2}{2wt} + \frac{-t}{D+t} * E\right)$$

【０００９】
また請求項２に記載された発明は、請求項１の構成に加えて、最大馬力運転状態で最内層の金属リングの応力振幅が最内層以外の金属リングの応力振幅に一致するように該最内層の金属リングの板厚を設定したことを特徴とする。

【００１０】
【作用】
金属エレメント（３２）のサドル面に接触する最内層の金属リング（33_1）の内周面の摩擦係数が、相互に接触する金属リング（33_1，33_n）間の摩擦係数よりも大きくなるため、最内層の金属リング（33_1）の張力変化量（張り側の弦部の張力および弛み側の弦部の張力の差）はそれ以外の金属リング（33_n）の張力変化量よりも大きくなり、張力変化に伴う最内層の金属リング（33_1）の応力振幅が他の金属リング（33_n）の応力振幅よりも大きくなる。その結果、最内層の金属リング（33_1）の板厚（t_1）および他の金属リング（33_n）の板厚（t_n）を等しく設定すると、金属リング（33_1，33_n）の引張応力に金属リング（33_1，33_n）の曲げ応力を加えたトータルの応力について考えた場合に、最内層の金属リング（33_1）のトータルの応力振幅（σa_1）が他の金属リング（33_n）のトータルの応力振幅（σa_n）よりも大きくなり、最内層の金属リング（33_1）の耐久性が制限されることになる。

【００１１】
そこで、使用条件の最も厳しい最内層の金属リング（33_1）の板厚（t_1）を他の金属リング（33_n）の板厚（t_n）と異ならせ、最内層の金属リング（33_1）に作用する曲げ応力を他の金属リング（33_n）に作用する曲げ応力と異ならせることにより、最内層の金属リング（33_1）のトータルの応力振幅（σa_1）を他の金属リング（33_n）のトータルの応力振幅（σa_n）以下にすることができる。すなわち、最内層の金属リング（33_1）のトータルの応力振幅（σa_1）を後記（１１）式により算出するとともに、他の金属リング（33_n）のトータルの応力振幅（σa_n）を後記（１２）式により算出し、最内層の金属リング（33_1）のトータルの応力振幅（σa_1）が他の金属リング（33_n）のトータルの応力振幅（σa_n）以下になるように該最内層の金属リング（33_1）の板厚（t_1）を設定すれば、使用条件の最も厳しい最内層の金属リング（33_1）の耐久性を他の金属リング（33_n）の耐久性よりも高くして金属リング集合体の全体としての寿命を延長することができる。

【００１３】
また最大馬力運転状態で最内層の金属リング（33_1）の応力振幅（σa_1）が最内層以外の金属リング（33_n）の応力振幅（σa_n）に一致するように該最内層の金属リング（33_1）の板厚（t_1）を設定すれば、使用条件の最も厳しい最大馬力運転状態を含む全ての運転状態において、最内層の金属リング（33_1）の耐久性を最大限に高めることができる。

【００１４】
【発明の実施の形態】
以下、本発明の実施の形態を、添付図面に示した本発明の実施例に基づいて説明する。

【００１５】
図１～図１７は本発明の一実施例を示すもので、図１はベルト式無段変速機を搭載した車両の動力伝達系のスケルトン図、図２は金属ベルト部分斜視図、図３は金属リングに作用する引張応力の説明図、図４は金属リングに作用する力の釣合いを示す図、図５は摩擦係

数比ξに対する$\Delta T_1 / \Delta T_{ALL}$の変化を示すグラフ、図６は金属リングの応力変化特性を検出する実験用の金属ベルトの部分斜視図、図７は実験により求めた金属リングの応力変化を示すグラフ、図８は金属リング集合体の２つの弦部の張力差$Ta_{(all)}$に対する最外層の金属リング２つの弦部の張力差$Ta_{(n)}$の比$Ta_{(n)} / Ta_{(all)}$を示すグラフ、図９は金属リング集合体の２つの弦部の張力和$Tm_{(all)}$に対する最外層の金属リング２つの弦部の張力和$Tm_{(n)}$の比$Tm_{(n)} / Tm_{(all)}$を示すグラフ、図１０は金属リングの自由状態および使用状態の形状の説明図、図１１は最内層の金属リングおよび他の金属リングの引張応力の分布を示すグラフ、図１２は最内層の金属リングおよび他の金属リングの曲げ応力の分布を示すグラフ、図１３は最内層の金属リングおよび他の金属リングのトータルの応力の分布を示すグラフ、図１４は最内層の金属リングの応力振幅σa_1の算出の説明図、図１５は最内層の金属リングの板厚t_1に対する応力振幅σa_1の変化を示すグラフ、図１６は応力振幅σa_1が応力振幅σa_nに一致する板厚t_1および応力振幅σa_1が最小になる板厚t_1を示すグラフ、図１７は応力振幅σa_1が応力振幅σa_nに一致する板厚比t_1 / t_nおよび応力振幅σa_1が最小になる板厚比t_1 / t_nを示すグラフである。

【００１６】

図１は自動車に搭載された金属ベルト式無段変速機Ｔの概略構造を示すもので、エンジンＥのクランクシャフト１にダンパー２を介して接続されたインプットシャフト３は発進用クラッチ４を介して金属ベルト式無段変速機Ｔのドライブシャフト５に接続される。ドライブシャフト５に設けられたドライブプーリ６は、ドライブシャフト５に固着された固定側プーリ半体７と、この固定側プーリ半体７に対して接離可能な可動側プーリ半体８とを備えており、可動側プーリ半体８は油室９に作用する油圧で固定側プーリ半体７に向けて付勢される。

【００１７】

ドライブシャフト５と平行に配置されたドリブンシャフト１０に設けられたドリブンプーリ１１は、ドリブンシャフト１０に固着された固定側プーリ半体１２と、この固定側プーリ半体１２に対して接離可能な可動側プーリ半体１３とを備えており、可動側プーリ半体１３は油室１４に作用する油圧で固定側プーリ半体１２に向けて付勢される。ドライブプーリ６およびドリブンプーリ１１間に、左右の一対の金属リング集合体３１，３１に多数の金属エレメント３２…を支持してなる金属ベルト１５が巻き掛けられる（図２参照）。それぞれの金属リング集合体３１は、１２枚の金属リング33_1，33_n…を積層してなる。

【００１８】

ドリブンシャフト１０には前進用ドライブギヤ１６および後進用ドライブギヤ１７が相対回転自在に支持されており、これら前進用ドライブギヤ１６および後進用ドライブギヤ１７はセレクタ１８により選択的にドリブンシャフト１０に結合可能である。ドリブンシャフト１０と平行に配置されたアウトプットシャフト１９には、前記前進用ドライブギヤ１６に噛合する前進用ドリブンギヤ２０と、前記後進用ドライブギヤ１７に後進用アイドルギヤ２１を介して噛合する後進用ドリブンギヤ２２とが固着される。

【００１９】

アウトプットシャフト１９の回転はファイナルドライブギヤ２３およびファイナルドリブンギヤ２４を介してディファレンシャル２５に入力され、そこから左右のアクスル２６，２６を介して駆動輪Ｗ，Ｗに伝達される。

【００２０】

而して、エンジンＥの駆動力はクランクシャフト１、ダンパー２、インプットシャフト３、発進用クラッチ４、ドライブシャフト５、ドライブプーリ６、金属ベルト１５およびドリブンプーリ１１を介してドリブンシャフト１０に伝達される。前進走行レンジが選択されているとき、ドリブンシャフト１０の駆動力は前進用ドライブギヤ１６および前進用ドリブンギヤ２０を介してアウトプットシャフト１９に伝達され、車両を前進走行させる。

また後進走行レンジが選択されているとき、ドリブンシャフト１０の駆動力は後進用ドライブギヤ１７、後進用アイドルギヤ２１および後進用ドリブンギヤ２２を介してアウトプットシャフト１９に伝達され、車両を後進走行させる。

【００２１】

このとき、金属ベルト式無段変速機Ｔのドライブプーリ６の油室９およびドリブンプーリ１１の油室１４に作用する油圧を、電子制御ユニットU_1からの指令で作動する油圧制御ユニットU_2で制御することにより、その変速比が無段階に調整される。すなわち、ドライブプーリ６の油室９に作用する油圧に対してドリブンプーリ１１の油室１４に作用する油圧を相対的に増加させれば、ドリブンプーリ１１の溝幅が減少して有効半径が増加し、これに伴ってドライブプーリ６の溝幅が増加して有効半径が減少するため、金属ベルト式無段変速機Ｔの変速比はＬＯＷに向かって無段階に変化する。逆にドリブンプーリ１１の油室１４に作用する油圧に対してドライブプーリ６の油室９に作用する油圧を相対的に増加させれば、ドライブプーリ６の溝幅が減少して有効半径が増加し、これに伴ってドリブンプーリ１１の溝幅が増加して有効半径が減少するため、金属ベルト式無段変速機Ｔの変速比はＴＯＰに向かって無段階に変化する。

【００２２】

図３は、車両が最高速度走行状態（ＴＯＰ状態）にあって、ドライブプーリ６の有効半径がドリブンプーリ１１の有効半径よりも大きくなった状態を示しており、同図における金属ベルト１５の厚さは該金属ベルト１５の張力に起因する各金属リング集合体３１の引張応力の大小を模式的に表している。金属ベルト１５がドリブンプーリ１１からドライブプーリ６に戻る弛み側の弦部（Ａ領域）において前記応力は一定値σT_{LOW}であり、金属ベルト１５がドライブプーリ６からドリブンプーリ１１に送り出される張り側の弦部（Ｃ領域）において前記応力は一定値σT_{HIGH}である。Ａ領域の応力σT_{LOW}はＣ領域の応力σT_{HIGH}よりも小さく、金属ベルト１５がドライブプーリ６に巻き付く部分（Ｂ領域）において、その入口側から出口側にかけて応力はσT_{LOW}からσT_{HIGH}まで増加し、金属ベルト１５がドリブンプーリ１１に巻き付く部分（Ｄ領域）において、その入口側から出口側にかけて応力はσT_{HIGH}からσT_{LOW}まで減少する。

【００２３】

金属ベルト１５の張力は一対の金属リング集合体３１，３１によって均等に分担され、かつ各金属リング集合体３１の張力は、その金属リング集合体３１を構成する１２枚の金属リング33_1，33_n…により分担される。そのとき、金属エレメント３２のサドル面32_1に接触する最内層の金属リング33_1（Ｎｏ．１リング）を除く内側から２層目～１２層目の１１枚の金属リング33_n…（Ｎｏ．２リング～Ｎｏ．１２リング）の応力は相互に等しくなるが、前記最内層の金属リング33_1の応力は前記２層目～１２層目の金属リング３３の応力と異なった値になる。以下、その理由を図４を参照しながら説明する。

【００２４】

先ず、簡易モデルとして、金属リング集合体が３層の金属リングから構成される場合を考える。プーリ巻き付き部における最外層のＮｏ．３リングおよびその内側のＮｏ．２リング間に作用する垂直抗力をN_3とし、Ｎｏ．２リングおよびＮｏ．１リング間に作用する垂直抗力をN_2とし、更にＮｏ．１リングおよび金属エレメントのサドル面間に作用する垂直抗力をN_1とする。また相互に接触する金属リング間の摩擦係数（以下、リング－リング間摩擦係数という）をμrとし、金属リングおよび金属エレメント間の摩擦係数（以下、リング－エレメント間摩擦係数という）をμsとし、Ｎｏ．１リング、Ｎｏ．２リングおよびＮｏ．３リングの荷重をそれぞれF_1，F_2，F_3とすると、各層の金属リングの張力変化量であるΔT_1，ΔT_2，ΔT_3は、以下の（１）～（３）式で与えられる。

【００２５】

$$\Delta T_3 = F_3 = \mu r N_3 \quad \cdots (1)$$

$$\Delta T_2 = F_2 - F_3 = \mu r N_2 - \mu r N_3 \quad \cdots (2)$$

$\Delta T_1 = F_1 - F_2 = \mu s N_1 - \mu r N_2$ …（３）

各層の金属リングの張力変化量であるΔT_1，ΔT_2，ΔT_3の総和ΔT_{ALL}は、

$$\Delta T_{ALL} = \Delta T_1 + \Delta T_2 + \Delta T_3$$
$$= (\mu s N_1 - \mu r N_2) + (\mu r N_2 - \mu r N_3) + \mu r N_3$$
$$= \mu s N_1 \quad \cdots (4)$$

で与えられ、前記（３）式および（４）式からΔT_1とΔT_{ALL}との比は、

$$\Delta T_1 / \Delta T_{ALL} = (\mu s N_1 - \mu r N_2) / (\mu s N_1)$$
$$= 1 - (\mu r / \mu s) \cdot (N_2 / N_1) \quad \cdots (5)$$

で与えられる。ここで、金属リングの積層枚数がｎの場合に拡張して考えても、ΔT_1とΔT_{ALL}との比は前記（５）式により同様にして与えられる。しかしながら、金属リングの積層枚数ｎが変化すると垂直抗力をN_1と垂直抗力をN_2との比が変化するため、計算結果は異なってくる。

【００２６】

ここで、リング－エレメント間摩擦係数μｓとリング－リング間摩擦係数μｒとの比である摩擦係数比をξ（＝μｓ／μｒ）とすると、前記（５）式は次のように書き換えられる。

【００２７】

$\Delta T_1 / \Delta T_{ALL} = 1 - (N_2 / N_1) / \xi$ …（６）

前記（６）式は、金属リング集合体に含まれる金属リングの積層枚数ｎにより変化するN_2 / N_1が決まり、且つリング－エレメント間摩擦係数μｓとリング－リング間摩擦係数μｒとの比である摩擦係数比ξが決まれば、金属リング集合体全体の張力変化量ΔT_{ALL}に対する最内層金属リングの張力変化量ΔT_1の比率が決まることを示している。

【００２８】

図５のグラフは、金属リング集合体が１２枚の金属リングから構成される場合（すなわち、ｎ＝１２）において、垂直抗力をN_1，N_2の比を所定の関係、即ち、$N_2 / N_1 = (n-1)/n$を満たすように設定し、$\Delta T_1 / \Delta T_{ALL}$の値を種々の摩擦係数比ξについて計算した結果を示すものである。過去の経験および実測した結果によれば、最内層の金属リングと、その他の金属リングとに同じものを採用すると、リング－エレメント間摩擦係数μｓはリング－リング間摩擦係数μｒよりも大きな値になるため、摩擦係数比ξ＝μｓ／μｒは１．０よりも大きくなる。

【００２９】

仮に、図５のグラフにおいて、リング－リング間摩擦係数μｒおよびリング－エレメント間摩擦係数μｓを一致させたとすると、摩擦係数比ξ＝１．０になって$\Delta T_1 / \Delta T_{ALL}$＝０．０８になり、最内層の金属リングは他の１１枚の金属リングと同じ張力変化量、すなわち金属リング集合体全体の張力変化量の総和ΔT_{ALL}の１２分の１の約８％を受け持つことになる。しかしながら、実際には摩擦係数比ξは１．０よりも大きな値を持つため、最内層の金属リングの張力変化量ΔT_1は、他の１１枚の金属リングのそれぞれの張力変化量ΔT_nよりも大きくなる。

【００３０】

そこで、最内層の１枚の金属リングの張力変化量ΔT_1と他の１１枚の金属リングの張力変化量ΔT_nとの関係を、以下に示す手法で確認した。図２に示すように実際の金属リング集合３１は積層された１２枚の金属リング33_1，33_n…から構成されているが、先ず図６に示すように前記金属リング集合に代えて１枚の金属リング３３だけを用いて金属ベルト式無段変速機Ｔを運転する。このとき、金属リング３３の外周面に歪ゲージ３４を取り付けておき、運転中の金属リング３３の応力波形を測定する。続いて２枚の

金属リング３３を重ねて装着して最外層の金属リング３３の外周面に歪ゲージ３４を取り付けて該最外層の金属リング３３の応力波形を測定する。上記作業を同じ板厚の金属リング３３の枚数を１枚ずつ増やしながら５枚になるまで繰り返し実行する。

【００３１】

図７は測定された応力波形を示すものであり、そのＡ領域、Ｂ領域、Ｃ領域およびＤ領域が、図３に示すＡ領域、Ｂ領域、Ｃ領域およびＤ領域にそれぞれ対応している。Ａ領域およびＣ領域での応力は金属リング３３の張力によるもので、その応力は弛み側の弦部に対応するＡ領域で小さく、張り側の弦部に対応するＣ領域で大きくなる。尚、金属リング３３の弦部に対応するＡ領域およびＣ領域で引張応力だけが発生して曲げ応力が発生しないように、金属リング３３の自由状態での曲率半径が無限大（すなわち、直線状態）になるように設定している。

【００３２】

ここで、Ｃ領域での張力とＡ領域での張力と差に注目すると、１枚の金属リング３３を用いた場合（すなわち、金属エレメント３２のサドル面32_1に当接する最内層の金属リング３３の応力）と、２枚以上の金属リング３３を用いた場合（すなわち、最内層以外の金属リング３３の応力）との間に顕著な特徴が見られる。つまり、最内層の金属リング３３の応力特性だけが最内層以外の金属リング３３の応力特性と大きく異なっており、Ｃ領域およびＡ領域の張力差は、以下に説明するように、最内層の金属リング３３のものが最内層以外の金属リング３３のものの２倍に達していることが分かる。

【００３３】

図８のグラフは上記測定の結果から得られたもので、横軸に積層された金属リング３３の枚数を示し、縦軸に最外層の金属リング３３の張力差の分担率$Ta_{(n)}/Ta_{(all)}$を示すものである。ここで、金属リング３３の張力差は張り側の弦部の張力と弛み側の弦部の張力との差であって、$Ta_{(n)}$は最外層の金属リング３３の張力差であり、$Ta_{(all)}$は積層された全金属リング３３の張力差の和である。積層された金属リング３３の数が１枚であるとき、$Ta_{(n)}=Ta_{(all)}$であって$Ta_{(n)}/Ta_{(all)}=1.0$になる。積層された金属リング３３の数が２枚であるとき、$Ta_{(all)}$は２枚の金属リング３３の張力差の和であり、$Ta_{(n)}$は最外層（２層目）の金属リング３３の張力差であるため、仮に２枚の金属リング３３の張力差が同じであれば$Ta_{(n)}/Ta_{(all)}=0.5$になるはずであるが、実際には$Ta_{(n)}/Ta_{(all)}=0.33$になっている。同様に、金属リング３３の積層数が３枚、４枚、５枚のときには、それぞれ$Ta_{(n)}/Ta_{(all)}=0.25$、$Ta_{(n)}/Ta_{(all)}=0.20$、$Ta_{(n)}/Ta_{(all)}=0.17$になっている。

【００３４】

以上のことから、最内層の金属リング３３の張力差は他の金属リング３３の張力差の２倍になっており、例えば金属リング３３の積層数が５枚の場合には、最内層の金属リング３３の張力差分担率は全体の２／６を占めており、他の４枚の金属リング３３はそれぞれ全体の１／６を占めていることが分かる。

【００３５】

従って、実施例の如く１２枚の金属リング33_1，33_n…を積層したものでは、最内層の金属リング33_1が全体の張力変化量の２／１３を負担し、残りの１１枚の金属リング33_n…がそれぞれ全体の張力変化量の１／１３を負担するものと推定することができる。

【００３６】

図９のグラフは上記測定の結果から得られたもので、横軸に積層された金属リング３３の枚数を示し、縦軸に最外層の金属リング３３の張力和の分担率$Tm_{(n)}/Tm_{(all)}$を示すものである。ここで、金属リング３３の張力和は張り側の弦部の張力と弛み側の弦部の張力との和であって、$Tm_{(n)}$は最外層の金属リング３３の張力和であり、$Tm_{(all)}$は積層された全金属リング３３の張力和の和である。積層された金属

リング３３の数が１枚であるとき、$Tm_{(n)}$ ＝$Tm_{(all)}$ であって$Tm_{(n)}$ ／$Tm_{(all)}$ ＝１．０になる。金属リング３３の積層数が２枚、３枚、４枚、５枚のときには、それぞれ$Tm_{(n)}$ ／$Tm_{(all)}$ ＝０．５０、$Tm_{(n)}$ ／$Tm_{(all)}$ ＝０．３３、$Tm_{(n)}$ ／$Tm_{(all)}$ ＝０．２５、$Tm_{(n)}$ ／$Tm_{(all)}$ ＝０．２０になっている。

【００３７】

以上のことから、金属リング３３の積層数が５枚の場合には、各金属リング３３は金属リング集合体３１の張力和の１／５ずつを均等に分担していることが分かり、金属リング33_1 ，33_n …の積層数が１２枚の場合には、各金属リング33_1 ，33_n …は金属リング集合体３１の張力和の１／１２ずつを均等に分担すると推定することができる。つまり、金属リング集合体３１の張力和の分布は、その半径方向（厚さ方向）に均一であると推定することができる。

【００３８】

図１１のグラフは、車両が図３で説明した最高速度走行状態にあるときの、本実施例における最内層の金属リング33_1 の引張応力の変化と、他の１１枚の金属リング33_n …の引張応力の変化とを示すものである。同図における実線および破線は、最内層の金属リング33_1 と他の金属リング33_n …とが同じ板厚を持つ場合であって、実線は最内層の金属リング33_1 引張応力の変化を示し、破線は最内層以外の１１枚の金属リング33_n …の引張応力の変化を示している。上述したリング－エレメント間摩擦係数μｓとリング－リング間摩擦係数μｒとの不一致により、最内層の金属リング33_1 の張力変化量（つまり応力変化量）は他の金属リング33_n …の張力変化量（つまり応力変化量）の２倍になっている。

【００３９】

図１１における一点鎖線および二点鎖線は、最内層の金属リング33_1 の板厚t_1 を他の金属リング33_n …の板厚t_n と異ならせた場合（改善後）に対応し、一点鎖線は最内層の金属リング33_1 引張応力の変化を示し、二点鎖線は最内層以外の１１枚の金属リング33_n …の引張応力の変化を示している。この最内層の金属リング33_1 の板厚t_1 を異ならせたことによる応力の変化特性は、図８および図９で説明した張力の分担特性に基づいている。

【００４０】

金属リング33_1 ，33_n …には前記張力に基づく引張応力に加えて、金属リング33_1 ，33_n …の曲げに基づく引張応力および圧縮応力が作用する。図１０に示すように自由状態の金属リング33_1 ，33_n …は円弧状であるが、使用状態の金属リング33_1 ，33_n …は前記Ａ領域～Ｄ領域を有する形状に変形する。弛み側の弦部（Ａ領域）および張り側の弦部（Ｃ領域）では自由状態でＤ／２であった曲率半径が∞に増加し、大径側のドライブプーリに巻き付くＢ領域では自由状態でＤ／２であった曲率半径がR_{DR}に減少し、小径側のドリブンプーリに巻き付くＤ領域では自由状態でＤ／２であった曲率半径がR_{DN}に減少する。

【００４１】

このように、金属リング33_1 ，33_n …の曲率半径が増加するＡ領域およびＣ領域では、該金属リング33_1 ，33_n …の内周面に引張曲げ応力が作用し、外周面に圧縮曲げ応力が作用する。一方、金属リング33_1 ，33_n …の曲率半径が減少するＢ領域およびＤ領域では、該金属リング33_1 ，33_n …の内周面に圧縮曲げ応力が作用し、外周面に引張曲げ応力が作用する。これら圧縮曲げ応力および引張曲げ応力は、金属リング33_1 ，33_n …の板厚t_1 ，t_n に応じて変化する。すなわち、金属リング33_1 ，33_n …の板厚t_1 ，t_n が大きい場合に曲げ応力も大きくなり、金属リング33_1 ，33_n …の板厚t_1 ，t_n が小さい場合に曲げ応力も小さくなる。

【００４２】

図１２のグラフは、車両が図３で説明した最高速度走行状態にあるときの、１２枚の金属

リング33_1，33_n…のそれぞれの外周面に作用する曲げ応力を示すものである。実線は１２枚の金属リング33_1，33_n…の板厚t_1，t_nが等しい場合であって、各金属リング33_1，33_n…の外周面には、その２つの弦部（Ａ領域およびＣ領域）に一定の圧縮曲げ応力が作用し、曲率半径が大きい方のドライブプーリに巻き付くＢ領域では比較的に小さな引張曲げ応力が作用し、曲率半径が小さい方のドリブンプーリに巻き付くＤ領域では比較的に大きな引張曲げ応力が作用する。一点鎖線は最内層の金属リング33_1の板厚t_1を他の金属リング33_n…の板厚t_nと異ならせた場合（改善後）の、該最内層の金属リング33_1の外周面に作用する曲げ応力を示すものであり、その板厚t_1の変化に応じて曲げ応力の特性も変化している。

【００４３】

図１３のグラフは、図１１に示す金属リング33_1，33_n…の張力に基づいて作用する応力と、図１２に示す金属リング33_1，33_n…の曲げに基づいて該金属リング33_1，33_n…の外周面に作用する応力とを加算したもので、実線および一点鎖線はそれぞれ改善前および改善後の最内層の金属リング33_1の外周面に作用するトータルの応力の変化を示しており、破線および二点鎖線はそれぞれ改善前および改善後の他の金属リング33_n…の外周面に作用するトータルの応力の変化を示している。

【００４４】

同図から明らかなように、各金属リング33_1，33_n…の板厚t_1，t_nを等しく設定した改善前（実線および破線）には、最内層の金属リング33_1の応力振幅σa_1'は他の金属リング33_n…の応力振幅σa_n'よりも大きくなっており、そのために最内層の金属リング33_1が最初に破断して金属リング集合体３１の寿命を低下させる要因となっていた。しかしながら最内層の金属リング33_1の板厚t_1を他の金属リング33_n…の板厚t_nと異ならせた改善後（一点鎖線および二点鎖線）には、最内層の金属リング33_1の応力振幅σa_1は他の金属リング33_n…の応力振幅σa_nよりも小さくなっており、そのために最内層の金属リング33_1の耐久性を高めて金属リング集合体３１の寿命を延長することができる。

【００４５】

以下、最内層の金属リング33_1の板厚t_1を適切に設定する手法について説明する。以下の説明で使用する符号は表１に示されている。

【００４６】

【表１】

張り側の弦部の張力（全体）	Ｔ１
弛み側の弦部の張力（全体）	Ｔ２
張り側の弦部の張力（最内層リング）	$T1_1$
弛み側の弦部の張力（最内層リング）	$T2_1$
張り側の弦部の張力（他のリング）	$T1_n$
弛み側の弦部の張力（他のリング）	$T2_n$
板幅	w
板厚（最内層リング）	t_1
板厚（他のリング）	t_n

【００４７】

まず、最内層の金属リング33_1の張力変化量ΔT_1が他の金属リング33_n…の張力変化量ΔT_nの２倍になるという仮定（図８参照）に基づいて、最内層の金属リング33_1に作用する力の釣合いから、

$(T1-T2)*(2/13)=T1_1-T2_1$ …（７）

が成立し、他の金属リング33_n…に作用する力の釣合いから、

$(T1-T2)*(1/13)=T1_n-T2_n$ …（８）

が成立する。また金属リング集合体３１の張力の和の分布は、その半径方向（厚さ方向）に均一であるという仮定（図９参照）に基づいて、最内層の金属リング33_1に作用する力の釣合いから、

$(T1+T2)/\{2w(t_1+11t)\}=(T1_1+T2_1)/(2wt_1)$ …（９）

が成立し、他の金属リング33_n…に作用する力の釣合いから、

$(T1+T2)/\{2w(t_1+11t)\}=(T1_n+T2_n)/(2wt)$ …（１０）

が成立する。

【００４８】

図１４に示す最内層の金属リング33_1の外周面の応力変化を参照すると明らかなように、最内層の金属リング33_1の外周面の応力振幅σa_1は、以下の（１１）式により与えられる。同様にして、他の金属リング33_n…の外周面の応力振幅σa_nは以下の（１２）式で与えられ、最内層の金属リング33_1および他の金属リング33_n…の外周面の平均応力σm_1，σm_n…はそれぞれ（１３）式および（１４）式で与えられる。尚、（１１）式～（１４）式において、Ｅはヤング率、Ｄは金属リング33_1，33_n…の自由状態での直径、d_0は金属リング33_1，33_n…のプーリへの巻き掛け径である。

【００４９】

【数１】

$$2\sigma a_1=\frac{T1_1}{2wt_1}+\frac{t_1(D-d_0-t_1)}{(d_0+t_1)(D+t_1)}*E-\left(\frac{T2_1}{2wt_1}+\frac{-t_1}{D+t_1}*E\right) \quad \cdots(11)$$

【００５０】

【数２】

$$2\sigma a_n=\frac{T1_n}{2wt}+\frac{t(D-d_0-t)}{(d_0+t)(D+t)}*E-\left(\frac{T2_n}{2wt}+\frac{-t}{D+t}*E\right) \quad \cdots(12)$$

【００５１】

【数３】

$$2\sigma m_1 = \frac{T1_1}{2wt_1} + \frac{t_1\ (D-d_0-t_1)}{(d_0+t_1)\ (D+t_1)} * E$$

$$+ \frac{T2_1}{2wt_1} + \frac{-t_1}{D+t_1} * E \quad \cdots (13)$$

【００５２】
【数４】

$$2\sigma m_n = \frac{T1_n}{2wt} + \frac{t\ (D-d_0-t)}{(d_0+t)\ (D+t)} * E$$

$$+ \frac{T2_n}{2wt} + \frac{-t}{D+t} * E \quad \cdots (14)$$

【００５３】
図１５のグラフは、高速耐久条件において、前記（７）式～（１２）式に基づいて、最内層の金属リング33_1の板厚t_1（横軸）と、最内層の金属リング33_1の応力振幅σa_1（縦軸）との関係を算出した結果を示すものである。このときの金属ベルト式無段変速機Ｔの運転条件の諸元は表２に示されており、この諸元を特開平１０－８９４２９号公報に開示されている数式に適用して金属リング集合体３１の張り側の弦部の張力Ｔ１および弛み側の弦部の張力Ｔ２を算出し、その張力Ｔ１およびＴ２を前記（１１）式および（１２）式に適用することにより、最内層の金属リング33_1の応力振幅σa_1および他の金属リング33_n…の応力振幅σa_nを算出することができる。
【００５４】
【表２】

入力回転数；Ｎｉｎ	６０００ｒｐｍ
入力トルク；Ｔｉｎ	１４．３ｋｇｆ・ｍ
変速比；ｉ	０．６１
従動プーリ側圧；Ｐｄｎ	９．２９ｋｍｆ／ｃｍ^2
板幅；ｗ	９．２ｍｍ
板厚（他のリング）；t_n	０．１８５ｍｍ

【００５５】
図１５において、他の金属リング33_n…の板厚t_n＝０．１８５ｍｍに対して、最内層の金属リング33_1の板厚が０．０４２ｍｍ≦t_1≦０．１６１ｍｍのときに、最内層の金属リング33_1の応力振幅σa_1が他の金属リング33_n…の応力振幅σa_n＝２５．５６ｋｇｆ／ｍｍ^{2}よりも小さくなり、最内層の金属リング33_1の板厚t_1＝０．０８２ｍｍのときに、最内層の金属リング33_1の応力振幅σa_1が最小値である２０．７２ｋｇｆ／ｍｍ^{2}になる（表３参照）。つまり最内層の金属リング33_1の板厚を０．０４２ｍｍ≦t_1≦０．１６１ｍｍを満たすように設定す

れば、該最内層の金属リング３３$_1$ の応力振幅σａ$_1$ を他の金属リング３３$_n$ …の応力振幅σａ$_n$ よりも小さくすることができ、これにより最内層の金属リング３３$_1$ が早期に破断して金属リング集合体３１全体の寿命を低下させるのを防止することができる。

【００５６】

【表３】

t_1	σa_1	σa_n	σm_1	σm_n
０．０４２	２５．６５	２５．６５	１９．９４	２３．００
０．０８２	２０．７２	２５．６５	２０．４５	２２．６４
０．１６１	２５．６５	２５．６５	２１．４６	２１．９６

【００５７】

また表３には、前記（１３）式および（１４）式に基づいて算出した最内層の金属リング３３$_1$ の平均応力σｍ$_1$ および他の金属リング３３$_n$ …の平均応力σｍ$_n$ が併せて示される。表３から明らかなように、最内層の金属リング３３$_1$ の平均応力σｍ$_1$ の最大値は２１．４６ｋｇｆ／ｍｍ^2 に抑えられ、また他の金属リング３３$_n$ …の平均応力σｍ$_n$ の最大値も２３．００ｋｇｆ／ｍｍ^2 に抑えられている。従って、最内層の金属リング３３$_1$ の板厚ｔ$_1$ を変化させたことにより両金属リング３３$_1$ ，３３$_n$ …の平均応力σｍ$_1$ ，σｍ$_n$ が大幅に増加することは無い。

【００５８】

図１６は、金属ベルト式無段変速機Ｔの入力馬力を種々に変化させたときに、応力振幅σａ$_1$ が応力振幅σａ$_n$ に一致する最内層の金属リング３３$_1$ の板厚ｔ$_1$ （△参照）と、応力振幅σａ$_1$ が最小になる最内層の金属リング３３$_1$ の板厚ｔ$_1$ （□参照）とを示している。従って、最内層の金属リング３３$_1$ の板厚ｔ$_1$ が斜線の領域にあるとき、応力振幅σａ$_1$ を応力振幅σａ$_n$ 以下にして金属リング集合体３１の寿命を延長することができる。特に、最内層の金属リング３３$_1$ の板厚ｔ$_1$ を０．１１３ｍｍに設定すれば、入力馬力が最大値である３１２ＰＳ以下の全ての領域で金属リング集合体３１の寿命を延長することができる。

【００５９】

図１７は、前記図１６の縦軸を、他の金属リング３３$_n$ …の板厚ｔ$_n$ （＝０．１８５ｍｍ）に対する最内層の金属リング３３$_1$ の板厚ｔ$_1$ の比ｔ$_1$ ／ｔ$_n$ に変換したものである。

【００６０】

以上、本発明の実施例を詳述したが、本発明はその要旨を逸脱しない範囲で種々の設計変更を行うことが可能である。

【００６１】

例えば、実施例では金属リング３３$_1$ ，３３$_n$ …の外周面の応力振幅σａ$_1$ ，σａ$_n$ に基づいて最内層の金属リング３３$_1$ の適切な板厚ｔ$_1$ を算出しているが、金属リングに作用する力は半径方向に均等に分布していることから、内周面の応力振幅に基づいて適切な板厚を算出することも可能である。

【００６２】

【発明の効果】

以上のように請求項１に記載された発明によれば、金属リングの張り側弦部の張力Ｔ１と、金属リングの弛み側弦部の張力Ｔ２と、金属リングの板厚ｔと、金属リングの板幅ｗと、金属リングのプーリへの巻き掛け径ｄ$_0$ と、金属リングの自由状態での直径Ｄと、ヤング率Ｅとを用いて金属リングのトータルの応力振幅を精度良く算出し、最内層の金属リン

グのトータルの応力振幅が他の金属リングのトータルの応力振幅以下になるように該最内層の金属リングの板厚を設定したので、使用条件の最も厳しい最内層の金属リングの耐久性を他の金属リングの耐久性よりも高くして金属リング集合体の全体としての寿命を延長することができる。

【００６４】

また請求項２に記載された発明によれば、最大馬力運転状態で最内層の金属リングの応力振幅が最内層以外の金属リングの応力振幅に一致するように該最内層の金属リングの板厚を設定すれば、使用条件の最も厳しい最大馬力運転状態を含む全ての運転状態において、最内層の金属リングの耐久性を最大限に高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】ベルト式無段変速機を搭載した車両の動力伝達系のスケルトン図

【図２】金属ベルト部分斜視図

【図３】金属リングに作用する引張応力の説明図

【図４】金属リングに作用する力の釣合いを示す図

【図５】摩擦係数比ξに対する$\Delta T_1 / \Delta T_{ALL}$の変化を示すグラフ

【図６】金属リングの応力変化特性を検出する実験用の金属ベルトの部分斜視図

【図７】実験により求めた金属リングの応力変化を示すグラフ

【図８】金属リング集合体の２つの弦部の張力差$Ta_{(all)}$に対する最外層の金属リング２つの弦部の張力差$Ta_{(n)}$の比$Ta_{(n)} / Ta_{(all)}$を示すグラフ

【図９】金属リング集合体の２つの弦部の張力和$Tm_{(all)}$に対する最外層の金属リング２つの弦部の張力和$Tm_{(n)}$の比$Tm_{(n)} / Tm_{(all)}$を示すグラフ

【図１０】金属リングの自由状態および使用状態の形状の説明図

【図１１】最内層の金属リングおよび他の金属リングの引張応力の分布を示すグラフ

【図１２】最内層の金属リングおよび他の金属リングの曲げ応力の分布を示すグラフ

【図１３】最内層の金属リングおよび他の金属リングのトータルの応力の分布を示すグラフ

【図１４】最内層の金属リングの応力振幅σa_1の算出の説明図

【図１５】最内層の金属リングの板厚t_1に対する応力振幅σa_1の変化を示すグラフ

【図１６】応力振幅σa_1が応力振幅σa_nに一致する板厚t_1および応力振幅σa_1が最小になる板厚t_1を示すグラフ

【図１７】応力振幅σa_1が応力振幅σa_nに一致する板厚比t_1 / t_nおよび応力振幅σa_1が最小になる板厚比t_1 / t_nを示すグラフ

【符号の説明】

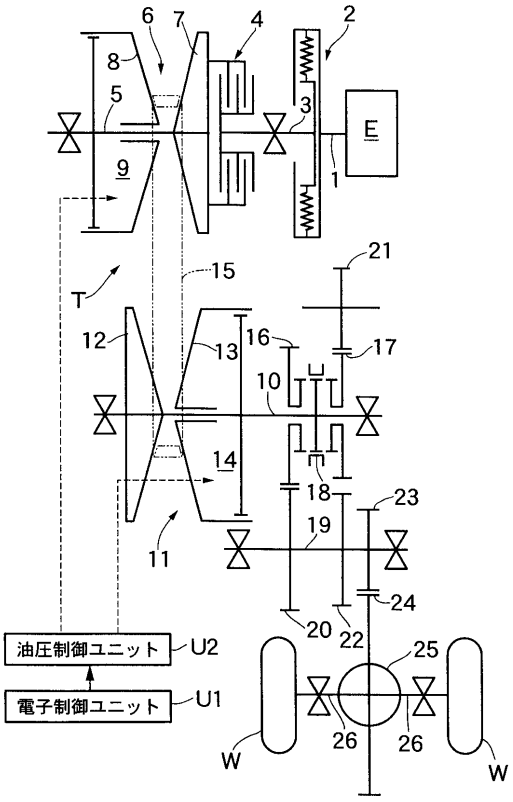
３１　金属リング集合体
３２　金属エレメント
３３_1　最内層の金属リング
３３_n　最内層以外の金属リング
t_1　最内層の金属リングの板厚
t_n　最内層以外の金属リングの板厚
Ｔ１　金属リング集合体の張り側の弦部の張力
Ｔ２　金属リング集合体の弛み側の弦部の張力
$Ｔ１_1$　最内層の金属リングの張り側の弦部の張力
$Ｔ２_1$　最内層の金属リングの弛み側の弦部の張力
$Ｔ１_n$　最内層以外の金属リングの張り側の弦部の張力
$Ｔ２_n$　最内層以外の金属リングの弛み側の弦部の張力
ΔT_1　最内層の金属リングの張り側の弦部の張力および弛み側の弦部の張力の差
ΔT_n　最内層以外の金属リングの張り側の弦部の張力および弛み側の弦部の張力

の差

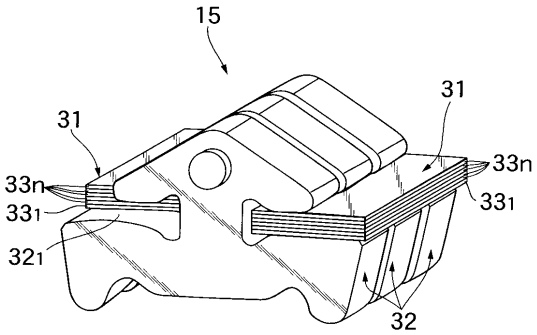
σa_1　　最内層の金属リングの応力振幅

σa_n　　最内層以外の金属リングの応力振幅

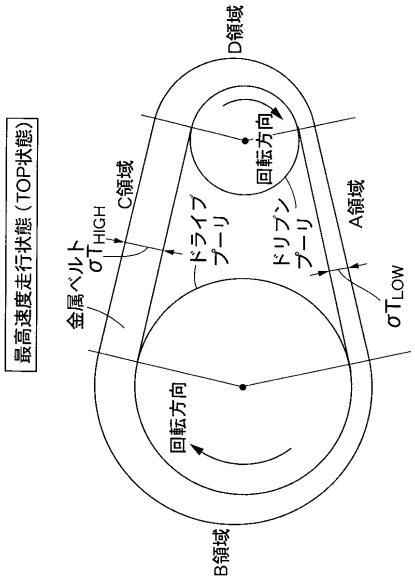
【図１】



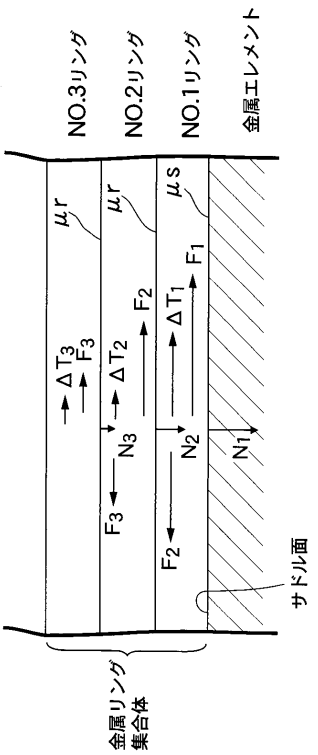
【図２】



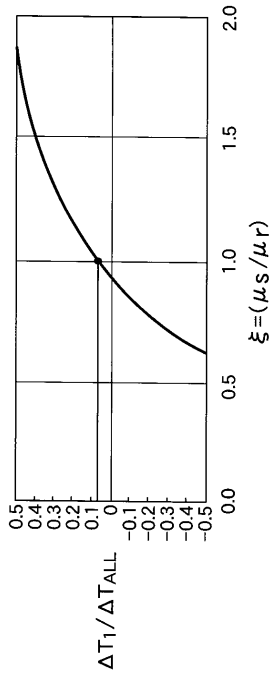
【図３】


最高速度走行状態（TOP状態）
金属ベルト
σT_{HIGH}
C領域
ドライブプーリ
D領域
回転方向
ドリブンプーリ
A領域
σT_{LOW}
回転方向
B領域

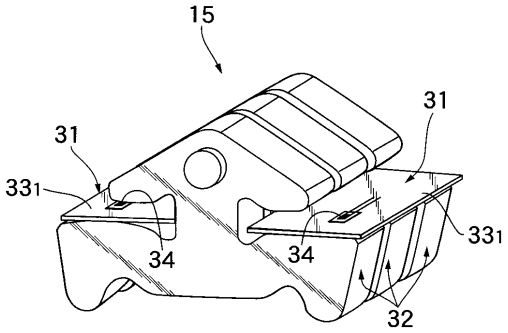
【図４】


NO.3リング
NO.2リング
NO.1リング
金属エレメント
μr
μr
μs
ΔT_3
F_3
ΔT_2
F_2
ΔT_1
F_1
N_3
N_2
N_1
F_3
F_2
サドル面
金属リング集合体

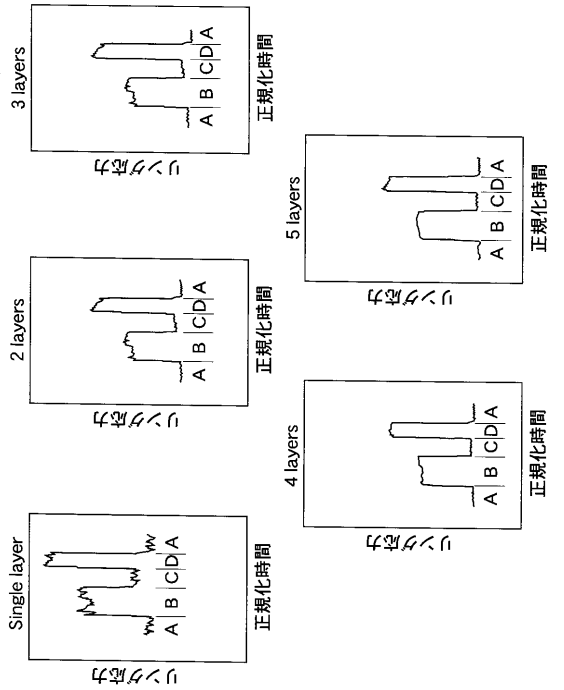
【図５】


2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
$\xi=(\mu s/\mu r)$
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
−0.1
−0.2
−0.3
−0.4
−0.5
$\Delta T_1/\Delta T_{ALL}$

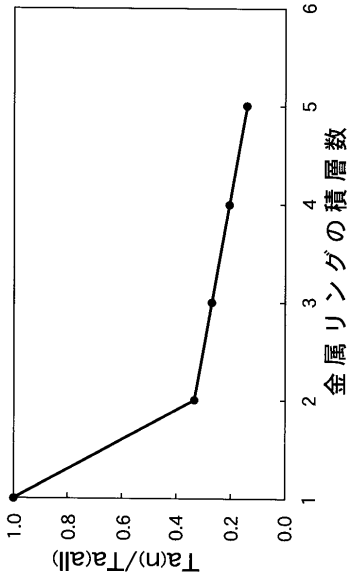
【図６】


15
31
31
33_1
33_1
34
34
32

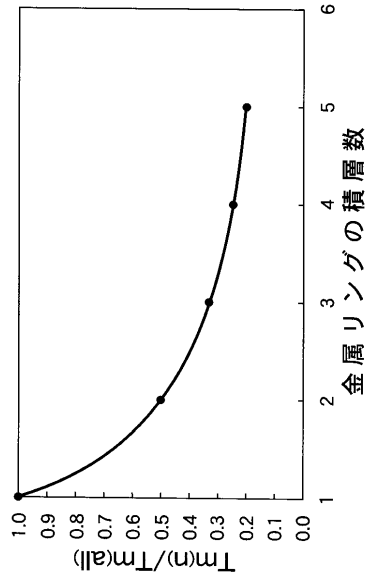
【図７】


Single layer
2 layers
3 layers
4 layers
5 layers
A B C D A
正規化時間
リンギング

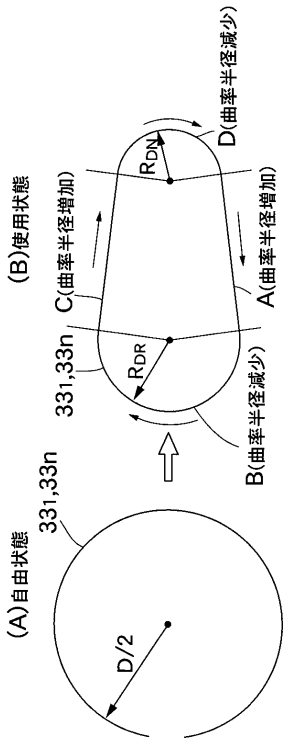
【図８】


Ta(n)/Ta(all)
金属リングの積層数

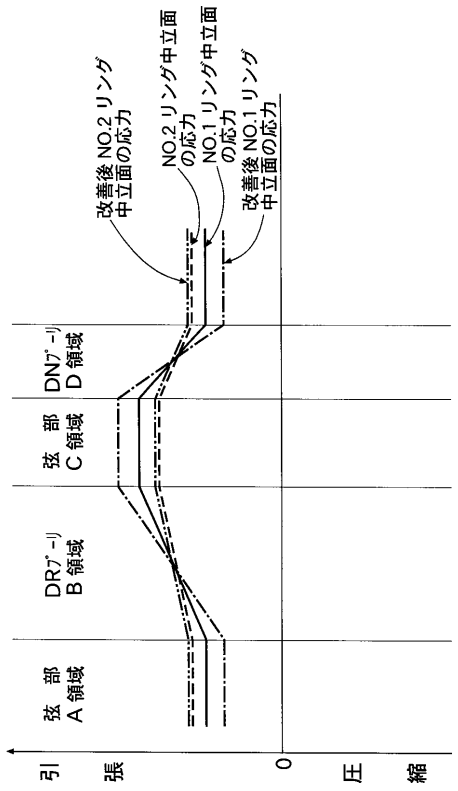
【図９】


Tm(n)/Tm(all)
金属リングの積層数

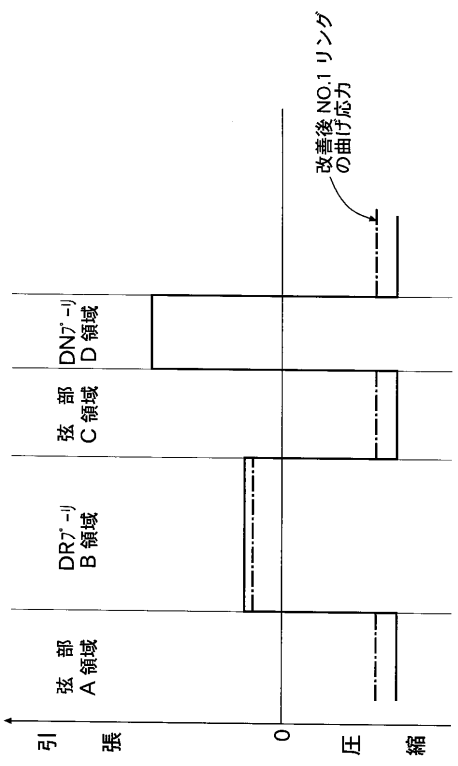
【図１０】


(A)自由状態
331,33n
D/2
(B)使用状態
331,33n
C(曲率半径増加)
A(曲率半径増加)
B(曲率半径減少)
D(曲率半径減少)
RDR
RDN

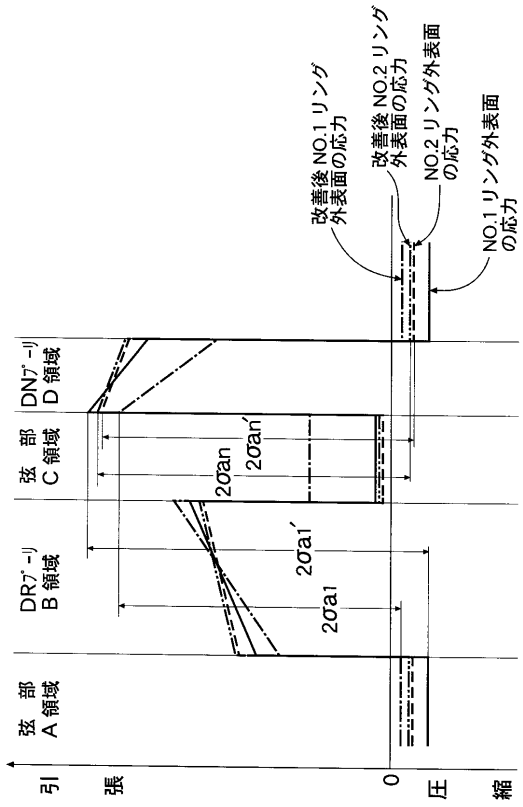
【図１１】



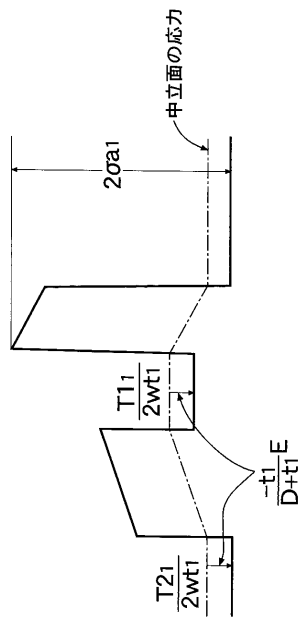
【図１２】



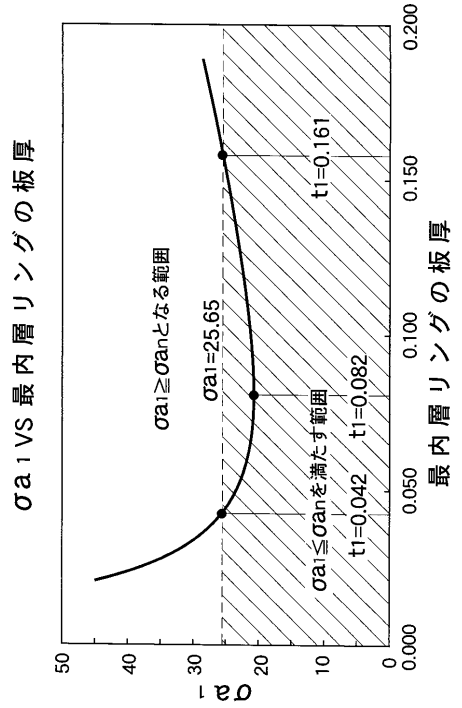
【図１３】



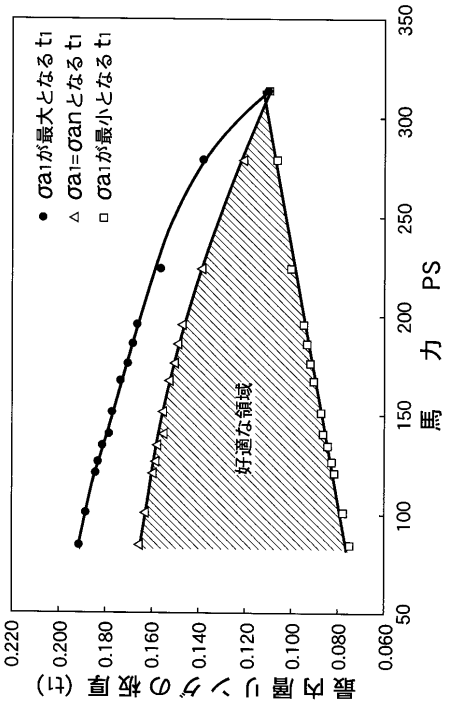
【図１４】



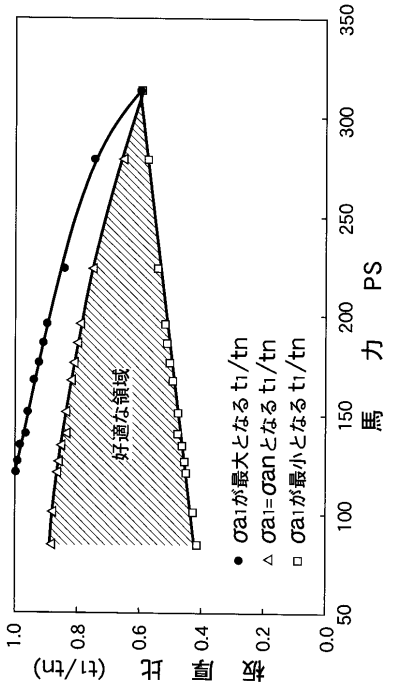
【図１５】


σa1 VS 最内層リングの板厚
σa1
最内層リングの板厚
σa1≧σanとなる範囲
σa1=25.65
σa1≦σanを満たす範囲
t1=0.042
t1=0.082
t1=0.161

【図１６】


最内層リングの板厚 (t1)
馬力 PS
● σa1が最大となるt1
△ σa1=σanとなるt1
□ σa1が最小となるt1
好適な領域

【図１７】


表層比 (t1/tn)
馬力 PS
● σa1が最大となるt1/tn
△ σa1=σanとなるt1/tn
□ σa1が最小となるt1/tn
好適な領域

フロントページの続き

(72)発明者　赤木　宏文
埼玉県和光市中央１丁目４番１号　株式会社本田技術研究所内

審査官　鳥居　稔

(56)参考文献　実開昭５９－００７９５０（ＪＰ，Ｕ）
特開昭６２－０２８５４８（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
F16G　5/16