

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2009-133335

(P2009-133335A)

(43) 公開日 平成21年6月18日(2009.6.18)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
F 1 6 F 1/18 (2006.01)	F 1 6 F 1/18 Z	3 J 0 5 9
C 2 1 D 1/10 (2006.01)	C 2 1 D 1/10 H	4 K 0 4 2
C 2 1 D 1/18 (2006.01)	C 2 1 D 1/10 F	
C 2 1 D 7/06 (2006.01)	C 2 1 D 1/10 J	
C 2 1 D 9/02 (2006.01)	C 2 1 D 1/18 P	
審査請求 未請求 請求項の数 19 O L (全 15 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2007-307653 (P2007-307653)
 (22) 出願日 平成19年11月28日(2007.11.28)

(71) 出願人 000004640
 日本発條株式会社
 神奈川県横浜市金沢区福浦3丁目10番地
 (71) 出願人 597052145
 株式会社 ホリキリ
 千葉県八千代市上高野1827番地4
 (74) 代理人 100134865
 弁理士 田中 泰彦
 (74) 代理人 100149283
 弁理士 大越 剛
 (72) 発明者 綾田 倫彦
 横浜市金沢区福浦3丁目10番地 日本発
 条株式会社内

最終頁に続く

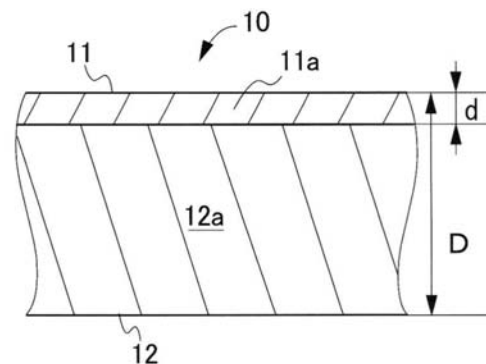
(54) 【発明の名称】 板ばね材及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】高周波加熱を利用し、機械特性に優れた板ばね材及びこれを安定して得ることのできる板ばね材の製造方法を提供する。

【解決手段】第1面11及び第2面12を有する略短冊状の鋼板10からなる板ばね材である。第2面12近傍の母材組織12aよりも高い平均硬度を有する高周波焼入れ組織からなる硬化層11aを第1面近傍に有するとともに、第1面近傍において硬化層11aの厚さdよりも少なくとも小さくない厚さの圧縮残留応力層を有することを特徴とする。かかる特徴的な組織は、所定以上の引張応力を与えたストレス高周波焼入れによって得られる。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

第 1 面及び第 2 面を有する略短冊状の鋼板からなる板ばね材であって、前記第 2 面近傍の母材組織よりも高い平均硬度を有する高周波焼入れ組織からなる硬化層を前記第 1 面近傍に有するとともに、前記第 1 面近傍において前記硬化層よりも少なくとも小さくない厚さの圧縮残留応力層を有することを特徴とする板ばね材。

【請求項 2】

前記圧縮残留応力層は、前記第 2 面側の界面においてステップ型に変化する応力分布を有することを特徴とする請求項 1 記載の板ばね材。

【請求項 3】

前記圧縮残留応力層の圧縮残留応力の絶対値は、少なくとも 650 MPa よりも大であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の板ばね材。

【請求項 4】

前記硬化層は、少なくとも 650 HV 以上の硬度を有することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のうちの 1 に記載の板ばね材。

【請求項 5】

前記硬化層は、前記鋼板の厚さの 5 ~ 10 パーセントの厚さを有することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のうちの 1 に記載の板ばね材。

【請求項 6】

前記高周波焼入れ組織は、マルテンサイト + オーステナイト二相組織からなることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のうちの 1 に記載の板ばね材。

【請求項 7】

前記母材組織は、マルテンサイト、マルテンサイトを焼戻した組織、トルースタイト、ソルバイト、ベイナイト、フェライト及びパーライトのうちの 1 種以上からなることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のうちの 1 に記載の板ばね材。

【請求項 8】

略短冊状鋼板の第 1 面にその長手方向に沿って引張応力を与えると同時に第 2 面にその長手方向に沿って圧縮応力を与えて、前記第 1 面を高周波焼入れする板ばね材の製造方法であって、

前記高周波焼入れは、前記第 2 面近傍の母材組織よりも高い平均硬度を有する高周波焼入れ組織からなる硬化層を前記第 1 面近傍に与えると同時に、前記第 1 面近傍において前記硬化層よりも少なくとも小さくない厚さの圧縮残留応力層を与えることを特徴とする板ばね材の製造方法。

【請求項 9】

前記高周波焼入れは、前記第 1 面に常温において 1000 MPa 以上の引張応力を与えてから加熱・焼入れを行って、前記引張応力を除荷することを特徴とする請求項 8 記載の板ばね材の製造方法。

【請求項 10】

前記高周波焼入れ後に、低温焼戻しを行うことを特徴とする請求項 8 又は 9 に記載の板ばね材の製造方法。

【請求項 11】

前記低温焼戻しの熱処理温度は、80 ~ 160 で行うことを特徴とする請求項 10 記載の板ばね材の製造方法。

【請求項 12】

前記低温焼戻しは、120 分間よりも短い時間だけ行うことを特徴とする請求項 10 又は 11 のうちの 1 に記載の板ばね材の製造方法。

【請求項 13】

前記第 1 面にショットピーニングを行うことを特徴とする請求項 8 乃至 12 のうちの 1 に記載の板ばね材の製造方法。

【請求項 14】

10

20

30

40

50

前記圧縮残留応力層は、前記第 2 面側の界面においてステップ型に変化する応力分布を有することを特徴とする請求項 8 乃至 13 のうちの 1 に記載の板ばね材の製造方法。

【請求項 15】

前記圧縮残留応力層の圧縮残留応力の絶対値は、少なくとも 650 MPa よりも大であることを特徴とする請求項 8 乃至 14 のうちの 1 に記載の板ばね材の製造方法。

【請求項 16】

前記硬化層は、少なくとも 650 HV 以上の硬度を有することを特徴とする請求項 8 乃至 15 のうちの 1 に記載の板ばね材の製造方法。

【請求項 17】

前記硬化層は、前記鋼板の厚さの 5 ~ 10 パーセントの厚さを有することを特徴とする請求項 8 乃至 16 のうちの 1 に記載の板ばね材の製造方法。

【請求項 18】

前記高周波焼入れ組織は、マルテンサイト + オーステナイト二相組織からなることを特徴とする請求項 8 乃至 17 のうちの 1 に記載の板ばね材の製造方法。

【請求項 19】

前記母材組織は、マルテンサイト、マルテンサイトを焼戻した組織、トルースタイト、ソルバイト、ベイナイト、フェライト及びパーライトのうちの 1 種以上からなることを特徴とする請求項 8 乃至 18 のうちの 1 に記載の板ばね材の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、板ばね材及びその製造方法に関し、高周波焼入れによる熱処理を利用してばね寿命を向上せしめた板ばね材及びその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

「ばね」に用いられるばね材は、ばね鋼からなる金属素材を冷間又は熱間成形して「ばね」としての形状を与えた後に、焼入れ焼戻しの熱処理を行って提供される。また疲れ強さを向上させるべく、その表面にショットピーニングを施して圧縮残留応力を与えることも広く行われている。近年、焼入れを高周波加熱装置によって行って、疲れ強さを向上させたばね材が知られている。

【0003】

例えば、特許文献 1 では、冷間成形したコイルを高周波加熱装置によって焼入れを行って、疲れ強さを向上させたコイルばね材が開示されている。高周波焼入れによれば、加熱を迅速に行うことができるから、ばね材の表面からの脱炭を抑えることができるとともに、結晶粒の成長を低減することもできて、「ばね」としての疲れ強さを向上させると述べている。また、高周波加熱装置による熱処理においては、温度管理が比較的容易であり、精度良く加熱することができるから、高い疲れ強さを与える金属組織をばね材に安定して与え得るのである。

【0004】

また、高周波加熱装置によってばね材の一部に熱処理を行って疲れ強さを向上させたばね材も知られている。

【0005】

例えば、特許文献 2 では、板ばね材の一方の表面のみに高周波焼入れを施した板ばねの製造方法が開示されている。詳細には、ばね鋼からなる短冊状の板ばね材を冷間又は熱間成形して焼入れ焼戻しの熱処理を行う。すなわち通常の板ばね材を得る。その後、板ばねの使用状態と同じ方向に向けて荷重を付加すると、板ばね材は厚さを有しているから、その第 1 面には引張応力が、第 2 面には圧縮応力が生起するのである。引張応力が作用する第 1 面近傍を高周波加熱装置で加熱すると、表面近傍では応力緩和が生じて引張応力が緩和される。冷却の後、荷重を除荷すると、第 1 面には圧縮応力が与えられて、高い疲れ強さのばね材を得ることができるのである。

【特許文献 1】特開 2 0 0 4 - 3 2 3 9 1 2 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 6 - 7 1 0 8 2 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 6】

特許文献 1 に開示の如く、高周波加熱装置によれば、精度良くばね材を熱処理することができて、安定して所定の金属組織をばね材に与え得るのである。また特許文献 2 に開示の如く、ばね材の一部に熱処理を行うことで複合組織を得ることができて、「ばね」としての機械特性に優れたばね材を得ることが期待できるのである。しかし、最近ではさらに高い疲労強度が求められている。

10

【0 0 0 7】

本発明は、以上のような状況に鑑みてなされたものであって、高周波加熱を利用し、機械特性に優れた板ばね材及びこれを安定して得ることのできる板ばね材の製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0 0 0 8】

本発明による板ばね材は、第 1 面及び第 2 面を有する略短冊状の鋼板からなる板ばね材である。前記第 2 面近傍の母材組織よりも高い平均硬度を有する高周波焼入れ組織からなる硬化層を前記第 1 面近傍に有するとともに、前記第 1 面近傍において前記硬化層よりも少なくとも小さくない厚さの圧縮残留応力層を有することを特徴とする。

20

【0 0 0 9】

本発明によれば、板ばね材は、高周波焼入れ組織からなる硬化層だけでなく、焼入れ表面側からさらに深部の母材組織を有する領域にまで圧縮残留応力を与えられている。かかる構成により、母材組織と高周波焼入れ組織との界面近傍における機械特性を改善することができて、「ばね」としての疲労特性を大幅に向上させることができるのである。

【0 0 1 0】

また、本発明による板ばね材の製造方法は、略短冊状鋼板の第 1 面にその長手方向に沿って引張応力を与えると同時に第 2 面にその長手方向に沿って圧縮応力を与えて、前記第 1 面を高周波焼入れする板ばね材の製造方法である。前記高周波焼入れは、前記第 2 面近傍の母材組織よりも高い平均硬度を有する高周波焼入れ組織からなる硬化層を前記第 1 面近傍に与えると同時に、前記第 1 面近傍において前記硬化層よりも少なくとも小さくない厚さの圧縮残留応力層を与えることを特徴とする。

30

【0 0 1 1】

本発明によれば、高周波焼入れ組織からなる硬化層だけでなく、さらに深部の母材組織を有する領域にまで圧縮残留応力を与えた板ばね材を得ることができるのである。すなわち、母材組織と高周波焼入れ組織との界面近傍における機械特性を改善することができて、「ばね」としての疲労特性を大幅に向上させることができるのである。しかも、このような板ばね材は、高周波焼入れによる上記したような簡便な方法によって実現可能である。故に、安定した提供が可能となるのである。

【発明を実施するための最良の形態】

40

【0 0 1 2】

本発明の 1 つの実施例としての板ばね材及びその製造方法について説明する。

【0 0 1 3】

まず、ばね鋼からなる金属素材を冷間又は熱間成形して「板ばね」としての形状を与えた板ばね材を用意する。すなわち、通常の板ばね材を用意する。このような略短冊状の湾曲した鋼板からなる板ばね材に常温で「ばね」としての使用時と同じ方向に荷重を付加する。すなわち、湾曲して撓んだ形状の板ばね材を伸ばして平板として固定するのである。このとき、板ばね材は厚さを有しているから、その第 1 面には長手方向に沿って引張応力が生じ、第 2 面には長手方向に沿って圧縮応力が生じるのである。後述する典型的な高周波焼入れ組織を得るには、第 1 面の引張応力を大とするのである。好ましくはこの引張応

50

力は常温において1000MPa以上である。

【0014】

板ばね材を伸ばして平板として固定した状態で、第1面を高周波焼入れするとその表面の引張応力が熱によって速やかに緩和される。冷却後、固定を解除して荷重を除荷すると、板ばね材の第1面には圧縮残留応力が与えられるのである。その後、好ましくは、80～160の低温熱処理を残留応力が所定以上緩和されないように120分よりも短い時間だけ行うのである。

【0015】

ここで、上記したストレス高周波焼入れ工程によって得られた板ばね材において、高周波焼入れされた第1面と反対側の第2面近傍は母材組織である。つまり最初に用意した板ばね材の組織と同じであって、マルテンサイト、マルテンサイトを焼戻した組織、トールサイト、ソルサイト、ベイナイト、フェライト及びパーライトのうちの1種以上などからなる母材組織である。なお、高周波焼入れ前において、第1面近傍も母材組織と同じ組織である。ストレス高周波焼入れを行うと、第1面近傍には650HV以上の母材組織よりも高い平均硬度を有するマルテンサイトを主とした高周波焼入れ組織が得られるのである。かかる高周波焼入れ組織からなる高い平均硬度の硬化層の厚さは、板ばね材の厚さの5～10パーセントであることが好ましい。

【0016】

ところで、第1面に上記したような大なる引張応力を与えながら高周波焼入れを行う際、その引張応力、高周波加熱条件（出力及び移動速度等）及び冷却条件（冷却能及び移動速度等）の調整（以後、焼入れ条件と称する。）により、上記した圧縮残留応力の分布を調整できる。特に、高周波焼入れによって得られる圧縮残留応力の分布は、第1面から第2面側に向けてほぼ一定の圧縮応力値を示した後に急激にゼロ近傍の応力となる。すなわち、ステップ型の残留応力分布を示す特徴がある。所定値以上の圧縮残留応力から急激に圧縮応力の減少する位置は、高周波焼入れ組織を有する硬化層よりも深部の母材組織を有する領域にまで及ぶ。すなわち、母材組織と高周波焼入れ組織との界面近傍における機械特性を改善することができて、「ばね」としての疲労特性を大幅に向上させることができるのである。かかる圧縮残留応力の所定値は650MPa以上であり、このときばね寿命を大幅に向上できて好ましい。

【0017】

以上述べてきたように、本発明の製造方法により得られる本発明の板ばね材によれば、従来の改良オースフォーミング材からなる板ばね材に比べて、例えばワイブル統計確率に基づく疲労寿命である B_{10} 寿命で評価して、安定して3倍以上の寿命を有するのである。

【実施例】

【0018】

更に本発明による実施例について図1及び図2を参照しつつ、詳細に説明する。

【0019】

以下ではJIS SUP11A鋼材を使用した実施例について詳細を述べるが、鋼材はこれに限定されない。特に一般的なばね鋼（JIS 4801）及び同等材に関して同様の実施が可能である。

【0020】

図1に示すように、フェライト＋パーライト二相組織のばね鋼からなる鋼板を所定寸法の短冊状に切断する。これを加熱しながら形状を整えて焼入れ焼戻しを行うと、湾曲して撓んだ形状のストレス高周波焼入れ処理前板ばね材10-1を得ることができる。なお、この工程は公知である故に詳述しない。かかる処理前板ばね材10-1は、マルテンサイトを焼戻した組織である。なお、焼入れを行わずにフェライト＋パーライト二相組織のままの板ばね材、等温変態により得られるベイナイト組織を有する板ばね材なども適宜用いることもできる。

【0021】

図 1 (a) に示すように、処理前板ばね材 1 0 - 1 の反り上がった両端部が上に、また中央部が下になるようにしてこれを固定台 1 上に配置する。

【 0 0 2 2 】

図 1 (b) に示すように、処理前板ばね材 1 0 - 1 の両端部を固定台 1 上に押さえつけて略平板となるようにクランプ 2 で固定する。このとき、処理前板ばね材 1 0 - 1 の厚さにより、第 1 面 (上面) 1 1 には引張応力 $TMPa$ が生じ、第 2 面 (下面) 1 2 には圧縮応力が生じる。

【 0 0 2 3 】

図 1 (c) に示すように、高周波加熱手段 3 を処理前板ばね材 1 0 - 1 の長手方向 A に沿って移動させながら、所定出力で第 1 面 1 1 を加熱する。これにより第 1 面 1 1 の引張応力が緩和される。これとともに、第 1 面 1 1 近傍は、マルテンサイトを焼戻した組織 (若しくは、フェライト + パーライト二相組織、若しくはベイナイト組織など) から高温相であるオーステナイトのほぼ単相組織に変化する。

【 0 0 2 4 】

一方、冷却手段 4 を高周波加熱手段 3 の後を追うように A 方向に移動させながら、第 1 面 1 1 の加熱部分を順次、冷却していく。これにより、上記した加熱工程でオーステナイト相に変化した第 1 面 1 1 近傍をマルテンサイト + オーステナイト二相組織に焼入れるのである。

【 0 0 2 5 】

なお、焼入れ条件により、処理前板ばね材 1 0 - 1 の第 1 面近傍の温度分布及び焼入れ組織などを調整することができる。すなわち、上記した焼入れ硬化層 1 1 a の厚さ、及び、第 1 面 1 1 近傍の残留応力分布が調整できるのである。

【 0 0 2 6 】

図 1 (d) に示すように、上記した高周波加熱及び焼入れを処理前板ばね材 1 0 - 1 の所定部分、例えば、中央部分だけ、若しくは一端部から他端部まで適宜必要に応じて行って板ばね材 1 0 を得る。

【 0 0 2 7 】

図 1 (e) に示すように、クランプ 2 をはずすと、第 2 面の圧縮応力が開放されて板ばね材 1 0 は再び両端部を上方にそり上げた形状に戻る。このとき、第 1 面 1 1 の近傍には圧縮応力が生じようとするのである。

【 0 0 2 8 】

図 2 に示すように、本実施例による板ばね材 1 0 (厚さを D とする。) は、マルテンサイトを焼戻した組織である母材組織を有する母材層 1 2 a と、厚さ d のマルテンサイト + 残留オーステナイト二相組織 (焼入れ組織) を有する硬化層 1 1 a との二層からなる。なお、母材組織は、マルテンサイト、マルテンサイトを焼戻した組織、ベイナイト、または、フェライト + パーライト二相組織であってもよく、炭化物を均等に分布せしめる処理を行っておくことが好ましい。

【 0 0 2 9 】

ところで、後述する実施例及び比較例の試料の作製にあたって、いくつかの前実験を行っている。

【 0 0 3 0 】

図 3 には、硬化層 1 1 a のビッカース硬度のみが異なる板ばね材 1 0 を用意して、耐久試験を行った結果を示している。なお、耐久試験の応力負荷条件は $700 + / - 560 MPa$ である。ビッカース硬度 $725 HV$ の試験片では、3 回の試験とも 9×10^4 回以上の高い耐久回数を得られた (参照符 3 1 を参照) 。一方、ビッカース硬度 $630 HV$ の試験片では、3 回の試験とも 9×10^4 回以下の耐久回数であった (参照符 3 2 を参照) 。

【 0 0 3 1 】

すなわち、まず、鋼板は上記した高周波熱処理及び焼戻しを行った後に、ビッカース硬度 $650 HV$ を得られる炭素量の鋼板であることが好ましい。また、逆に、一般的にビッカース硬度 $650 HV$ 程度を得られる $SUP11A$ 鋼板を含むばね鋼において、高周波熱

10

20

30

40

50

処理及び焼戻しを行った後にビッカース硬度 650HV 以下であるなら、焼入れが不十分であったり、脱炭されてしまっているのである。かかる場合、従来の典型的な改良オースフォーミング材からなる板ばね材に比べて、 B_{10} 寿命で安定して 3 倍以上の寿命が得られず、好ましくない。

【0032】

ところで、一般的に硬度が高いほど疲労強度は高いため、硬度の上限は限定されない。一方で、傷などの欠陥があると、高い硬度であるほど疲労強度は低下してしまう。そこで「ばね材」として提供される環境等により適宜、硬度の上限が決定される。

【0033】

次に、図 4 には、上記したようなビッカース硬度 650HV を有する硬化層 11a の厚さ d のみが異なる板ばね材 10 を用意して耐久試験を行った結果を示している。鋼板厚さ D に対する硬化層 11a の厚さ d が 5% 以下若しくは 10% 以上では、最高でも 10^5 回以下の耐久回数しか得られなかった（参照符 41 を参照）。また、鋼板厚さ D に対する硬化層 11a の厚さ d が 5 から 10% では、少なくとも 8×10^4 回以上の耐久回数を得ることが出来るのである（参照符 42 を参照）。つまり、 $d/D \times 100\%$ の値が一定の範囲内にあることが好ましく、この好ましい値の範囲は 5 から 10% である。

10

【0034】

ここで母材層 12a の硬化層 11a の近傍は、高周波焼入れにより熱影響を受けて母材層 12a の第 2 面 12 近傍の硬度よりも低くなってしまう場合がある（熱影響層）。硬化層 11a の厚さ d が小さい場合、「板ばね」としての曲げ応力を負荷されたときに熱影響層が降伏して、疲労特性を低下せしめてしまうことがある。このような硬化層 11a の下限厚さ d は、 $d/D \times 100\% = 5\%$ である。

20

【0035】

一方、硬化層 11a の厚さ d が大きすぎると、母材層 12a の復元力による硬化層 11a 近傍の圧縮残留応力が有効に得られない。このような上限の硬化層 11a の厚さ d は、 $d/D \times 100\% = 10\%$ である。

【0036】

図 5 では、第 1 面 11 の表面圧縮残留応力のみが異なる板ばね材 10 を用意して耐久試験を行った結果を示している。表面圧縮残留応力が大であるほど耐久回数が向上する。安定して 5×10^5 回以上の耐久回数を得るには、表面圧縮残留応力が 650MPa 以上であることが好ましい。なお、表面圧縮残留応力は高いことが好ましいが、この最大値は降伏応力である。

30

【0037】

ところで、図 6 に示すように、高周波焼入れによって得られる硬化層 11a は、第 1 面 11 から深さ方向にほぼ一定の硬度を有し、ある深さ位置で急激に硬度が低下する。本発明の板ばね材 10 の硬度分布 61 においては、第 1 面 11 から急激に硬度が低下する位置まで（すなわち、ビッカース硬度 650HV 以下となる位置まで）を硬化層 11a の厚さ d と定義する。なお、後述する比較例の硬度分布 62 においても、深さ方向にほぼ一定の硬度を有した後に、ある深さ位置で急激に硬度が低下している。よって上記した本発明の板ばね材 10 の硬度分布 61 における硬化層 11a の厚さの定義と同様に、硬化層の厚さ d についても第 1 面 11 から急激に硬度が低下する位置までと定義する。なお、比較例において、本発明の板ばね材 10 のように、ビッカース硬度 650HV 以上とならない場合にあっては、硬度が最大値よりも 20% 低下した深さの位置までを硬化層の厚さを d と定義することとする。

40

【0038】

更に、図 7 に示すように、高周波焼入れによって得られる第 1 面 11 近傍の圧縮残留応力分布は、第 1 面 11 から深さ方向にほぼ一定の応力値を有し、ある深さ位置で急激に応力値の絶対値が低下する。本発明の板ばね材 10 の圧縮残留応力分布 71 においては、第 1 面 11 から急激に応力値が低下する位置まで（すなわち、ほぼ 650MPa 以下の絶対値の圧縮応力値となる位置まで）を圧縮残留応力層の厚さ y と定義する。なお、比較例の

50

圧縮残留応力分布 72 においても、厚さ y を同様に第 1 面 11 から圧縮残留応力が急激に低下する位置までと定義する。

【0039】

次に、図 8 に硬化層の厚さ d と圧縮残留応力層の厚さ y とを変化させた板ばね材 10 を用意して、耐久試験を行った結果を示している。なお、厚さ y を規定するために用いた圧縮残留応力値は 650 MPa である。(圧縮残留応力値が 650 MPa 以下では後述する耐久試験結果を得られないことは図 5 における記載を参照されたい。)

【0040】

ここで、100 万回以上の耐久回数の試料(参照符 81)若しくは 100 万回の耐久回数で内部破壊にとどまった試料(参照符 82)は、圧縮残留応力層の厚さ y が硬化層の厚さ d よりも大きい範囲内に存在する。一方で、表面破壊を生じてしまった試料(参照符 83)は、圧縮残留応力層の厚さ y が硬化層の厚さ d よりも小である範囲内に存在する。つまり、上記した母材層 12a の硬化層 11a の近傍の熱影響層や、硬度の急激に変化する硬化層 11a / 母材層 12a の界面を越えて圧縮残留応力を与えることで、これらの部分の降伏を防止できるのである。逆に、かかる降伏が生じることで、硬化層 11a における残留応力の低下を生じてしまうので早期折損モードである表面折損を引き起こすと考えられる。以上のことから、圧縮残留応力層の厚さ y が硬化層の厚さ d よりも大であることが好ましい。すなわち、 $y/d > 1.0$ であることが好ましい。

【0041】

図 9 には、更に、 y/d 比を変化させた板ばね材 10 を用意して、耐久試験を行った結果を示している。 $y/d > 1.0$ で耐久回数が大となる傾向がわかる。

【0042】

以上の実験結果をふまえて、SUP11A 鋼板からなる板厚 1.8 mm の略短冊状の処理前板ばね材 10 - 1 に高周波焼入れ条件を変化させて表 1 の如き、実施例 1 乃至 3、及び、比較例 1 乃至 3 の試料を作製した。

【0043】

すなわち、 $y/d > 1.0$ を満たす実施例 1 乃至 3 の板ばね材 10 の製造方法は、高い引張応力を付与した状態で、当該応力が生じた面を高周波焼入れして、冷却後、80 ~ 160 の間の温度で熱処理を行うのである。なお、引張応力が $T = 1000$ MPa よりも小さいと、最終的に得られる板ばね材 10 の残留応力も小さくなって、上記した図 5 の実験結果のように、目標とする疲労特性が得られないのである。故に、 $T = 1000$ MPa 以上であることが好ましい。

【0044】

【表 1】

	硬化層の硬さ (HV)	硬化層厚さと 鋼板厚さの比 (%)	表面圧縮残留 応力(MPa)	y/d 比	耐久回数 (回)
実施例 1	721	7.1	670	1.0	2010000
実施例 2	720	5.6	745	1.1	2513212
実施例 3	750	7.4	671	1.1	1400000
比較例 1	628	7.1	327	1.2	85940
比較例 2	725	4.4	604	0.8	107005
比較例 3	726	10.3	246	0.8	31000

10

20

30

40

50

【 0 0 4 5 】

表 1 に示すように、 $y/d > 1.0$ 、硬化層 11a のビッカース硬度 650HV 以上、及び、650MPa 以上の圧縮残留応力値、及び、5～10% の硬化層厚さと鋼板厚さの比を満たす実施例 1 乃至 3 では、目標とする従来の典型的な改良オースフォーミング材からなる板ばね材に比べて、 B_{10} 寿命で安定して 3 倍以上の寿命を有するのである。

【 0 0 4 6 】

なお、熱処理は、塗装工程の乾燥工程で行われていてもよい。塗装工程における乾燥温度が 80 よりも低いと板ばね材に割れが発生する場合がある。また、乾燥温度が 160 よりも高いと残留応力が緩和されてしまって、上記した如き所望の疲労特性が得られない。また、乾燥工程における熱処理時間は、5 分以下では、塗装が乾燥せず、また 120 分以上では残留応力が緩和され得たり、乾燥工程に過大なエネルギーのロスを生じさせてしまうこととなる。以上の如く、焼戻しのための条件と乾燥のための条件とを考量して最適条件が決定されるべきである。

10

【 0 0 4 7 】

さらなる疲労特性の向上のためには、公知の表面処理工程を加えても良い。例えば、微粒子でピーニングすることばね材の最表面の圧縮残留応力を更に増加せしめ、より疲労特性を向上させ得るのである。

【 0 0 4 8 】

以上、本実施例のばね材によれば、公知の典型的な改良オースフォーミング材の B_{10} 寿命の 3 倍以上の耐久性を安定して示すのである。

20

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 9 】

【図 1】本発明による板ばね材の製造方法の図である。

【図 2】本発明による板ばね材の部分断面である。

【図 3】板ばね材の耐久試験におけるビッカース硬度と耐久回数のグラフである。

【図 4】板ばね材の耐久試験における鋼板厚さ D に対する硬化層厚さ d と耐久回数のグラフである。

【図 5】板ばね材の耐久試験における表面圧縮残留応力と耐久回数のグラフである。

【図 6】高周波焼入れした板ばね材のビッカース硬度の分布の図である。

【図 7】高周波焼入れした板ばね材の残留応力の分布の図である。

30

【図 8】板ばね材の耐久試験における圧縮残留応力層の厚さ y と硬化層厚さ d との間の耐久を表す図である。

【図 9】板ばね材の耐久試験における圧縮残留応力層の厚さ y と硬化層厚さ d との比と耐久回数のグラフである。

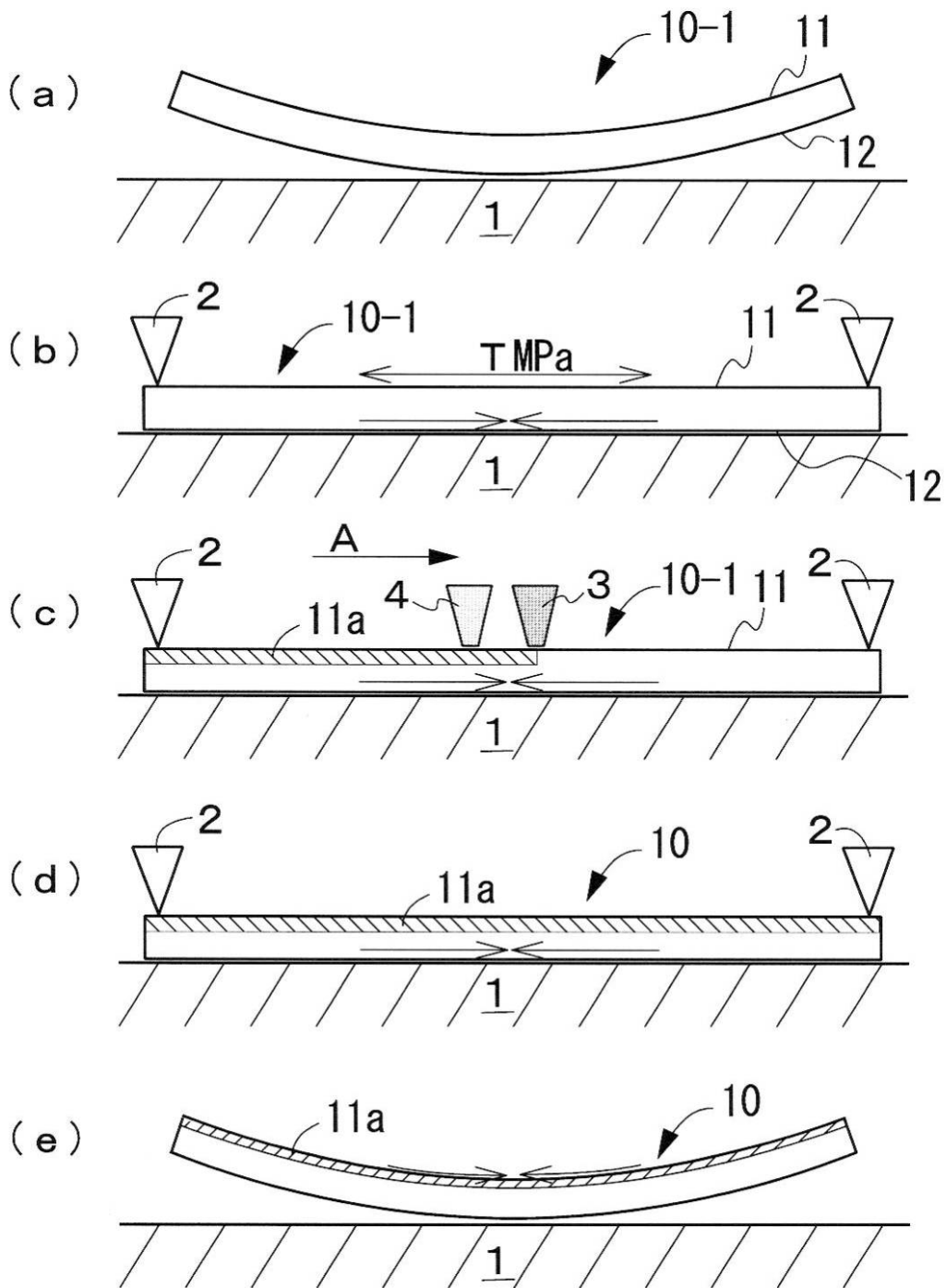
【符号の説明】

【 0 0 5 0 】

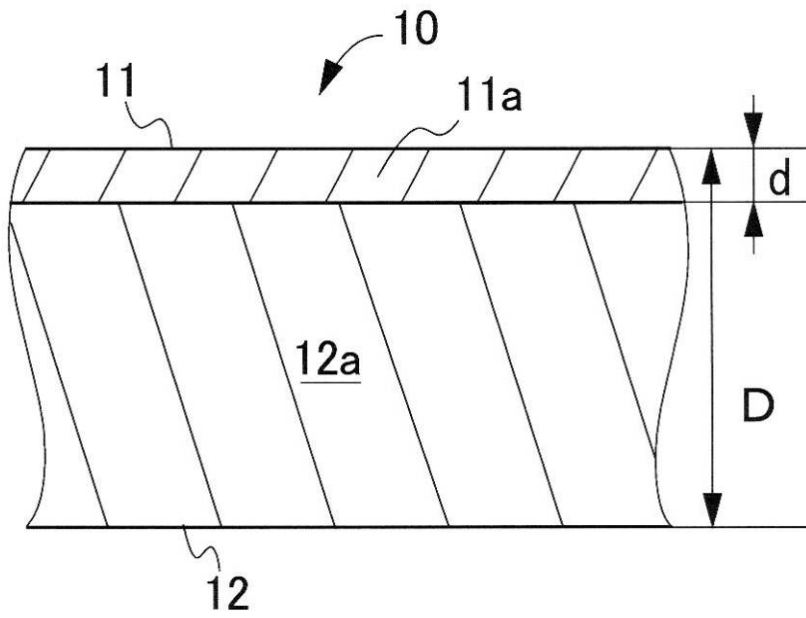
- 1 固定台
- 2 クランプ
- 3 高周波加熱手段
- 4 冷却手段
- 10 板ばね材
- 10 - 1 処理前板ばね材
- 11 第 1 面
- 11 a 硬化層
- 12 第 2 面
- 12 a 母材層

40

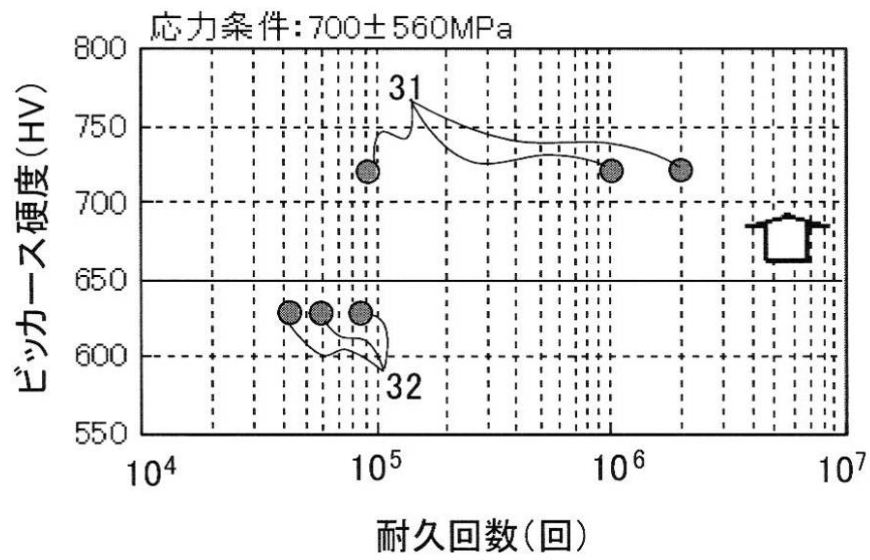
【図 1】



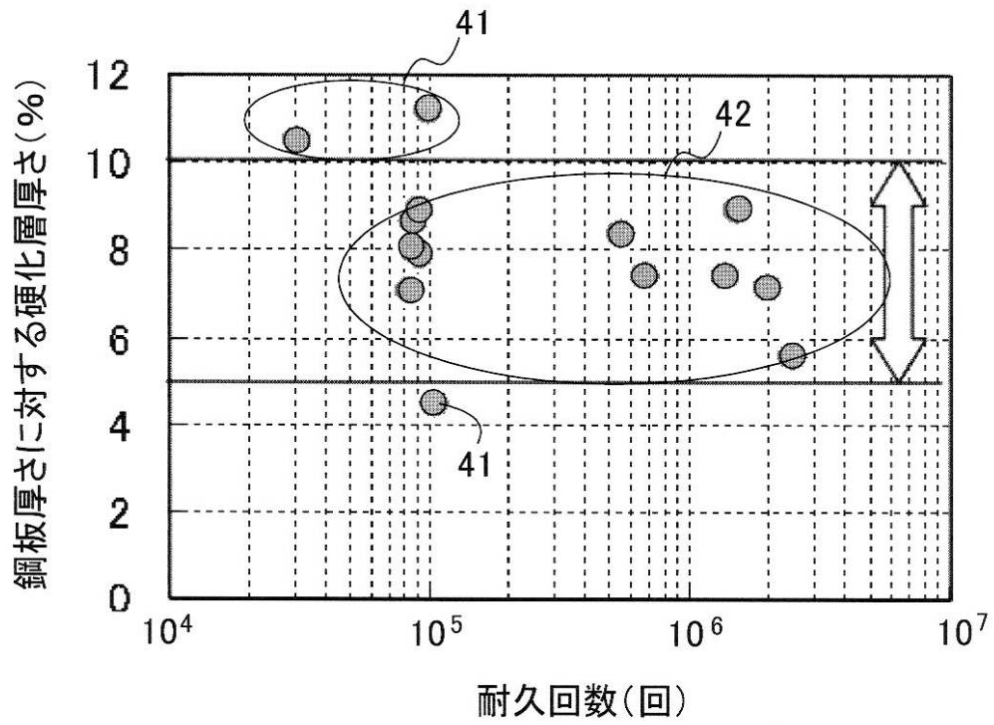
【図 2】



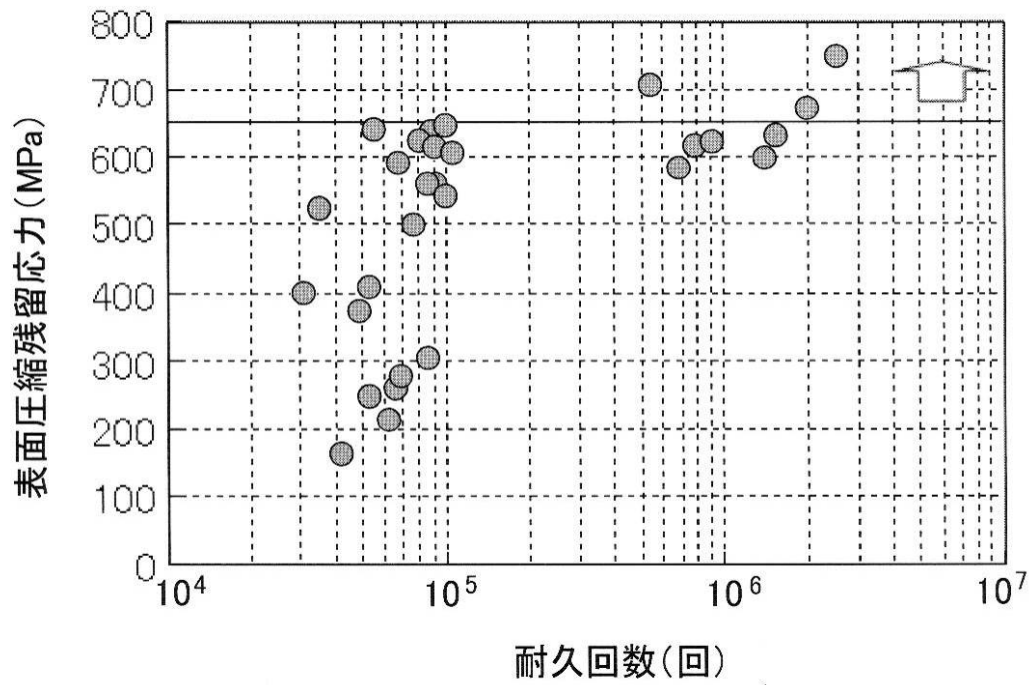
【図 3】



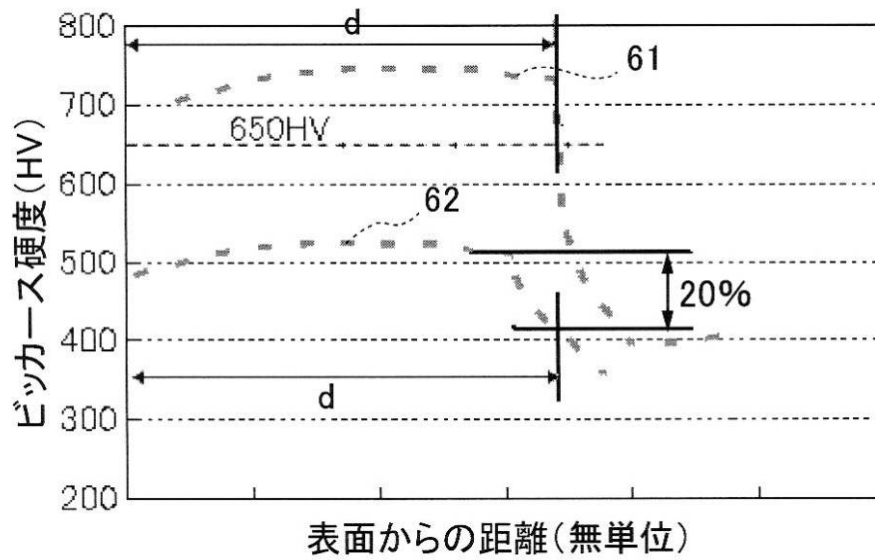
【図 4】



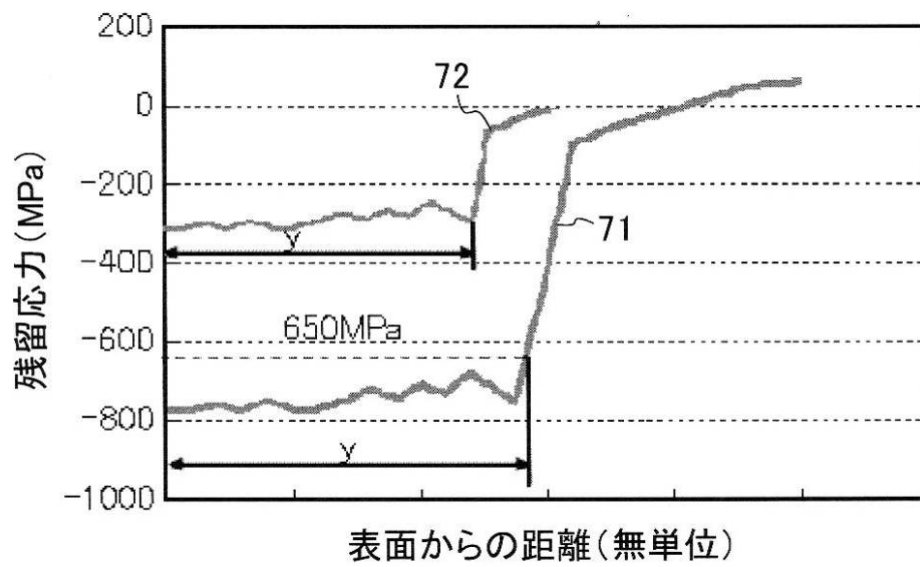
【図 5】



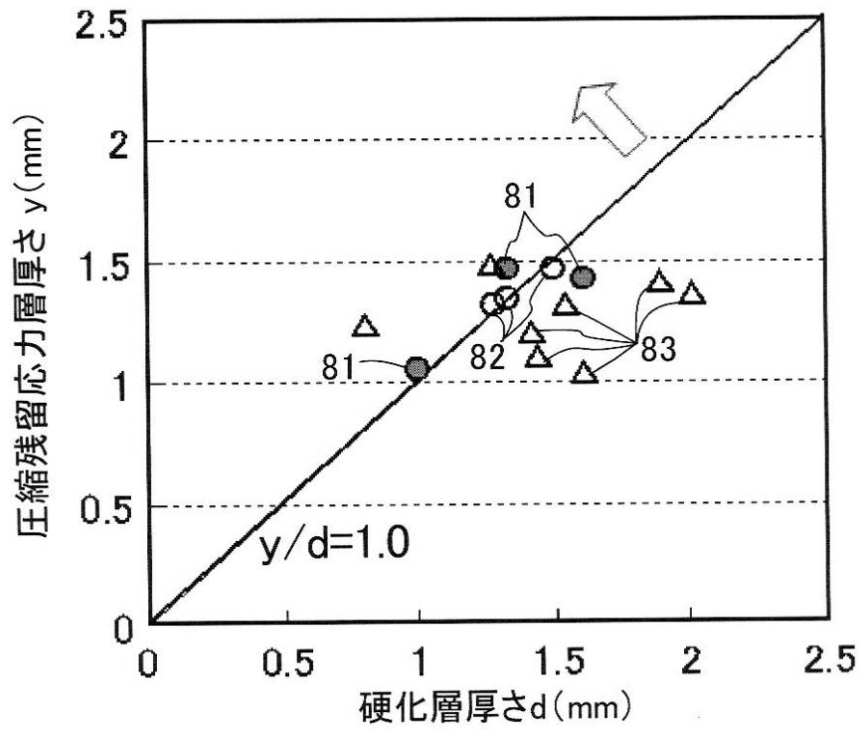
【図 6】



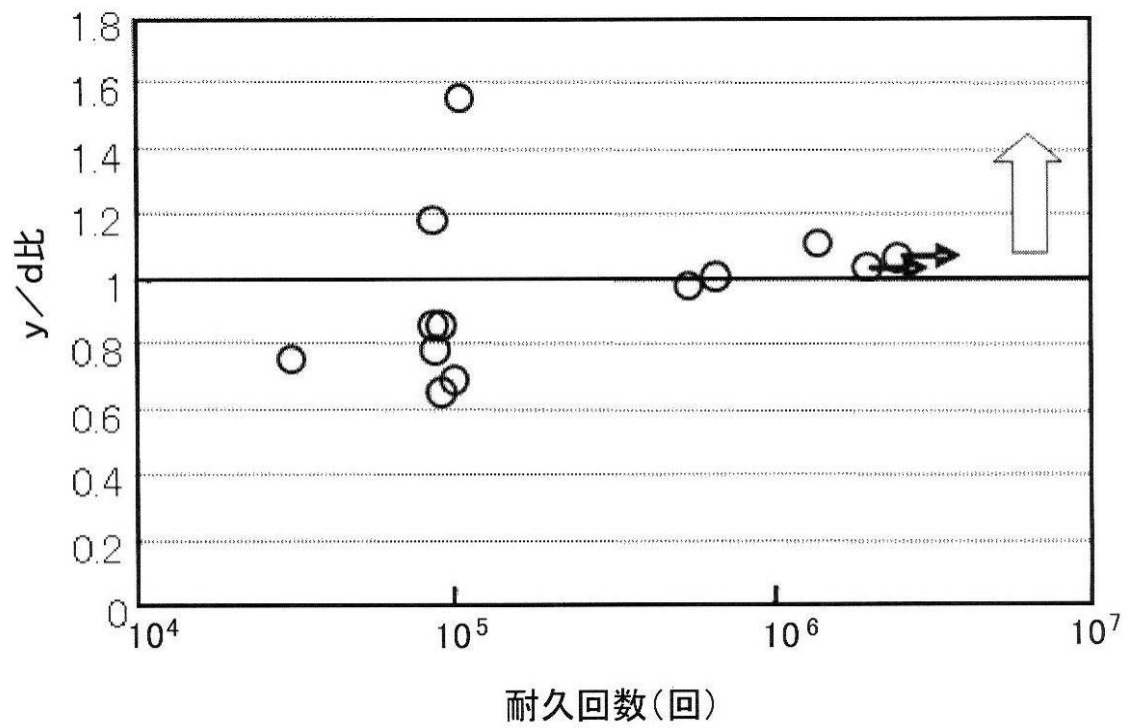
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
	C 2 1 D 7/06	A
	C 2 1 D 9/02	A

(72)発明者 小野 芳樹
横浜市金沢区福浦3丁目10番地 日本発条株式会社内

(72)発明者 高橋 文雄
横浜市金沢区福浦3丁目10番地 日本発条株式会社内

(72)発明者 江橋 弘典
八千代市上高野1827番地4 株式会社ホリキリ内

(72)発明者 菊池 栄
八千代市上高野1827番地4 株式会社ホリキリ内

Fターム(参考) 3J059 AB11 AD04 BA11 BC02 EA08 EA09
4K042 AA03 BA04 CA15 DA01 DA02 DB01 DC05 DD06 DE07