

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4735309号  
(P4735309)

(45) 発行日 平成23年7月27日(2011.7.27)

(24) 登録日 平成23年5月13日(2011.5.13)

(51) Int.Cl.		F 1
<b>C 2 3 C</b> 28/00	(2006.01)	C 2 3 C 28/00 B
<b>C 2 3 C</b> 14/06	(2006.01)	C 2 3 C 14/06 F
<b>C 2 3 C</b> 16/26	(2006.01)	C 2 3 C 16/26

請求項の数 6 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2006-34100 (P2006-34100)	(73) 特許権者	000003207 トヨタ自動車株式会社
(22) 出願日	平成18年2月10日 (2006.2.10)		愛知県豊田市トヨタ町1番地
(65) 公開番号	特開2007-211309 (P2007-211309A)	(74) 代理人	100091096 弁理士 平木 祐輔
(43) 公開日	平成19年8月23日 (2007.8.23)	(74) 代理人	100105463 弁理士 関谷 三男
審査請求日	平成20年4月17日 (2008.4.17)	(74) 代理人	100099128 弁理士 早川 康
		(72) 発明者	佐藤 貴康 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		(72) 発明者	金澤 孝明 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 耐キャビテーションエロージョン用部材及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

液体が接触する基材の表面に非晶質炭素被膜を形成した耐キャビテーションエロージョン用部材であって、

該部材は、前記基材の表面に、複数の柱状構造体からなる第一非晶質炭素被膜と、

該第一非晶質炭素被膜の表面に、配向性なく堆積された複数の粒状構造体からなる第二非晶質炭素被膜と、を少なくとも備え、

前記非晶質炭素被膜が形成される基材の表面に、該基材を硬質化させた硬質層が形成されている、

前記硬質層と前記第一非晶質炭素被膜との間には、さらに、Cr、Ti、W、Ni、Al及びこれらの組合せからなる群から選択される元素を含む密着膜を備えており、

前記密着膜と前記第一非晶質炭素被膜との間に、該第一非晶質炭素被膜から該密着膜に近づくに従って該密着膜を構成する元素の組成になるように、非晶質炭素材料に該密着膜の元素を添加した傾斜膜が形成されており、

前記第一非晶質炭素被膜の膜厚は0.2~0.4μmであり、前記第二非晶質炭素被膜の膜厚は0.5~4.5μmであることを特徴とする耐キャビテーションエロージョン用部材。

【請求項2】

前記粒状構造体の粒径は、平均粒径が5~500nmであることを特徴とする請求項1に記載の耐キャビテーションエロージョン用部材。

## 【請求項3】

前記基材の表面は鉄系材料からなり、前記硬質層は、窒化層、浸炭窒化層、または酸窒化層のいずれかの層であることを特徴とする請求項1または2に記載の耐キャビテーションエロージョン用部材。

## 【請求項4】

液体が接触する基材の表面に非晶質炭素被膜を形成した耐キャビテーションエロージョン用部材の製造方法であって、

該部材の製造方法は、前記基材の表面を硬質化させた硬質層を形成する処理工程と、前記硬質層の表面に、さらに、Cr、Ti、W、Ni、Si、Al及びこれらの組合せからなる群から選択される元素を含む密着膜を成膜する工程と、

前記密着膜の表面に傾斜膜を形成する工程と、

前記傾斜膜の表面に、第一非晶質炭素被膜の膜厚が0.2～0.4μmとなるように、物理気相成長法(PVD)により複数の柱状構造体からなる第一非晶質炭素被膜を成膜する工程と、

該第一非晶質炭素被膜の表面に、第二非晶質炭素被膜の膜厚が0.5～4.5μmとなるように、プラズマ化学気相成長法(プラズマCVD)により配向性なく堆積された複数の粒状構造体からなる第二非晶質炭素被膜を成膜する工程と、を少なくとも含み、

前記傾斜膜は、前記第一非晶質炭素被膜から前記密着膜に近づくに従って該密着膜を構成する元素の組成になるように、非晶質炭素材料に該密着膜の元素が添加されていることを特徴とする耐キャビテーションエロージョン用部材の製造方法。

## 【請求項5】

前記粒状構造体の粒径が、平均粒径5～500nmとなるように成膜されることを特徴とする請求項4に記載の耐キャビテーションエロージョン用部材の製造方法。

## 【請求項6】

前記基材の表面は鉄系材料を含み、前記硬質層を形成する処理は、窒化、浸炭窒化、または酸窒化のいずれかの処理であることを特徴とする請求項4または5に記載の耐キャビテーションエロージョン用部材の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

液体が接触する基材の表面に非晶質炭素被膜を形成した部材及びその部材の製造方法であって、特に、液体中に発生するキャビテーションに対するエロージョンを低減することができる部材及び該部材の製造方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

従来から、車両における油圧機器は高速で作動油が流れるため、このような油圧機器を構成する弁などの近傍では、作動油の中の圧力の低い部分が気化して、蒸気の気泡(キャビテーション気泡)が発生すると共に、この気泡が短時間(数マイクロ秒から数10マイクロ秒)で崩壊し消滅するキャビテーションという現象が生じることがある。そして、このようなキャビテーション気泡の崩壊時には、数GPaに及ぶ衝撃波が発生し、この衝撃波がこれらの弁の表面に作用することにより、その表面は抉れたような凹みによる損傷、いわゆるエロージョン(壊食)が発生し、この結果、油圧機器に、振動、性能低下をもたらすことがあった。

## 【0003】

このようなキャビテーションに対するエロージョンを抑制するために、たとえば、このような弁のうち液体と接触する表面に、タフトライド処理を行うことがある。また、油圧式テンションナーの逆止弁を構成するチェックボールの表面、又は、該チェックボールを受ける環状ボールシートの表面の一方又は双方に、DLC(ダイヤモンド・ライク・カーボン)の被膜を設けたものが提案されている(特許文献1参照)。

## 【特許文献1】特開2003-207001号公報

10

20

30

40

50

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

しかし、近年、車両のハイブリッド化により、走行時における車両のエネルギーを回生するシステムが新しく付加された結果、このような車両を構成する例えばニア弁等の動作回数が増加すると共に、これらの弁を流れる作動油の流量が増加する傾向にある。そして、この作動油が接触する弁の表面にはキャビテーションによるエロージョン（壊食）が起こりやすく、現状の如く鉄系材料の表面にタフトライド処理を行ったもの、又は、単に非晶質炭素被膜（DLC被膜）を被覆したものでは十分にこのエロージョンを抑制することができないおそれがあった。特に、非晶質炭素被膜は、その成膜条件によって、その膜の構造、膜厚、密着性、表面硬さ、 $SP^2$ （グラファイト構造）/ $SP^3$ （ダイヤモンド構造）比、水素濃度、添加金属濃度等の特性が大きく異なり、単に非晶質炭素被膜であれば、このキャビテーションエロージョン特性に優れているものであるとはいえなかった。さらにまた、非晶質炭素被膜（DLC被膜）を被覆した弁は、このような環境下においては、被膜の密着性が充分であるとは言えず、剥離するおそれもあった。

10

## 【0005】

本発明は、このような問題に鑑みてなされたものであって、その目的とするところは、キャビテーションが発生する環境下において、表面に形成する被膜の密着性を確保しつつ、この被膜が形成された部材のキャビテーションエロージョンを低減することができる耐キャビテーションエロージョン用部材及びその製造方法を提供することにある。

20

## 【課題を解決するための手段】

## 【0006】

ところで、発明者らは、鋭意検討を重ねた結果、このようなキャビテーションによるエロージョンの形態は、キャビテーションによる衝撃波が部材の表面に繰り返し作用することで、繰り返し応力により表面近傍が疲労し、表面を構成する部材組織（粒界部分）のうち結合の弱い部分から亀裂が発生し、さらに、この亀裂の進展により部材組織が脱落し欠損するような損傷形態であることがわかった。このような損傷形態から、発明者らは、部材の耐キャビテーションエロージョン特性を向上させるためには、まずこの部材がキャビテーションによる衝撃波に耐え得るに十分な表面硬さを有することが必要であり、このような硬さを有する材料として非晶質炭素材料に着眼した。

30

## 【0007】

そして、発明者らは、非晶質炭素材料からなる被膜に、（１）被膜と基材との密着性を確保させること、（２）衝撃波による粒界（組織の界面）からの損傷を低減させること、の２つの機能を持たせることが重要であると考えて多くの実験及び研究を行った。この結果、発明者らは、基材の表面に規則的に配列された柱状の構造を有した非晶質炭素被膜を形成することにより、被膜と基材との密着性を均一に確保することができ、さらに、配向性のない微細な構造を有した非晶質炭素被膜を用いることにより、粒界の損傷を低減させることができるとの知見を得、このような異なる２つ構造を有した非晶質炭素被膜を積層させることにより、これらの２つ機能を同時に満たすことができるとの新たな知見を得た。

40

## 【0008】

本発明は、本発明者らが得た上記の新たな知見に基づくものであり、本発明に係る耐キャビテーションエロージョン用部材は、液体が接触する基材の表面に非晶質炭素被膜を形成した耐キャビテーションエロージョン用部材であって、該部材は、該基材の表面に、複数の柱状構造体からなる第一非晶質炭素被膜と、該第一非晶質炭素被膜の表面に、配向性なく堆積された複数の粒状構造体からなる第二非晶質炭素被膜と、を少なくとも備えることを特徴としている。

## 【0009】

本発明でいう「複数の柱状構造体」とは、硬質層の表面に対して略垂直方向（一方向）に規則的に延びた柱状の形状の非晶質炭素材料からなる構造体の群をいい、「配向性なく

50

堆積された複数の粒状構造体」とは、特定の方向性なく不規則に堆積された粒状の形状の非晶質炭素材料からなる構造体の群をいう。

【0010】

本発明の如き耐キャビテーションエロージョン用部材は、基材の表面に複数の柱状構造体からなる第一非晶質炭素被膜を設けたことにより、基材と第一非晶質炭素被膜との密着性、及び第一非晶質炭素被膜と第二非晶質炭素被膜との密着性を向上させることができる。さらにこのキャビテーション気泡の衝撃波により、基材の表面にうねりが発生したとしても、このうねりにあわせてこれらの被膜も追従するので、これらの被膜が剥離することはない。さらに、配向性なく堆積された複数の粒状構造体からなる第二非晶質炭素被膜を設けることにより、この粒状構造体の1つ1つが脱落し欠損するので、この部材のキャビテーションエロージョンを低減することができる。

10

【0011】

また、第二非晶質炭素被膜の表面硬さは、 $Hv\ 200\sim 8000$ の幅で成膜することが可能であるが、成膜し易さ等を考えると、表面硬さ $Hv\ 1000\sim 3000$ が好ましい。また、このような第一及び第二非晶質炭素被膜中に、Si、Ti、Cr、Mo、Fe、W、B、Nなどの添加元素を添加してもよく、このような元素を添加することにより、被膜の表面硬さを調整することもできる。また、これらの元素は、この第一非晶質炭素被膜と第二非晶質炭素被膜の厚さ方向に沿って、傾斜組成となるように添加してもよい。このような元素を添加することにより、使用環境に合った被膜となるように、被膜特性の調整を行うことができる。

20

【0012】

また、耐キャビテーションエロージョン用部材は、この第一及び第二非晶質炭素被膜を繰り返して形成した多層膜の構造であってもよく、この場合は、この多層膜のうち第二非晶質炭素被膜が、液体に接触するように形成されていることが好ましい。

【0013】

さらに、このような部材の前記粒状構造体の粒径は、平均粒径が $5\sim 500\text{nm}$ であることが好ましい。このようなナノオーダの微細な粒状構造体を堆積させることにより、緻密な膜を形成することができ、たとえ第二非晶質炭素被膜を構成する粒状構造体の1つ1つがキャビテーションによる衝撃波により脱落したとしても、全体としての損傷は小さいので、耐キャビテーションエロージョン特性をさらに向上させることができる。

30

【0014】

さらに、本発明に係る耐キャビテーションエロージョン用部材は、前記非晶質炭素被膜が形成される基材の表面に、該基材を硬質化させた硬質層が形成されていることが好ましい。このように、基材の表面に硬化層を設けることにより、キャビテーション気泡の衝撃波による基材の表面のうねりを軽減することができるので、流体弁の耐リーク特性を向上させることが可能となり、例えばサーボバルブなどの精密な流体機器の制御特性をより向上させることができる。

【0015】

本発明でいう「硬質層」とは、基材の表面を硬質化処理したものであり、例えば、基材が鉄系材料からなる場合には、浸炭処理、窒化処理などの処理を行って得られる層、又は、炎焼入れ、高周波焼入れなどの熱処理を行って得られる焼入れ層であり、より好ましくは、前記基材の表面は鉄系材料からなり、前記硬質層は、窒化層、浸炭窒化層、または酸窒化層のいずれかの層であることが好ましく、この硬質層は、これらの層のうち特に窒化層であることがより好ましい。なお、このような窒化層の厚さ及び表面硬さは、基材の鋼種によって異なるが、製造のし易さから、この窒化層の厚さは、 $50\mu\text{m}$ 、その表面硬さは $Hv\ 1000$ 程度が好ましい。なお、基材そのものがこのような表面硬さであっても同様の効果を得ることができる。

40

【0016】

また、前記の如き硬質層は、基板自体が硬質である高速度鋼やダイス鋼などにくらべて、安価に形成することができる。そして、このような窒化系の処理を行った処理表面は、

50

サブミクロン程度の適度な表面粗さを得ることができるので、この処理表面に成膜を行う場合にはアンカー（投錨）効果により、膜の密着性を向上させることができる。

【0017】

さらに、前記硬質層と前記第一非晶質炭素被膜との間には、さらに、Cr、Ti、W、Ni、Si、Al及びこれらの組合せからなる群から選択される元素を含む密着膜を備えることがより好ましい。このような密着膜を設けることにより、基材と第一非晶質炭素被膜との密着性を向上させることができる。さらに、上記の如く基材に窒化系の処理を行った場合には、この密着膜の成膜時において、硬質層に含まれる窒素原子を密着膜へ移動させることが可能となり、密着膜と硬質層との密着性をさらに向上させることができる。すなわち、窒化処理によって硬質層に固溶した窒素原子は、浸炭処理により固溶した炭素原子に比べて低温においても、この密着膜に拡散することが容易であるので、より効果的にこれらの密着性を向上させることができる。さらに、上記のうち窒化処理により得られる窒化層は、浸炭などの処理に比べて、処理温度が低いため、部品寸法の変形や軟化等が引き起こされることが無く、処理後直ぐにその層表面にコーティングを行うことができる。

10

【0018】

さらに、密着膜と第一非晶質炭素被膜との間に、前記第一非晶質炭素被膜から前記密着膜に近づくに従って、密着膜を構成する元素の組成になるように、非晶質炭素材料にこのような密着膜の元素を添加した傾斜膜を形成することがより好ましい。このような傾斜膜を形成することにより、非晶質炭素被膜の密着性をさらに高めることができる。尚、この密着膜と第一非晶質炭素被膜との間にこの傾斜膜を形成したが、密着膜の代わりにこの傾斜膜のみを基材と第一非晶質炭素被膜との間に配しても、第一及び第二非晶質炭素被膜の密着強度を向上させることができる。

20

【0019】

このような部材の第一非晶質炭素被膜の膜厚は、0.2～0.4 μmであり、前記第二非晶質炭素被膜の膜厚は、0.5～4.5 μmであることが好ましい。第一非晶質炭素被膜の膜厚は、薄ければ薄いほどキャビテーションの衝撃波に対する密着性は良好であり、成膜技術の観点から、このような膜を均一に成膜することができる最小膜厚の範囲は、0.2～0.4 μm程度である。また、第二非晶質炭素被膜の膜厚は、厚ければ厚いほど耐キャビテーションエロージョン特性に優れているが、この第二非晶質炭素被膜を成膜する際の膜厚が厚すぎると、この非晶質炭素被膜の圧縮応力により膜剥離が引起されるため、この被膜を形成することができる膜厚範囲としては、0.5～4.5 μmであることが好ましい。さらに、耐キャビテーションエロージョン特性を向上させるためには、最小膜厚は2.0 μm以上が望ましく、この結果、好ましい膜厚は、2.0～4.5 μmとなる。

30

【0020】

さらに、本発明において、前記耐キャビテーションエロージョン用部材をより好適に製造する製造方法も以下に開示する。本発明に係る耐キャビテーションエロージョン用部材の製造方法は、液体が接触する基材の表面に非晶質炭素被膜を形成した耐キャビテーションエロージョン用部材の製造方法の製造方法であって、該部材の製造方法は、該基材の表面に、複数の柱状構造体からなる第一非晶質炭素被膜を成膜する工程と、該第一の非晶質炭素被膜の表面に、配向性なく堆積された複数の粒状構造体からなる第二非晶質炭素被膜を成膜する工程と、を少なくとも含むことを特徴としている。

40

【0021】

このような製造方法によって、製造される耐キャビテーションエロージョン用部材は、キャビテーションが発生する環境下において、被膜の密着性を確保しつつ、このキャビテーションエロージョンを低減することができる。

【0022】

また、第一非晶質炭素被膜と第二非晶質炭素被膜を形成することができるのであれば特に、その成膜方法は、限定されるものではないが、より好ましくは、前記第一非晶質炭素被膜は、物理気相成長法（PVD）により成膜され、前記第二非晶質炭素被膜が、プラズ

50

マ化学気相成長法（プラズマCVD）により成膜される。このような成膜方法により成膜することにより、より容易に、第一非晶質炭素被膜の複数の柱状構造体及び第二非晶質炭素被膜の配向性なく堆積された複数の粒状構造体を得ることができる。このようなPVDとしては、真空蒸着法、イオンプレーティング、スパッタリング等が挙げられ、このような方法を用いることにより、低温成膜（250以下）で、第一非晶質炭素被膜の密着性を確保することができる。

#### 【0023】

さらに、このような製造方法としては、前記粒状構造体の粒径が、平均粒径5～500nmとなるように成膜されることが好ましい。このような粒径にすることにより、緻密な膜を形成することができ、たとえ第二非晶質炭素被膜を構成する粒状構造体の1つ1つがキャビテーションによる衝撃波により脱落したとしても、全体としての損傷は小さいので、耐キャビテーションエロージョン特性を向上させることができ、前述したプラズマCVDにより第二非晶質炭素被膜を成膜することにより、特に、この範囲の粒径の粒状構造体を製造することができる。

10

#### 【0024】

また、このような製造方法としては、前記第一非晶質炭素被膜を形成させる工程の前工程として、該基材の表面を硬質化させた硬質層を形成する処理工程をさらに含むことが好ましく、このような硬質層を形成することにより、キャビテーション気泡の衝撃波による基材の表面のうねりを低減することができる。そして、さらに前記基材の表面は鉄系材料を含ませて、前記硬質層を形成する処理は、窒化、浸炭窒化、または酸窒化のいずれかの処理であることがより好ましい。このような処理を行うことにより、安価で密着性の良い膜を形成することができる。たとえば、このような窒化処理（軟窒化処理も含む）としては、タフトライド処理（塩浴室窒化処理）、ガス窒化処理、プラズマ窒化処理、イオン窒化処理、ラジカル窒化処理、などの窒化処理があげられる。尚、このような窒化処理は、その基材の表層に、鉄窒化処理物（ $Fe_{2-3}N$ 、 $Fe_4N$ ）が生成されず、窒素原子そのものが固溶するような処理であることが好ましい。

20

#### 【0025】

さらに、本発明に係る製造方法は、前記硬質層を形成する工程後であって、第一非晶質炭素被膜を成膜する工程の前に、前記硬質層の表面に、さらに、Cr、Ti、W、Ni、Si、Al及びこれらの組合せからなる群から選択される元素を含む密着膜を成膜する工程をさらに含むことがより好ましい。特に、金属元素からなる密着膜を成膜する際に、一旦、硬質層に固溶した窒素原子が成膜された密着膜へ拡散し、両者の密着性をさらに向上させることができる。

30

#### 【0026】

さらにまた、密着膜と第一非晶質炭素被膜との間に傾斜膜をさらに設けてもよく、この傾斜膜は、前記表面の硬質層から前記密着膜に近づくに従って、密着膜を構成する元素の組成になるように、非晶質炭素材料にこのような密着膜の元素を添加すると、より非晶質炭素被膜の密着性をさらに高めることができる。このような傾斜膜は、第一非晶質炭素被膜との密着性を考慮すると、カーボンおよび密着膜の成分をターゲットとしたスパッタリングにより形成されることがより好ましい。

40

#### 【0027】

さらに、このような製造方法としては、前記第一非晶質炭素被膜の膜厚が、0.2～0.4 $\mu m$ となり、前記第二非晶質炭素被膜の膜厚が、0.5～4.5 $\mu m$ となるように成膜されることがより好ましい。このような膜厚範囲にすることにより、キャビテーションの衝撃波に対してのより密着性を向上させ、キャビテーションエロージョンを抑制することができる。また、第二非晶質炭素被膜の膜厚は、2.0～2.5 $\mu m$ がより好ましい。

#### 【発明の効果】

#### 【0028】

本発明によれば、液体が接触する基材の表面に構造の異なる2つの非晶質炭素被膜を複層形成することにより、キャビテーションが発生する環境下において、表面に形成する非

50

晶質炭素被膜の密着性を確保しつつ、このキャビテーションエロージョンを低減することができる。

【実施例】

【0029】

以下に実施例に基づいて、本発明に係る耐キャビテーションエロージョン部材について説明する。

(実施例1)

<試験片の製作>

実施例1に係る試験片として、図1に示すような基材2の表面にクロムを主材とした密着膜(傾斜膜)3と、さらにこの密着膜3の表面に複数の柱状構造体4a...からなる第一非晶質炭素被膜(第一DLC被膜)4と、該第一非晶質炭素被膜4の表面に配向性なく堆積された複数の粒状構造体5a...からなる第二非晶質炭素被膜(第二DLC被膜)5とを、備えた、耐キャビテーションエロージョン部材1の試験片Wを製作した。

10

【0030】

具体的な製作手順として、図2に示す如き手順で試験片Wを製作した。まず、基材2として、直径25×厚さ12mmのステンレス鋼(JIS規格:SUS303)の段付き円筒体を準備して表面を研磨し(S11)、次に、この基材2の表面を150の温度条件でイオンボンバードによる表面処理を行い(S12)、その後、20分間クロムターゲットを用いたスパッタリングを行い、厚さ0.3μmの密着膜3として被膜を形成した。この際、基板に接するところは純クロムであるが、最も最表面は、DLCのなるように傾斜組成化させた(S13)。

20

【0031】

そして、このクロム被膜が形成された基材を、カーボンターゲット及びアセチレンを用いて、30分間の成膜時間で、物理気相成長法(PVD)の一つであるスパッタリング法により、複数の柱状構造体4a...からなる第一非晶質炭素被膜4を成膜した(S14)。さらに、この第一非晶質炭素被膜が形成された表面に、アセチレンガスを用いてプラズマ化学気相成長法(プラズマCVD)により、配向性なく堆積された複数の粒状構造体5a...からなる第二非晶質炭素被膜5を成膜した(S15)。なお、ここでは、第二非晶質炭素被膜5の成膜後には、表面の研磨を行っていないが、必要に応じて行っても良い。

30

【0032】

<キャビテーション試験>

図3の(a)に示すような、噴流式キャビテーション試験装置(ASTM規格、キャビテーション材料試験装置)20の容器21内にこの試験片Wを設置して、装置内に圧力0.3MPaとなるようにイオン交換水を充填し、この試験片Wの第二非晶質炭素被膜の表面から10mm離れた位置において、ノズル22の直径0.4mmの吐出孔22aの先端22bが配置されるようにし、このノズル22の吐出孔22aの先端22bから、圧力18MPa、流速17cc/s(130m/s)で、イオン交換水を300秒間噴射し、この試験片Wの表面にキャビテーションを発生させて、以下示す方法で、この試験片Wのキャビテーションエロージョンを評価した。

40

【0033】

[試験の評価方法1:金属顕微鏡による損傷面積率の測定]

金属顕微鏡を用いてキャビテーション試験を行う前後の試験片の表面を観察した。さらに、この顕微鏡観察の写真から、キャビテーションにより損傷した表面積を測定し、(損傷面積率)=(損傷面積)/(全体面積)×100として、損傷面積率を算出した。この結果を図4に示す。

【0034】

[試験の評価方法2:金属及び電子顕微鏡による表面の観察]

図3の(b)に示すように、このキャビテーション試験後の試験片の損傷が認められなかった表面健全部(A部)及び損傷が認められた表面損傷部(B部)をこの金属顕微鏡により拡大観察した。この結果を図4のa~c欄に示す。尚、この図4のa,b欄は、金属

50

顕微鏡の倍率を1000倍にして観察したものであり、図4のc欄は、金属顕微鏡の倍率を50倍にして観察したものを示している。

【0035】

さらに、図3(b)に示すように、非晶質炭素被膜の厚み方向に沿ってこの試験片を切断し、金属顕微鏡を用いて、この倍率を1000倍にして、この切断面のうちキャビテーションによる損傷が認められる断面損傷部(C部)を観察した。この結果を、図4のd欄に示す。

【0036】

[試験評価方法3：試験片表面の表面粗さ測定]

図3(b)に示す表面健全部(A部)と表面損傷部(B部)の表面粗さを表面粗度計を用いて測定した。この結果を図5(a)及び表1に示す。

【0037】

(比較例1)

実施例1と同じ基材を準備し、実施例1と同様の条件で、この基材表面にイオンボンバードを行い、さらにこの表面にスパッタリングによりクロム被膜を成膜後に非晶質炭素被膜を形成した。すなわち、比較例1に係る試験片は、プラズマCVDにより第二非晶質炭素被膜を形成していない点が実施例1のもの異なる。そして、実施例1と同じような評価試験を行った。この結果を図4に示す。また、表面粗さの測定結果を図5(b)及び表1に示す。

【0038】

(比較例2)

実施例1と同じ基材を準備し、この基材を予熱350、75分で加熱し、表面硬さHV1000以上、層厚さ25 $\mu$ mとすべく、570、60分の条件で、該基材2の表面に窒化層(硬質化させた層)2aを形成するタフトライド処理(塩浴室化処理)を行い、この処理後の加熱された基材を冷却(油冷120、5分)した。そして、実施例1と同じような評価試験を行った。この結果を図4に示す。

【0039】

【表1】

	健全部		損傷部	
	実施例1	比較例1	実施例1	比較例1
中心線平均粗さ (Ra)	0.02 $\mu$ m	0.08 $\mu$ m	0.19 $\mu$ m	0.25 $\mu$ m
最大平均粗さ (Rmax)	0.13 $\mu$ m	1.01 $\mu$ m	1.28 $\mu$ m	2.12 $\mu$ m
十点平均粗さ (Rz)	0.09 $\mu$ m	—	0.9 $\mu$ m	1.39 $\mu$ m

【0040】

(結果1：表面損傷の結果)

図4に示すように、実施例1の試験片は、キャビテーション試験後の表面積はほとんど損傷がなく、実施例1の損傷面積率は、1%以下となり、比較例1、2に比べて小さかった。

【0041】

(結果2：表面性状の結果)

図4のc欄及び図5に示すように、実施例1及び比較例1の試験片のキャビテーションによる損傷部の表面には、凹みに似た複数の表面うねりが観察された。また、図5、表1に示すように、実施例1の試験片の損傷部の表面粗さの方が、比較例1の試験片の表面粗さよりも小さかった。

【0042】

(考察1：表面損傷の推定)



実施例 1 の試験片の表面の如き第二非晶質炭素被膜は、特定の方向性なく不規則に堆積された粒状の非晶質炭素材料からなる構造体（粒状構造体）の群であるため、キャビテーション気泡による衝撃波がその被膜表面に作用しても、微細な粒状構造体の 1 つ 1 つが欠損するので、第一非晶質炭素被膜まで欠損することがなく、試験片表面の損傷面積率が小さくなり、長時間の耐キャビテーションエロージョン特性を有することができると考えられる。

#### 【 0 0 4 3 】

一方、比較例 1 の試験片の場合には、試験片の表面に形成された非晶質炭素被膜を構成する複数の柱状構造体は、基材の表面から垂直方向に成長しているため、キャビテーション気泡による衝撃波がその被膜表面に作用すると、柱状構造体そのものが欠損して基材表面が露出して、試験片表面の損傷面積率が大きくなったと考えられる。さらに、比較例 2 の試験片の場合には、比較例 1 の柱状構造体同士の結合強度よりも、この金属組織同士の粒界の結合強度が弱く、さらには金属組織が大きいため、比較例 1 よりも、試験片表面の損傷面積率が大きくなったと考えられる。

#### 【 0 0 4 4 】

（考察 2：表面うねりの推定）

図 4 の c 欄に示すように、実施例 1 及び比較例 1 の試験片の表面に、凹みに似た複数の表面うねりが発生した理由としては、図 6 ( a ) , ( b ) に示すように、キャビテーション気泡が発生し、この試験片への気泡の衝突における衝撃波によるエネルギーが、試験片の基材にまで影響を与え、この結果、被膜表面を壊食すると共に、被膜よりも柔らかい下地である基材表面までも変形させ、試験片の表面をうねらせたものであると考えられる。そして、また新たに発生したキャビテーション気泡により、このような現象が繰り返されて、損傷部の表面粗さが健全部ものに比べて大きくなったと考えられる。

#### 【 0 0 4 5 】

そして、実施例 1 の試験片の場合には、第二非晶質炭素被膜が特定の方向性なく不規則に堆積された粒状の非晶質炭素材料からなる構造体（粒状構造体）の群である点、さらに、その下地層も構造の異なる第一非晶質炭素被膜が形成されている点から、この衝撃波によるエネルギーは、これら被膜内で分散され、比較例 1 に比べて、表面うねりが小さくなったと考えられる。さらに、図 6 ( c ) に示すように、基材の表面に、窒化処理などによって硬化層を形成するような処理をさらに行えば、表面うねりをさらに低減することができると考えられる。

#### 【 0 0 4 6 】

（実施例 2）

実施例 1 と同じように、試験片を作成した。実施例 1 と異なる点は、図 1 に示す密着膜 3 を形成する前に、基材 2 を予熱 3 5 0 、 7 5 分で加熱し、表面硬さ H V 1 0 0 0 以上、層厚さ 2 5 μ m とすべく、5 7 0 、 6 0 分の条件で、該基材 2 の表面に窒化層（硬質化させた層）を形成するタフトライド処理（塩浴室化処理）を行い、この処理後の加熱された基材を冷却（油冷 1 2 0 、 5 分）した点である。その後、実施例 1 と同じようにして、密着膜 3、第一非晶質炭素被膜 4、第二非晶質炭素被膜 5 を順次形成した。

#### 【 0 0 4 7 】

< 硬さ試験 >

このように製造された試験片の表面の硬さを測定した。この結果を図 7 に示す。

#### 【 0 0 4 8 】

< キャビテーション試験とその評価 >

さらに、実施例 1 と同じようにしてキャビテーション試験を行った。そして、実施例 1 と同じような評価を行った。この結果を、図 7 ~ 9 に示す。尚、図 7 の a 欄は、表面健全部（図 3 の A 部に相当）、b 欄は、表面損傷部（図 3 の B 部に相当）、c 欄は、断面損傷部（図 3 の C 部に相当）の金属顕微鏡による観察結果であり、d 欄は、断面健全部（図 3 の D 部に相当）の S E M 観察結果である。

#### 【 0 0 4 9 】

## (比較例3)

実施例2と同じ基材を準備し、実施例1と同様の条件で、基材の表面にタフトライド処理(塩浴室化処理)を行って窒化層を形成し、この基材表面にイオン bombard を行い、さらにこの表面にスパッタリングによりクロム被膜を成膜後に非晶質炭素被膜を形成した。すなわち、比較例3に係る試験片は、プラズマCVDにより第二非晶質炭素被膜を形成していない点の実施例2のものと異なる。そして、実施例2と同じように硬さ試験及びキャピテーション試験を行った。この結果を図7~9に示す。

【0050】

## (比較例4)

実施例2と同じ基材を準備し、実施例2と同様の条件で、基材の表面にタフトライド処理(塩浴室化処理)を行って窒化層を形成し、その基材表面にイオン bombard を行い、さらにこの表面にスパッタリングによりクロム被膜を成膜後にタングステンを添加しながら非晶質炭素被膜を形成した。すなわち、比較例4の試験片は、プラズマCVDにより第二非晶質炭素被膜を形成していない点の実施例2のものと異なる。そして、実施例2と同じように硬さ試験及びキャピテーション試験を行った。この結果を図7及び図8に示す。

【0051】

## (比較例5)

実施例2と同じ基材を準備し、実施例1と同様の条件でタフトライド処理のみを行った。すなわち、比較例5の試験片は、スパッタリングによるクロム被膜を形成している点と、第一及び第二の非晶質炭素被膜を形成していない点の実施例2のものと異なる。そして、実施例2と同じように硬さ試験及びキャピテーション試験を行った。この結果を図7~9に示す。

【0052】

## (比較例6)

実施例2と同じ基材を準備した。そして、この表面に、基板温度475℃でクロムターゲット及び窒素ガスを用いて、アークイオンプレーティングにより窒化クロム膜を形成した。そして、実施例2と同じように硬さ試験及びキャピテーション試験を行った。この結果を図7に示す。

【0053】

## (結果3：損傷面積率の結果)

図7及び8に示すように、実施例2の試験片は、キャピテーション試験後の表面積はほとんど損傷がなく、実施例2の損傷面積率は、1%以下となり、比較例3~6に比べて小さかった。

【0054】

## (結果4：健全部の観察結果)

図9のd欄に示すSEM観察により、実施例2及び比較例3の試験片に成膜した非晶質炭素被膜(実施例2の場合は第一非晶質炭素被膜)には、短辺が10nm~500nm程度の大きさであり、表面に対して略垂直方向(位置方向)に成長した非晶質炭素材料からなる柱状構造体の群が観察された。さらに、実施例2の試験片では、柱状構造体の群(第一非晶質炭素被膜)の上である第二非晶質炭素被膜には、直径が5nm~500nm程度の大きさであり、配向性のなく(特定方向への成長がなく)堆積した非晶質炭素材料からなる粒状構造体の群が観察された。また、比較例3及び4の試験片に成膜した非晶質炭素被膜には、ドロップレットが確認された。

【0055】

## (結果5：損傷部の観察結果)

図9に示すような金属顕微鏡による表面及び断面の観察結果から、実施例2の試験片は、第二非晶質炭素被膜の粒状構造体の一部が脱落した欠損部(図中横方向に欠損)が確認できた。

【0056】

また、比較例3及び4の非晶質炭素被膜の柱状構造体の健全な断面を観察すると、複数

10

20

30

40

50

のドロップレットが確認されていたが、損傷部の断面を観察すると、このドロップレットの大きさ及びドロップレットの分布状態に近い複数の欠損部が確認できた。また、柱状構造体同士の接触している界面部分に沿って、柱状構造体の一部が脱落したような欠損部（図中縦方向に欠損）も確認できた。さらには、この欠損部分のうち基材表面が露出した箇所では、その基材の金属組織の粒界に沿って組織の欠落を確認した。

【0057】

さらに、比較例5の試験片の損傷部の表面を観察すると、様々な大きさの凹部があり、いずれもその周辺にヒビ割れが観測できた。さらに、損傷部の断面を観察すると、この大きく欠損している部分の近くに、粒界に沿った亀裂（割れ）の進行が確認できた。

【0058】

（考察3：損傷メカニズム）

この結果3～5から、図10を用いて、以下にこれらの試験片の損傷メカニズムを推定する。

【0059】

図10に示すように、まず、これら試験片の表面に、繰り返しキャビテーションによる衝撃波が作用させたことにより、衝撃波による繰り返し衝撃（応力）が、これらの試験片の表面に疲労を生じさせたと考えられる。具体的には、これらの衝撃波により、非晶質炭素被膜の構造体群の各構造体の界面部分、または、金属基材の表面組織の粒界部分のうち、弱い箇所から疲労により亀裂が発生及び進展し、その亀裂の進展によりこの構造体の群のうちの一部、金属組織の一部が、欠落し表面の欠損に至ったと考えられる。

【0060】

その結果、実施例2の試験片の表面である第二非晶質炭素被膜は、特定の方向性なく不規則に堆積された粒状の非晶質炭素材料からなる構造体（粒状構造体）の群であり、さらには、平均粒径が5～500nmとこの粒状構造体は微細であるため、このような亀裂が進展しても、他の粒状構造体同士の界面にまでこの亀裂が進展することなく、界面に亀裂が発生した微細な粒状構造体の1つ1つが欠損するので、試験片表面の損傷面積率が小さくなり、長時間の耐キャビテーションエロージョン特性を有することができると考えられる。

【0061】

また、比較例3、4の試験片の場合には、これら試験片の表面に形成された非晶質炭素被膜を構成する複数の柱状構造体は、基材の表面から垂直方向に成長しているため、この疲労により膜表面の柱状構造体同士の界面に発生した亀裂は、基材の表面にまで進展し、その結果、柱状構造体が欠損したと考えられる。特に、ドロップレットを有した箇所は、そのドロップレットとこれに隣接した柱状構造体の界面は強度的に弱いので、この界面への亀裂の発生及び進展によりドロップレットが欠落したと考えられる。その結果、このような柱状構造体及びドロップレットの欠落により、試験片表面の損傷面積率が大きくなったと考えられる。

【0062】

さらに、比較例5の試験片の場合には、試験片の金属表面のうち強度的に弱い金属組織同士の粒界から亀裂が発生及び進展する。その結果、柱状構造体よりも大きな組織が、表面から脱落することにより、試験片表面の損傷面積率がさらに大きくなったと考えられる。また、比較例3及び4の如く、非晶質炭素被膜が欠損（剥離）し、基材の表面が露出した箇所も同様の現象が発生したと考えられる。

【0063】

（考察4：損傷と硬さとの関係）

比較例3を比較例4の如く単に試験片の表面の被膜の表面硬さを高くしたとしても、図7に示す如く、比較例4の損傷面積率は低減されていないことから、単に表面硬さを上昇させたとしても、表面の損傷面積率を低下させることができないと考えられ、この表面の損傷面積率は、考察3に示したように、この構造体の形状、大きさ、及び配列にも起因すると考えられる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 6 4 】

(実施例 3)

実施例 2 と同じ試験片を製作した。また、実施例 2 と同様の硬さ試験及びキャビテーション試験を行った。この結果を図 1 1 に示す。

## 【 0 0 6 5 】

(比較例 7)

実施例 2 と同じ基材を準備し、実施例 2 と同様の条件で、基材の表面にタフトライド処理（塩浴室化処理）を行って窒化層を形成し、この基材表面にイオンボンバードを行い、さらにこの表面にスパッタリングによりクロム被膜を成膜後、プラズマ C V D により非晶質炭素被膜を形成した。すなわち、比較例 7 の試験片は、スパッタリングにより第一非晶質炭素被膜を形成していない点の実施例 2 のものと異なる。そして、実施例 2 と同じように硬さ試験及びキャビテーション試験を行った。この結果を図 1 1 に示す。

## 【 0 0 6 6 】

(結果 6)

図 1 1 に示すように、実施例 3 の試験片は、キャビテーション試験後の表面積はほとんど損傷がなく、損傷面積率は、比較例 7 に比べ 1 % 以下となり小さかった。また、比較例 7 の損傷面積率は略 7 0 % であった。

## 【 0 0 6 7 】

(考察 5：第一非晶質炭素被膜に役割)

比較例 7 のように、複数の粒状構造体からなる非晶質炭素被膜を形成したにもかかわらず、損傷面積率が大きかったのは、この複数の粒状構造体からなる非晶質炭素被膜だけでは、基材との密着性が十分に確保できなかったためであると考えられる。すなわち、実施例 3 の如く、第一非晶質炭素被膜の表面上に、第二非晶質炭素被膜を形成することにより、第二非晶質炭素被膜の密着性を確保することができたと考えられる。

## 【 0 0 6 8 】

(まとめ)

これまでの結果 1 ~ 6、及び考察 1 ~ 5 をまとめると、以下の表 2 に示すようになる。なお、これらの表に記載の  $\odot$ 、 $\triangle$ 、 $\circ$  は、これらの被膜、層に対する相対指標を示しており、 $\odot$  が良好、 $\triangle$  が普通、 $\circ$  がやや不良を示している。

## 【 0 0 6 9 】

【表 2】

	製法	硬さ	密着性	組織	不純物	耐キャビテーション
第二 DLC 被膜	PCVD	$\odot$	$\triangle$	粒状構造体	無し	$\odot$
第一 DLC 被膜	PVD	$\circ$	$\odot$	柱状構造体	金属	$\circ$
硬質層(窒化層)	タフトライド	$\circ$	$\odot$	粗大粒子	無し	$\triangle$

## 【 0 0 7 0 】

このように、耐キャビテーションエロージョン特性を考慮すると、液体の接触面には第二非晶質炭素被膜（第二 DLC 被膜）が形成されていなければならない。しかし、被膜の密着性を考慮するとこの第二非晶質炭素被膜だけでは密着性が良くないので、第二非晶質炭素被膜と基材との密着性向上させるために、第一非晶質炭素被膜（第一 DLC 被膜）を第二非晶質炭素被膜と基材との間に設けることが必要である。さらに、キャビテーション気泡による表面うねりを低減するためには、この基材の表面に窒化処理を行った硬質層を設けることがより好ましい。

## 【 0 0 7 1 】

(実施例 4、5)

実施例 2 と同じように試験片を製作した。実施例 4、5 の試験片が、実施例 2 と異なる点は、第一非晶質炭素被膜の膜厚を  $0.3 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$  の範囲に収まるように成膜し

10

20

30

40

50

、第二非晶質炭素被膜の膜厚を順次  $1.85 \mu\text{m}$  ,  $3.22 \mu\text{m}$  にした点である。そして、実施例 2 と同じようにして、キャピテーション試験を行い、損傷面積率を求めた。この結果を図 1 2 に示す。

【 0 0 7 2 】

( 比較例 8 , 9 )

実施例 4 と同じように試験片を製作した。比較例 8 , 9 の試験片が、実施例 4 と異なる点は、第二非晶質炭素被膜の膜厚を順次  $0.8 \mu\text{m}$  ,  $1.51 \mu\text{m}$  にした点である。そして、実施例 4 と同じようにして、キャピテーション試験を行い、損傷面積率を求めた。この結果を図 1 2 に示す。

【 0 0 7 3 】

( 結果 7 )

実施例 4 , 5 の試験片は、比較例 8 , 9 のものに比べて、キャピテーション試験後の表面積はほとんど損傷なかった。

【 0 0 7 4 】

( 考察 6 : 第二非晶質炭素被膜の最適膜厚 )

この結果、第二非晶質炭素被膜の膜厚を厚くするに従い損傷面積率は低下し、耐キャピテーションエロージョン特性は向上したと考えられる。しかし、比較例 8 , 9 の試験片の損傷面積率から、比較例 8 , 9 であっても十分に耐キャピテーションエロージョン特性は得られていると考えられる。一方、この第二非晶質炭素被膜を成膜する際の膜厚が厚すぎる ( $4.5 \mu\text{m}$  よりも大きい) と、この非晶質炭素被膜の圧縮応力により膜剥離が引き起

【 0 0 7 5 】

以上より、第二非晶質炭素被膜の膜厚は、少なくとも  $0.5 \sim 4.5 \mu\text{m}$  の範囲で十分な耐キャピテーションの効果を得られると考えられ、さらに、実施例 4 , 5 の如く最小膜厚を  $2.0 \mu\text{m}$  以上、すなわち  $2.0 \sim 4.5 \mu\text{m}$  であれば、さらに耐キャピテーションエロージョン特性を向上させることができると考えられる。

【 0 0 7 6 】

( 実施例 6 )

実施例 2 と同じように試験片を製作した。実施例 6 の試験片が、実施例 2 と異なる点は、第一非晶質炭素被膜の膜厚を  $0.33 \mu\text{m}$  で成膜し、第二非晶質炭素被膜の膜厚を  $0.85 \mu\text{m} \pm 0.15 \mu\text{m}$  の範囲に収まるように成膜にした点である。そして、実施例 2 と同じようにして、キャピテーション試験を行い、損傷面積率を求めた。この結果を図 1 3 に示す。

【 0 0 7 7 】

( 比較例 1 0 , 1 1 )

実施例 2 と同じように試験片を製作した。比較例 1 0 , 1 1 の試験片が、実施例 2 と異なる点は、第一非晶質炭素被膜の膜厚を順次  $1.4 \mu\text{m}$  ,  $1.99 \mu\text{m}$  で成膜した点である。そして、実施例 2 と同じようにして、キャピテーション試験を行い、損傷面積率を求めた。この結果を図 1 3 に示す。

【 0 0 7 8 】

( 結果 8 )

図 1 3 に示すように、実施例 6、比較例 1 0 , 1 1 の順に損傷面積率が大きくなった。

【 0 0 7 9 】

( 考察 7 : 第一非晶質炭素被膜の最適膜厚 )

結果 8 から、第一非晶質炭素被膜の膜厚は、薄ければ薄いほどキャピテーションの衝撃波に対しての密着性は良好であり、成膜面から考慮すると、この第一非晶質炭素被膜を均一に成膜することができる最小膜厚の範囲は、 $0.2 \sim 0.4 \mu\text{m}$  である。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 8 0 】

本発明に係る耐キャピテーションエロージョン部材は、図 1 4 に示すような、車両機器

10

20

30

40

50

及び部品の燃料、作動油などの流体が接触する箇所に使用されることが特に好適である。

【図面の簡単な説明】

【0081】

【図1】本発明に係る耐キャビテーションエロージョン部材を模式的に示した断面図。

【図2】図1に係る耐キャビテーションエロージョン部材の製造方法を説明するためのフロー図。

【図3】(a)は噴流式キャビテーション試験装置の全体構成図であり、(b)は、金属顕微鏡又は電子顕微鏡により観察した試験片の箇所を説明するための図。

【図4】実施例1及び比較例1, 2の試験片の表面の金属顕微鏡による写真図。

【図5】(a)は、実施例1の試験片の表面粗さの測定結果を示した図であり、(b)は、比較例1の試験片の表面粗さの測定結果を示した図。 10

【図6】キャビテーションによる表面うねり発生のメカニズムを説明するための図。

【図7】キャビテーション試験前後の実施例2及び比較例3～6の試験片の表面の金属顕微鏡による写真図。

【図8】実施例2及び比較例3～6の試験片のキャビテーション試験による損傷面積率と各試験片の表面硬さとの関係を示した図。

【図9】実施例2及び比較例3～6の試験片の表面の顕微鏡による写真図。

【図10】キャビテーションによる損傷メカニズムを説明するための図。

【図11】実施例3及び比較例7のキャビテーション試験結果を示した図。

【図12】実施例4, 5及び比較例8, 9の試験片の第二非晶質炭素被膜の膜厚と損傷面積率との関係を示した図。 20

【図13】実施例6及び比較例10, 11の試験片の第一非晶質炭素被膜の膜厚と損傷面積率との関係を示した図。

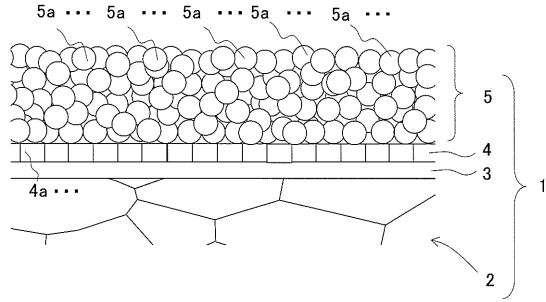
【図14】本発明に係る耐キャビテーションエロージョン用部材の適用機器および部品を示した表図。

【符号の説明】

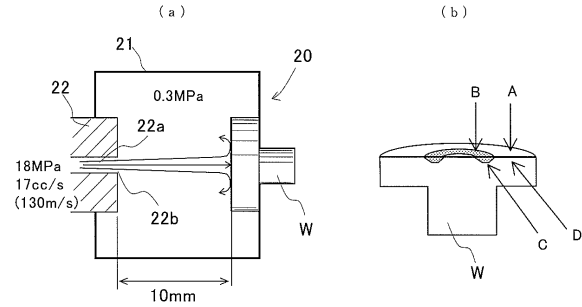
【0082】

1：耐キャビテーションエロージョン用部材，2：基材，3：密着膜，4：第一非晶質炭素被膜，4a：柱状構造体，5：第二非晶質炭素被膜，5a：粒状構造体

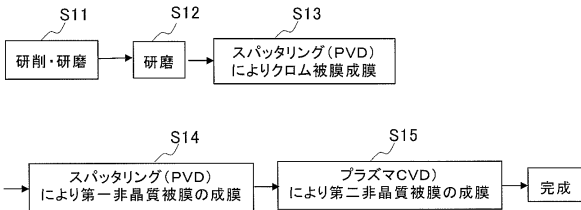
【図1】



【図3】



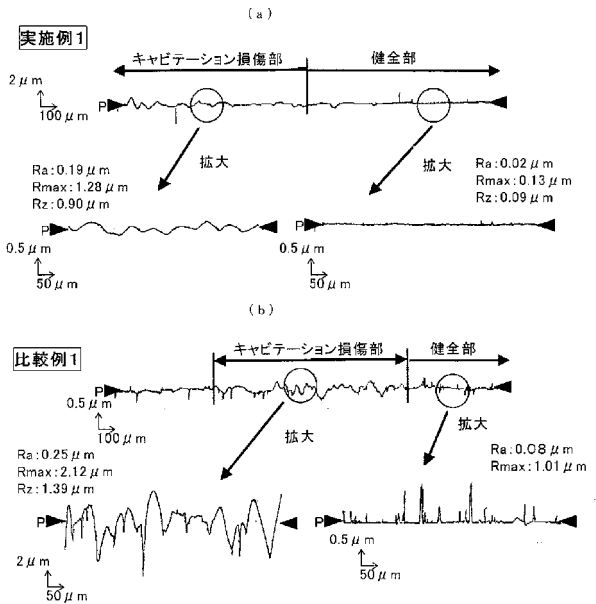
【図2】



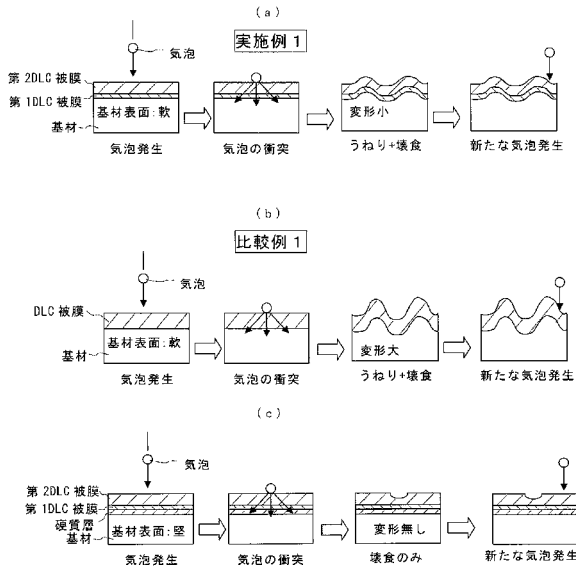
【図4】

	実施例1	比較例1	比較例2
(a) 表面健全部(金属顕微鏡)			
(b) 表面損傷部(金属顕微鏡)			
(c) 表面損傷部(金属顕微鏡)			
(d) 断面損傷部(金属顕微鏡)			
損傷率	0.5%	4.7%	43.7%

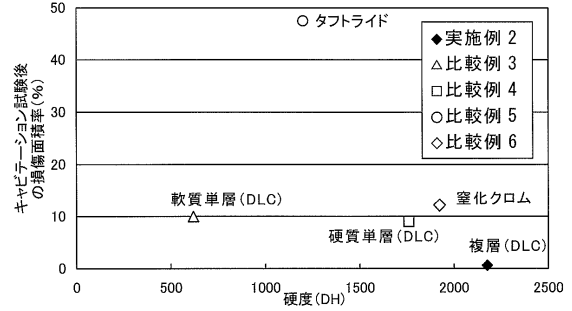
【図5】



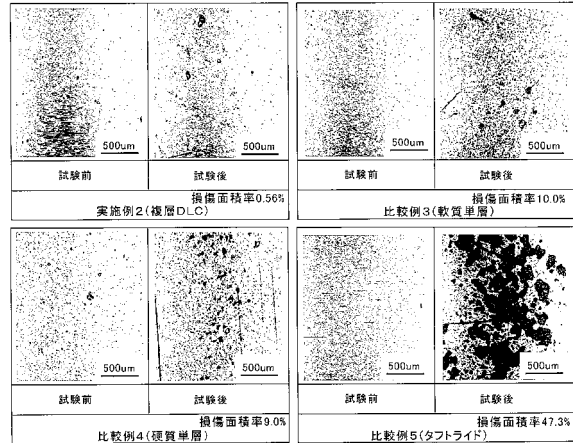
【図6】



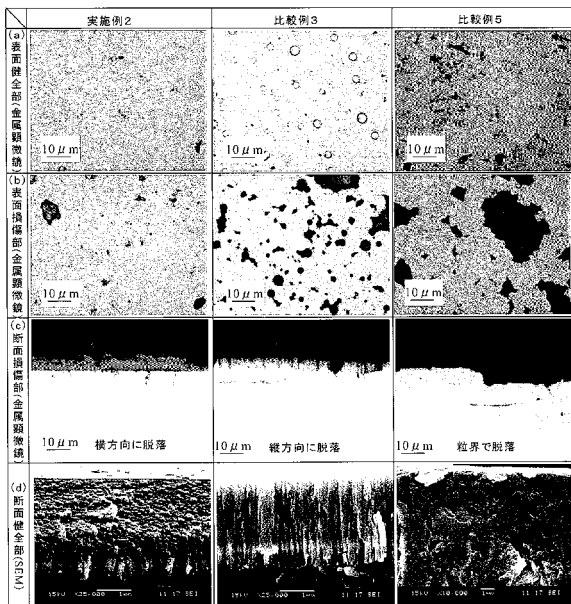
【図7】



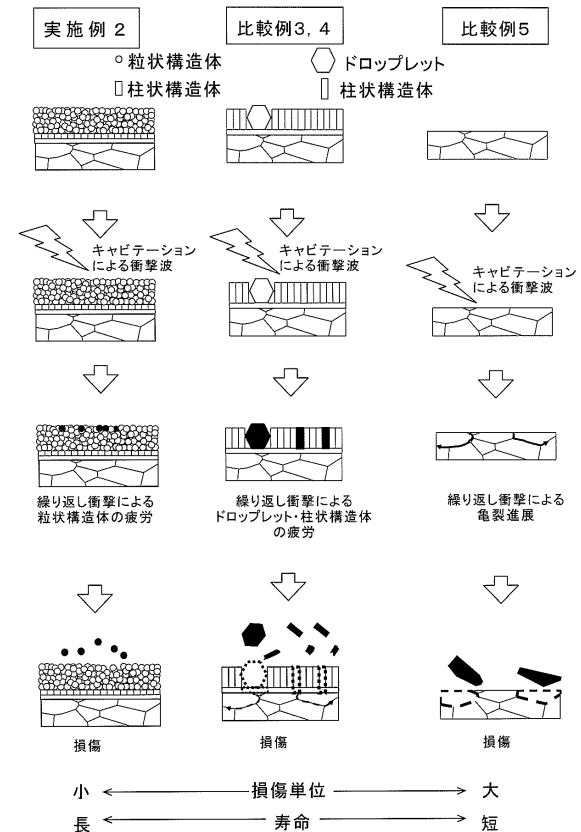
【図8】



【図9】

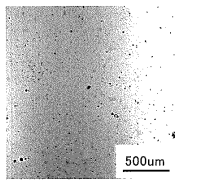
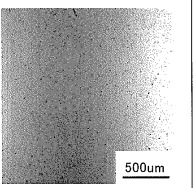
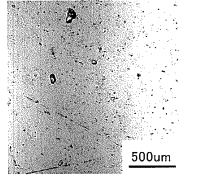
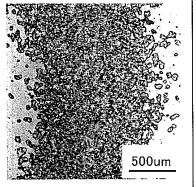


【図10】

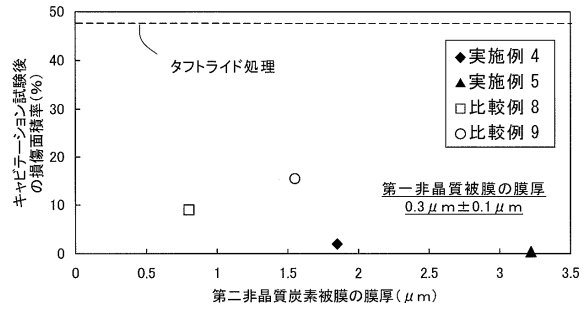




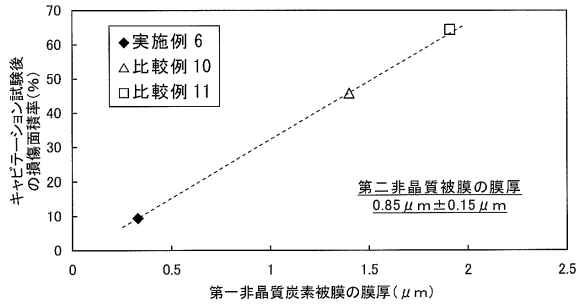
【図 1 1】

	実施例3	比較例7
硬度(DH)	2177	1549
損傷面積率 (%)	0.56	69.5
試験前		
試験後		

【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】

適用範囲	適用機器又は適用部品	備考
燃料噴射系	列型燃料噴射ポンプ	ディーゼル用
	列型燃料噴射パイプ	
	分配型燃料噴射ポンプ	
	小型直噴型高圧燃料噴射ポンプ	
	小型直噴型高圧燃料噴射パイプ	
	コモンレール型噴射用高圧ギアポンプ	
	コモンレール燃料噴射系圧力弁	
エンジン	EFIインジェクター	ガソリン用
	EFI燃料ポンプ	
	噴射ボール弁ロッド	
エンジン部品	E/G軸受けメタル	
	シリンダーガスケット	
制御系	スロットルボディサーモエレメント	
	ウォーターポンプ	
	冷却水パイプ	
操舵系	ペルトテンション弁	
	ブレーキブースター弁	
	ブレーキ弁	
懸架系	ボベット弁	
	P/Sポンプフローコントロールバルブ	
	P/Sポンプ軸受けメタル	
動力伝達系	ショックアブソーバー	
	AT摩擦材	
	ATオイルクーラ	
	ATオイルポンプ	

---

フロントページの続き

(72)発明者 七原 正輝  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

審査官 市枝 信之

(56)参考文献 特開2003-014121(JP,A)  
特開2002-088465(JP,A)  
特開昭64-062457(JP,A)  
特開2003-207001(JP,A)  
特開2006-008853(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
C23C 24/00 ~ 30/00  
C23C 14/00 ~ 14/58  
C23C 16/00 ~ 16/56  
B29D 9/00  
B32B 1/00 ~ 35/00