

# 軸受用 Al 合金 “ダイナロイ” の諸特性

Various Properties of Al alloy “Dynamloy” for Sleeve Bearings

花房三郎\* 安部勝夫\*  
Saburô Hanabusa Katsuo Abe

小西健司\*\* 山路賢吉\*\*\*  
Kenji Konishi Kenkichi Yamaji

## 要 旨

新しい軸受用 Al 合金として Al-Si-Cd 系のダイナロイを開発し、同時に軟鋼とのクラッド材を製作した。これは軸受(ブッシュ)の素材であるが、その軸受諸特性が従来の材料よりも優秀であり、コスト低減、軽量化、材料アルミ化の傾向にあるおりから、今後が期待される材料である。

## 1. 緒 言

すべり軸受材料としては、従来 Pb-Sn 系のいわゆるホワイトメタル、Cu-Pb (ケルメット)、Cu-Sn-P などの銅合金がおもなものであったが、最近 Al 合金軸受が生産され始め、その量は驚異的な勢いで増大している。

もともと Al 合金は、耐疲労性、耐摩耗性、耐食性などの軸受特性が優秀であることが知られていたが、熱膨張係数が大きく、ソリッドタイプの軸受(厚肉軸受)として使用した場合、オイルクリアランスの設計がむずかしいというのが致命的な欠点となり、あまり実用化されていなかった。

熱膨張係数が大きいという欠点を避けるには、鋼板などに薄くライニングした、いわゆるバイメタルタイプとして使用すればよいわけで、そのため Fe と Al 合金の複合(クラッド)法が研究されていた。

複合(クラッド)材の製法として、鋳造法、熱間圧延圧接法があるが、これらは加熱のために Fe と Al の間にもろい金属間化合物(FeAl<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>Al<sub>5</sub>など)ができ、接着力が低下するという問題があり、Al 合金軸受の実用化はさらに遅れた。

しかし、約 10 年ほど前から冷間圧延圧接法、あるいは熱間圧延圧接法による安定した品質の製品が出るようになり、Al 合金本来の軸受特性の良さ、製品の小型化、軽量化、高出力化、材料の Al 化の波に乗り、また特に自動車工業のめざましい発展に伴って、その生産は急激に増加してきた。

日立電線株式会社では、軸受メーカーである三矢精工株式会社に対し、やはり軸受用の Fe とリン青銅のクラッド材を納入しているが、以上のような業界の動向に対処するため、2 社共同で Al 合金軸受の研究を開始した。

## 2. 軸受用 Al 合金

軸受用 Al 合金としては、Al-Sn 系と Al-Si-Cd 系に分けられる。

表 1 は、従来の軸受用 Al 合金を示したものであるが<sup>(1)(2)</sup>、実際には、軸受用 Al 合金といえば Al-Sn 系のことと言っても過言ではないほど Al-Sn 系が一般的である。

したがって筆者らも主として Al-Sn 系合金から検討を始めたが、並行して行なっていた軸受特性試験で Al-Si-Cd 系のほうが、小径のブッシュには適するという結果を得たため、研究目標を Al-Si-Cd 系に切り替えた。

Al-Si-Cd 系のほうが良いというのは注目すべきことである。す

\* 三矢精工株式会社

\*\* 日立電線株式会社研究所

\*\*\* 日立電線株式会社研究所 工学博士

表 1 従来の軸受用 Al 合金

記号	Sn	Cu	Ni	Si	Mg	Fe max	Al
MB 7	6.5~7.5	0.7~1.3	1.5~1.8	0.35~0.85	0.75~1.25	0.60	残
SAE 770	5.5~7.0	0.7~1.3	0.7~1.3	0.7 max	0.3 max	0.70	残
SAE 780	5.5~7.0	0.7~1.3	0.3~0.7	1~2	0.3 max	0.70	残
SAE781*	—	—	—	3.5~4.5	—	0.25	残

SAE 781 以外は Ti 0.10 max., Mg 0.10 max., その他 0.30 max.

\* 0.75~1.40% の Cd を含む。

JIS

A J1	10~13	0.5~1.0	1.0 以下	—	0.5 以下	—	残
A J2	6.0~9.0	2.0~3.0	1.5 以下	—	1.0 以下	—	残

その他 2.0% 以下

以上の規格のほか国内のメーカーでは次のようなものも発表している。

A 6	6	1	0.5	1.5	—	—	残
20	20	1	—	—	—	—	残
30	30	1	—	—	—	—	残
40	40	1	—	—	—	—	残

なわち、軸受というものについて考えるとき、通常は径の大きなものを想定する。事実、現在発表されているものは、比較的径の大きなもの、あるいはその半割り型が多くを占める。これらの使用箇所は、オイル中、あるいは強制潤滑油中であり、軸も焼き入れしない軟いものが多い。したがって軸受としては、なじみ性が良く、油膜の形成しやすいものであることが必要であり、Al-Sn 系、それも Sn の多いものというような傾向になったと推定される。

一方、三矢精工株式会社では、比較的の小径のいわゆる単位面積当たりの強度の大きいもの、あるいは、場合によってはグリース潤滑で使用されるものを対象としており、なじみ性よりも、耐摩耗性、耐荷重性を重要視した。それゆえ小径のブッシュを考えた場合、Al-Sn 合金という従来の固定観念を捨てなければならない。

## 3. ダイナロイの開発

上記の結果は表 1 の SAE781 相当品で検討したものであるが、その性能は従来の材料より特にすぐれているというわけではなかった。そこでこの種のもの、特に耐摩耗性の改良について検討を加えた。

摩耗現象には、機械的摩耗、化学的摩耗、溶融摩耗があるが、軸受の場合は主として機械的摩耗である。これは軸受材が機械的に少しずつ剥(は)ぎとられるため、耐摩耗性を向上させる一つの方法は機械的強度を上げることである。

一般的手段として時効硬化、加工硬化などがあるが、実際の製造工程を考えると、これらは意味を持たない。なぜなら、この合金は Fe にクラッドされたのち、Fe の焼鈍のため、550°C 前後の高温に加熱されるからである。したがって、Al のマトリックスを固溶体硬化させるか、硬い粒子を混在させることで強化しなければならない。

表2 ダイナロイの機械的、物理的特性

材質	引張強さ (kg/mm <sup>2</sup> )	伸び (%)	硬さ (Hv)	比重	熱膨張係数 (1/°C)	熱伝導度 (cal/cm <sup>2</sup> ·sec/°C)
焼鈍材	15.4	22.0	55~60	2.73	$2.31 \times 10^{-6}$	0.41

前者において Mg, Zn など特に固溶体硬化の点で考えられるが、この場合 Al-Si-Cd 系のほかの特性をそこなうことが考えられる。そこで筆者らは後者をえらび Al と金属間化合物を作りやすい元素の添加を考え、多数の Al 合金について検討した結果、良好なものが得られ、これをダイナロイと名付けた(特許出願中)。

#### 4. ダイナロイの特性

ダイナロイは SAE 781 系統であり、Si がかなりはいっているため、このままでは大粒の Si の粒子が析出されるので、Na で改良処理を行ない Si を微細化させている。

表2は、ダイナロイの機械的、物理的特性を、図1はダイナロイの加工硬化、焼鈍軟化曲線を示したものである。

##### 4.1 ダイナロイと鋼板のクラッド材

前述のように、Al 合金軸受は裏金とのバイメタルタイプで使用されるため鋼板とのクラッド材にする必要がある。しかし、ダイナロイはあとの焼鈍工程で 550°C 前後に加熱されたとき、接着界面に金属間化合物が生成し、ハク離しやすくなるので直接鋼板にクラッドするわけにはいかない。

この現象を防ぐためには、Al-1% Si 合金を中間層として入れてやればよい。この合金は真空管陽極用の Al/Fe/Al, Al/Fe/Cu などのクラッド材に使用されているもので、化合物生成防止効果のあることはすでに知られている。また、この合金は、両者の中間にあって、よいバインダーともなる。

図2は、このようなクラッド材の断面組織を示したものである。

3層ともよく接着しており、特に中間層とダイナロイの間は境界が識別しにくいほどである。

図3は、ねじり試験によるクラッド材の接着強さを示している。

このように接着力は強固であり、以後の打ち抜き、曲げ、丸め加工にじゅうぶん耐えられるものである。

##### 4.2 軸受特性

上記のクラッド材を三矢精工株式会社でブッシュに加工し、種々の軸受特性を検討した。

図4は、クラッド材から作成したブッシュである。

##### 4.2.1 耐摩耗性

図5~8は大越式摩耗試験機による耐摩耗性試験結果を示したものである。

オイル、グリースいずれの潤滑の場合もダイナロイは、摩擦速度に関係なく耐摩耗性が良好である。

無潤滑の場合、摩耗量はかなり多いが、Al 合金のなかでは最も少ない。

##### 4.2.2 耐焼き付き性

図9は耐焼き付き性試験結果を示したものである。

この試験は、最初のみエンジンオイル(30番)を付けて試験機にかけ、30分ごとに荷重を増して行って、ブッシュの温度上昇を測定したものである。ホワイトメタルとダイナロイが耐焼き付き性のよいことがわかる。

##### 4.2.3 耐食性

図10はオレイン酸による耐食試験結果を示したものである。

オレイン酸は潤滑油の酸化によって生成されるものである。一般に Al 合金は耐食性がよいが、そのうちでもダイナロイが良好である。

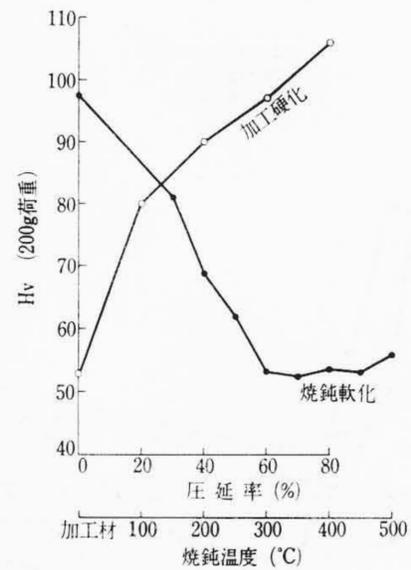


図1 ダイナロイ加工硬化、焼鈍軟化曲線

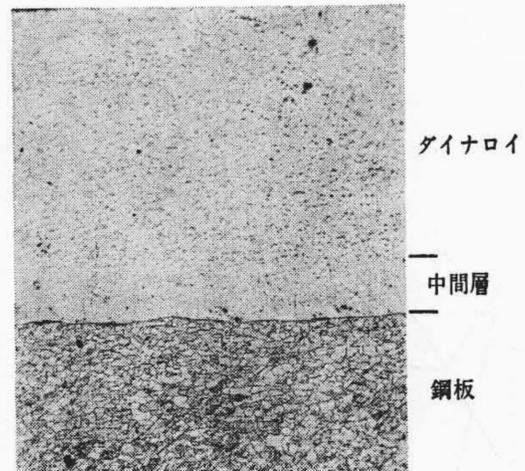


図2 3層クラッド材の断面組織

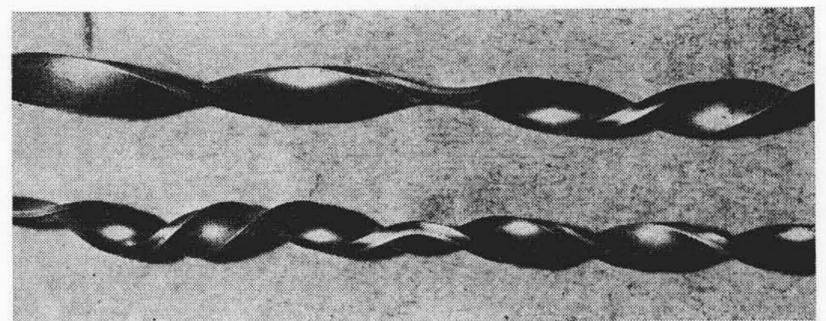
上: 100 mm 間で4回ねじり4回戻したとき } 戻し時の逆ピッチが  
下: 100 mm 間で5回ねじり5回戻したとき } 中央まで進んでいる

図3 クラッド材のねじり試験

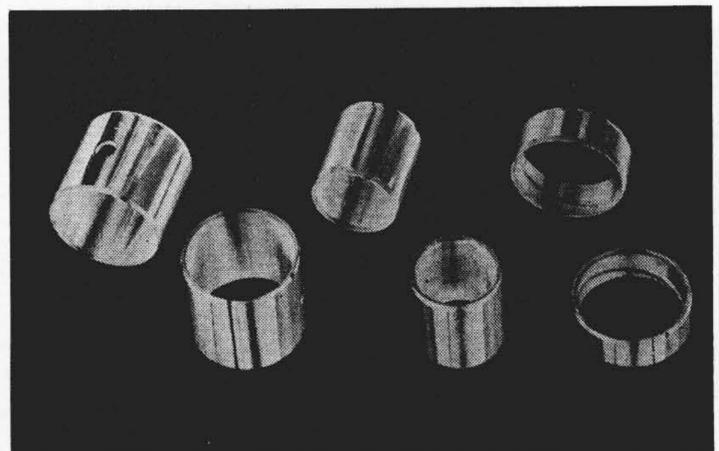
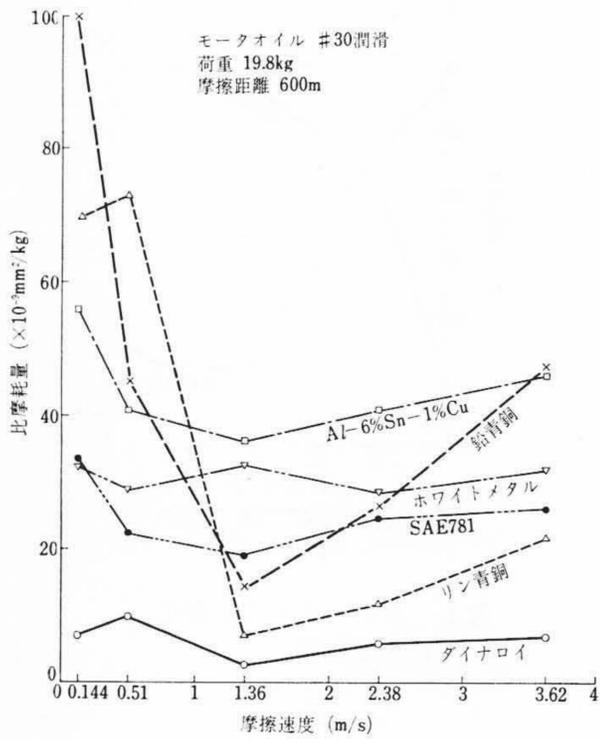
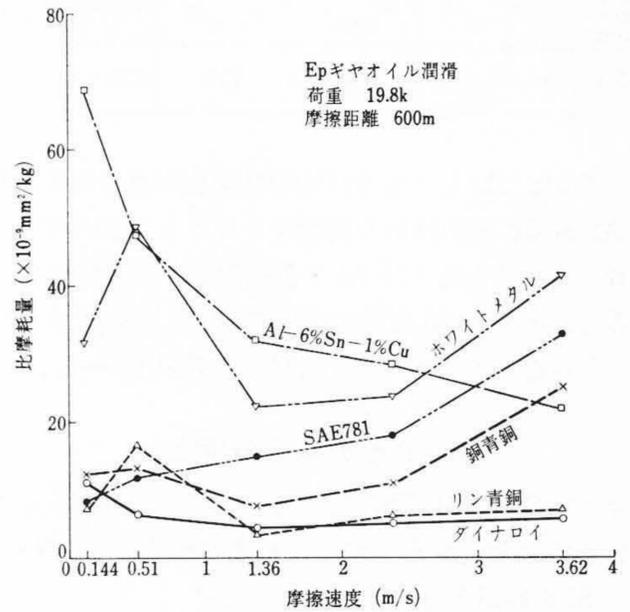


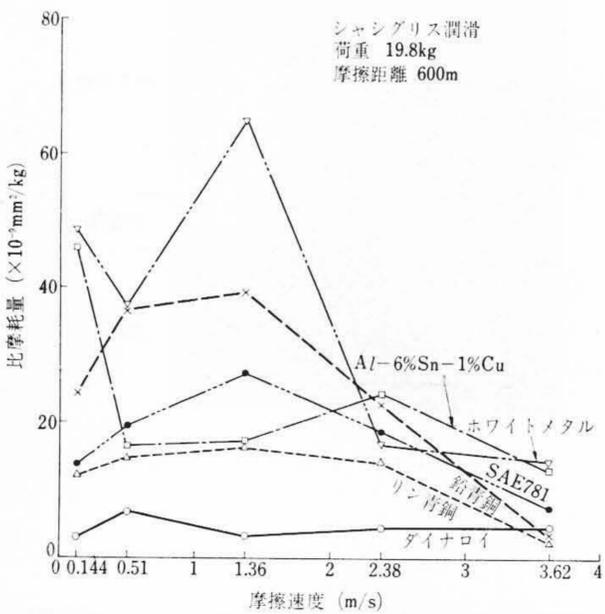
図4 試作ブッシュ



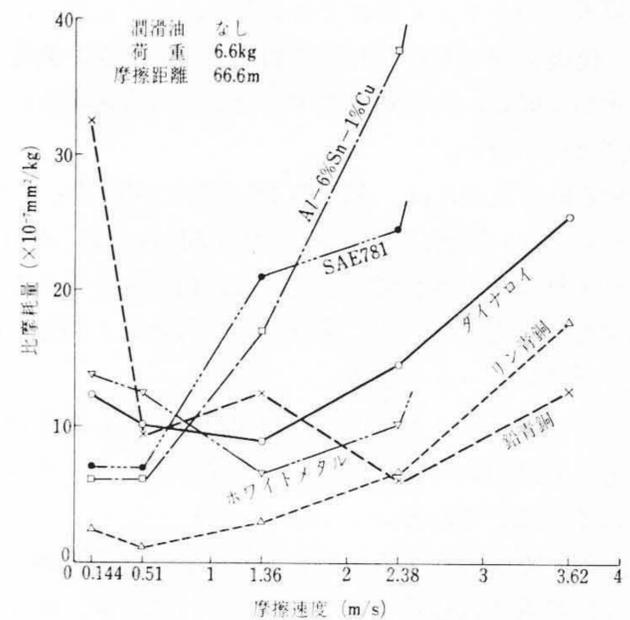
(モータオイル潤滑の場合)  
図 5 耐摩耗性試験



(ギヤオイル潤滑の場合)  
図 6 耐摩耗性試験



(シャングリス潤滑の場合)  
図 7 耐摩耗性試験



(無潤滑の場合)  
図 8 耐摩耗性試験

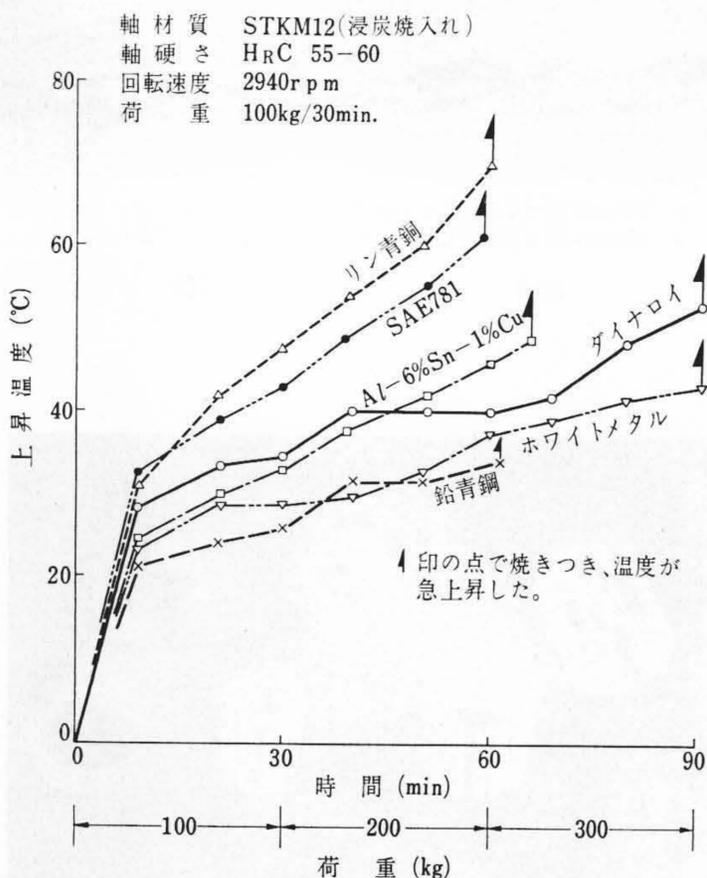


図 9 耐焼き付き性試験

合金名	浸漬時間 (hr)								
	100	200	300	400	500	600	700	800	900
ダイナロイ	変化なし								
Al-Sn合金	変化なし						腐食		
鉛青銅	変化なし		腐食						
リン青銅	変化なし		腐食						
ホワイトメタル	変化なし			腐食					

□ 変化なし    ▨ 腐食    ▩ バックメタル露出

図 10 オレイン酸(100%)による耐食性試験

## 5. 検 討

以上述べたように、ダイナロイの軸受特性は良好であるが、それが何に基因するものか考えてみる。

ダイナロイは表1のSAE 781を改良したものであり、その改良の根拠は、耐摩耗性はかたい材料のほうがよいというきわめて大雑ばな推論によるものである。耐焼き付き性や耐食性にいたってはなんの根拠もない。しかし、ダイナロイはSAE 781と同系の合金であり、特性上に明らかに差があるところから、この二つの合金の差を考えてみれば、ダイナロイの特性の良好さの原因がつかめると思われる。

ダイナロイはSAE 781に比較して、Alと金属間化合物をつくりやすい元素を新たに加えてある。これから言えることは、まずかたさの上昇である。組織的にみると、新たに加えた元素はAl中への固溶度が小さい<sup>(3)</sup>ので、これらはほとんど金属間化合物となって析出している。

摩耗現象は、機械的に少しずつ剥ぎとられていく機械的摩耗と、表面が酸化そのほか潤滑油との反応によってできた反応層となってハク離していく化学摩耗と、表面同志が固体接触し、摩擦熱で溶け去る熔融摩耗に分けられるが<sup>(4)(5)(6)</sup>、軸受の場合おもな要因は機械的摩耗と考えられる。したがって軸受材のかたさが高くなっただけ耐摩耗性は良くなると考えられる。しかし、かたさだけから言えば、ダイナロイよりもリン青銅のほうが上であるにもかかわらず、リン青銅の方が耐摩耗性が悪いという結果が出ている。これは次のような理由によるものと考えられる。

リン青銅とダイナロイとは、組織的にみると差が大きい。つまりリン青銅は均一固溶体であるのに対し、ダイナロイは非常にかたい析出物と比較的やわらかい地との混合である。このことから考えると、軸に対するなじみ性はダイナロイの方がよいであろう。なじみ性が悪いと局部的に過大な荷重がかかり、油膜の破断がおき、熔融摩耗も起こりうる。耐焼き付き性試験で、リン青銅のほうがダイナロイよりも焼き付きやすいという結果になっているところからみて、上述の考え方もうなずける。

従来、軸受材料としてはかたいものとやわらかいものが混在したものが最もよく、かたい部分で耐摩耗性、耐荷重性を持たせ、やわ

らかい部分で異物のうめこみ、油膜の保持をうけもたせるという考え方があがるが、これから言ってもダイナロイは軸受材料として都合がよいと言える。

耐食性については、一般にAl合金はほかの軸受材料に比較して耐食性が良いといわれていた。それは軸受のふんい気が潤滑油の酸化による酸性であり、Alそのものが耐酸性が良いということから言われたものらしい。しかし、今回の実験でのAl-Sn系合金やSAE-781とダイナロイの耐食性の差については、より多くのデータがなければ明確なことはわからない。

## 6. 結 言

新しい軸受用Al合金ダイナロイについて、その開発の背景から特性まで紹介した。要約すると次のとおりである。

- (1) 小径のブッシュの場合、Al-Sn系合金よりAl-Si-Cd系合金のほうがすぐれている。

従来、軸受用Al合金といえばAl-Sn合金が考えられたが、この偏見は改めなければならない。

- (2) Al-Si-Cd系合金を改良し、新しい軸受用Al合金ダイナロイを開発した。

ダイナロイの耐摩耗性、耐焼き付き性、耐食性はいずれも優秀である。

- (3) ダイナロイと鋼板とのクラッド材の連続的製作も可能であり、その接着性は良好で、ブッシュ成型にじゅうぶん耐えるものである。

- (4) 軸受業界は、あげてAl化の傾向にあり、その意味でもダイナロイは今後を期待される材料である。

終わりにのぞみ本研究にご協力いただいた日立電線株式会社電線工場製線部の関係各位に深甚な謝意を表する次第である。

## 参 考 文 献

- (1) American Society for Metals: Metals Hand book
- (2) 日本潤滑学会: 最近のすべり軸受材料
- (3) M. Hansen: Constitution of Binary Alloys (1958 Mcgraw Hill Book Co.)
- (4) 日刊工業新聞社: 軸受, 潤滑便覧
- (5) 遠山: 潤滑剤および潤滑技術
- (6) 会田: 軸受の設計



登録実用新案 第737704号

## 新 案 の 紹 介



田中成一・川島浩暉

## フ リ ク シ ョ ン 式 一 方 向 ク ラ ッ チ

本考案は摩擦部材の摩擦的係合が一方の回転においてだけ維持されるフリクション式クラッチにおいて、クラッチを入れたときのショックを軽減し、自由回転時の摩擦抵抗を少なくすることを目的とするものである。

図示のように一方の軸1に固着されたクラッチドライバー3にレバー比の異なる2個のリンク4, 5を枢着し、他方の軸に連結したハウジング2の内側にあるバンドエンド15に前記リンク4, 5の外端を連結し、リンク4, 5の内端をボルト6によって連結して構成されている。

ハウジング2が軸1に対して反時計方向に回るときはリンク4, 5をそれぞれ反時計方向に回転し、リンク4, 5のレバー比の相異によってC-D間の距離を縮めて外力を用いずにバンドとハウジング2の摩擦結合を解く。

またハウジング2が軸1に対して時計方向に回るときはリンク4, 5のレバー比の相異によってC-D間の距離が大きくなるようとする傾向を生ぜしめ、バンドとハウジング2を摩擦結合してハウジング2の回転を軸1に伝動する。

本考案によれば、クラッチを入れたときのショックが少なく、自由回転時の摩擦抵抗も少ない。

また、構造上、部材の強度の許容範囲内で比較的大きな動力を伝達することができる。(鈴木)

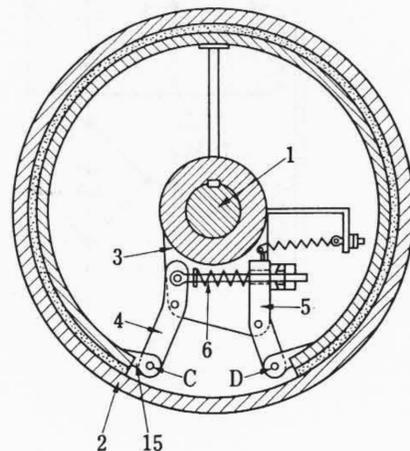


図 1