

天井クレーン横行，走行用かご形モートル (マグネトロモートル)

Squirrel Cage Motor for Traversing, Travelling Overhead Crane
(Magnetron Motor)

小 野 兵 一* 磯 本 正 義**
Hyōichi Ono Masayoshi Isomoto

内 容 梗 概

従来クレーン用モートルにはすべて巻線形モートルが採用されていたが，これらのモートルをかご形化して電気品の構造を簡単化しクレーンの合理化をはかる研究を行ない，その結果として今回横行，走行用に適するマグネトロモートル(商品名)を開発した。

このモートルは二次導体に磁性導体を用いた画期的なモートルで，起動ひん度の高い運転に機械的にも電気的にも耐え，加速トルクの大きいことが特長である。

1. 緒 言

一般に天井クレーンには巻上，横行，走行用のモートルが必要であり，従来巻線形モートルが使用されている。クレーン用モートルに要求される特性は次のとおりである。

- (1) 高起動ひん度に耐えること。
- (2) 起動トルクが大きく，起動電流の小さいこと。
- (3) 速度制御が可能なこと(ただし一般には巻上用のみ)。

一般用クレーンの横行，走行用モートルは，(1)(2)項を満足すれば十分であり，これらのモートルを巻線形よりかご形とすることにより，次のような利点が期待できる。

- (1) モートルをはじめ電気品が小形軽量化され簡単，堅ろうとなる。
- (2) モートルの二次配線が不用となり，横行トリ線が6本より3本となりクレーン構造も簡単となる。

以上のような利点を満足させるため開発されたマグネトロモートルは特殊かご形モートルで起動特性，運転特性とも巻線形モートルに匹敵するものである。以下これについて述べる。

2. マグネトロモートル二次導体の選定

モートルの起動時あるいは逆相制動時にモートル内に発生する銅損失は次のような式で表わされる。

$$W_s = \frac{GD^2 \times N^2}{730} \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \left(\frac{T_M}{T_M - T_F}\right) \dots\dots\dots (1)$$

$$W_P = \frac{GD^2 \times N^2}{730} \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \left(\frac{T_M}{T_M - T_F}\right) \times 3 \dots\dots\dots (2)$$

W_s : 起動時のモートル内発生損失 (W-s)

W_P : 逆相制動時のモートル内発生損失 (Ws)

GD^2 : モートルおよび負荷のフライホイール効果 (kgm²)

N : 回転数 (rpm)

R_1 : モートル一次一相抵抗 (Ω)

R_2 : モートル二次一相抵抗(一次換算値) (Ω)

T_M : モートル加速トルク (kg-m)

T_F : 負 荷 ト ル ク (kg-m)

クレーンの横行，または走行運転の際は負荷の GD^2 が大きくしかも起動ひん度の大きいときは，一般汎用かご形モートルのように二次導体に銅，アルミニウムを用いて $R_1 \approx R_2$ となっているもので

はモートル内発生損失が大きくなり，モートルの湿度上昇が高くなる。したがってクレーンの横行，走行をかご形モートルで運転する場合は，二次導体に黄銅，ヒドロナリウムといった固有抵抗の大きい材料を用いて $R_1 < R_2$ として $(1 + R_1/R_2)$ の項を小さくすればモートル内発生損失が小さくなり温度上昇も下がることは容易に考えられる。しかし黄銅，ヒドロナリウムといった非磁性高抵抗材料を用いたモートルは，巻線形モートルの二次回路に抵抗器を接続したまま運転するのと同様に，

比較的起動電流を小さくして高起動トルクが出せるが，その反面運転時のすべりが大きくなってクレーンの走行速度の減少を招き，速度変動率が大きいので荷重変動により走行速度の変動を招く欠点がある。

この理由はたとえば第1図のようにスロット幅 a が 4 mm，導体幅 b が 3.2 mm で電源周波数が 50 c/s，導体材料が黄銅 ($\rho = 6.4 \mu\Omega\text{-cm}$ 20°C) の場合，(3)～(5)で表わされる値がそれぞれ $\xi = 0.995$ ， $K_r = 1.08$ ， $K_i = 0.95$ となり運転時の抵抗と起動時の抵抗がほとんど等しくなるためである。

$$K_r = \frac{R_s}{R_0} = \xi \frac{\sinh 2\xi + \sin 2\xi}{\cosh 2\xi - \cos 2\xi} \dots\dots\dots (3)$$

$$K_i = \frac{X_s}{X_0} = \frac{3}{2\xi} \frac{\sinh 2\xi - \sin 2\xi}{\cosh 2\xi - \cos 2\xi} \dots\dots\dots (4)$$

$$\xi = 2\pi h \sqrt{\frac{b}{a} \frac{f}{\rho}} \times 10^{-3} \dots\dots\dots (5)$$

K_r : 抵抗増加率

K_i : 漏えいリアクタンス減少率

R_s : 起動時の二次抵抗 (Ω)

R_0 : 運転時の二次抵抗 (Ω)

X_s : 起動時のスロット漏えいリアクタンス (Ω)

X_0 : 運転時のスロット漏えいリアクタンス (Ω)

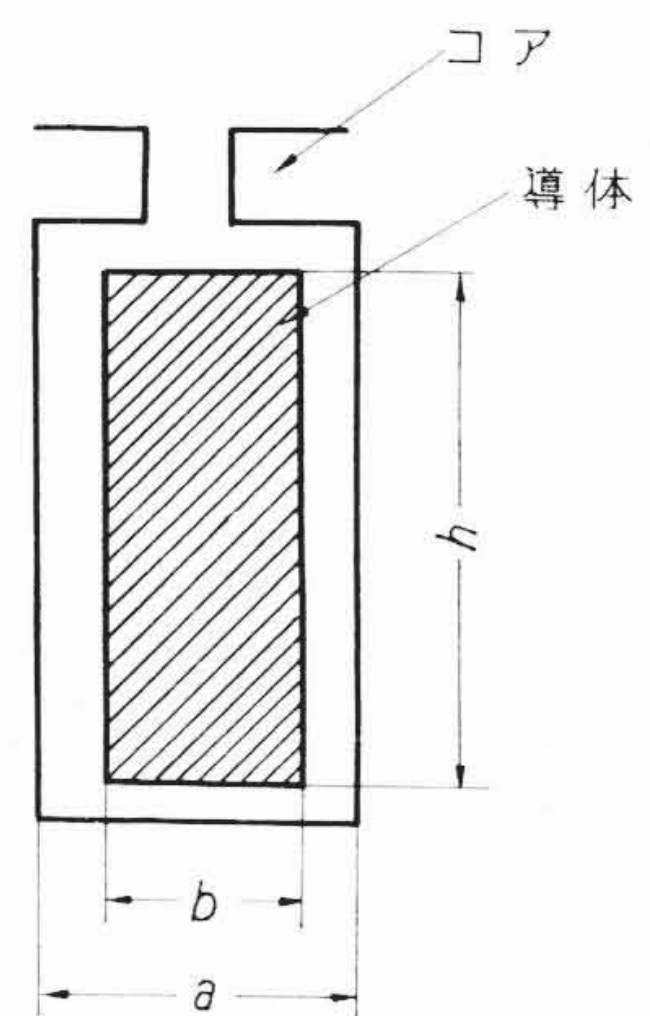
h : 導体の高さ (cm)

f : 電源周波数 (c/s)

ρ : 導体の固有抵抗 ($\mu\Omega\text{-cm}$)

a : スロットの幅 (cm)

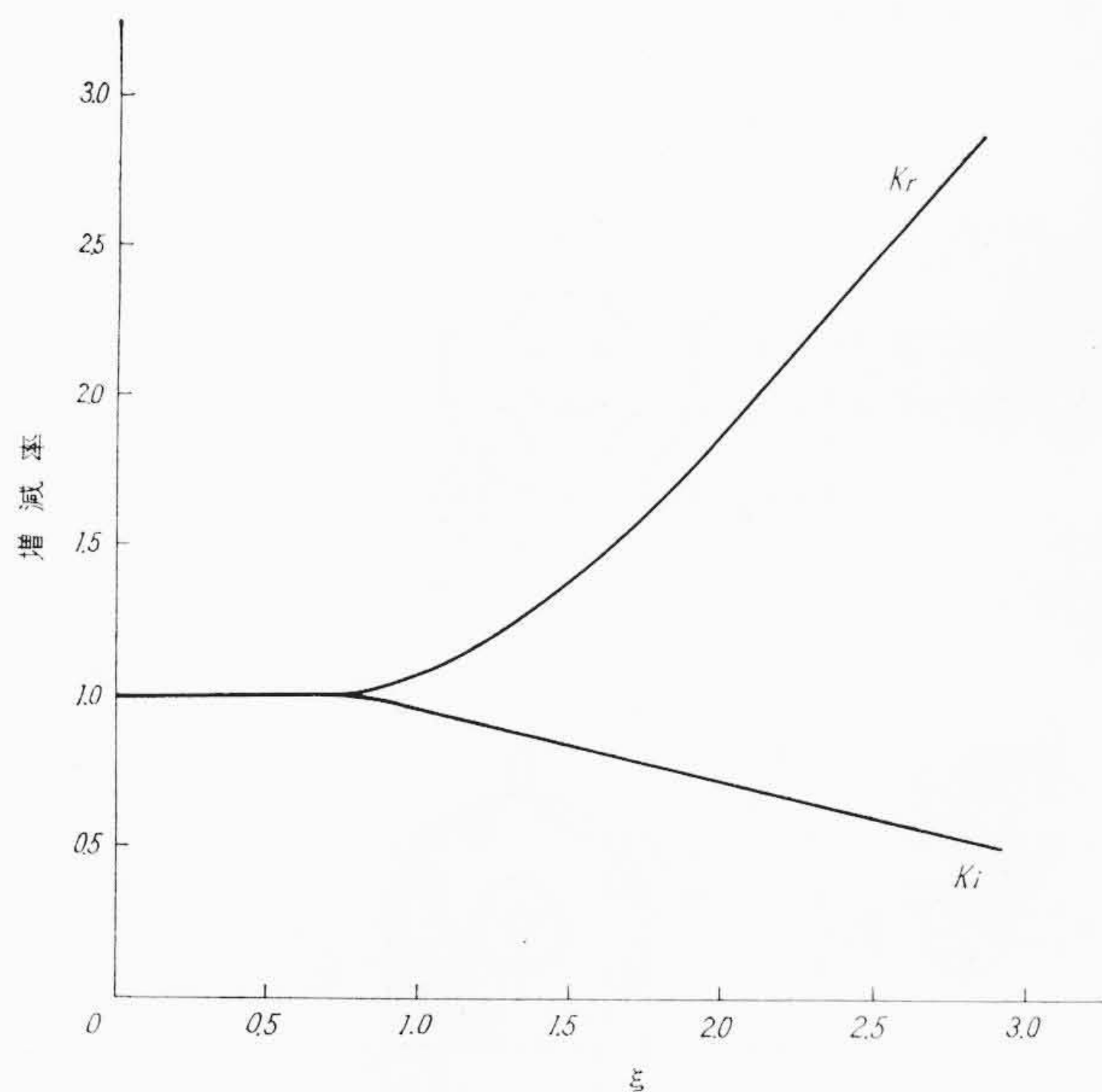
b : 導体の幅 (cm)



第1図 スロット寸法

* 日立機電株式会社

** 日立製作所習志野工場

第2図 K_r 、 K_i の値

すなわち非磁性高抵抗材料を用いた場合は ρ が大きいので (3) 式で ξ が小さくなり，表皮効果が小さいので運転時の抵抗に対して起動時の抵抗があまり大きくなく，起動特性および運転特性の両方を満足することは困難であるといえる。しかし (5) 式の ξ を変える要素は ρ のほかに b/a が b に比べて a を小さくすれば ξ は大きくなる。導体に非磁性導体を用いる場合は必ず $a > b$ の関係であるが，導体に強磁性体を用いれば磁気的にはスロット幅は $a-b$ となり (5) 式は次のように修正される。

$$\xi = 2\pi h \sqrt{\frac{b}{a-b} \frac{f}{\rho}} \times 10^{-3} \dots\dots\dots (6)$$

第1図のようなスロット形状で電源周波数 50 c/s，導体材料として強磁性体の電磁軟鉄棒 ($\rho = 12 \mu\Omega\text{-cm}$ 20°C) を用いると $\xi = 1.62$ となり $K_r = 1.5$ ， $K_i = 0.8$ となって，起動時の二次抵抗，スロット漏れリアクタンスは運転時のそれに比べてそれぞれ 1.5 倍，0.8 倍となり高抵抗材料を用いても表皮効果が発揮されて起動特性，運転特性ともすぐれた特殊かご形モートルが得られる。

このすぐれた点に着目してマグネトロモートルの二次導体材料には機械的，磁気的特性にすぐれた電磁軟鉄棒を用いて，導体とコアとの磁気絶縁には非磁性金属板を用いている。第1表は電磁軟鉄棒の機械的，磁気的性質を示している。

3. マグネトロモートルの仕様

冒頭に述べたように，クレーン横行，走行用モートルは高起動ひん度に耐え，起動トルクの大きいことが必要であるが，これらの具体的な値はどんなものであろうか。

日本機械学会荷役および運搬機械部門専門委員会では，全国主要の製鉄メーカーその他のクレーンの運転状況を調査して，一般クレーンの横行，走行用モートルは第2表に示す起動ひん度，使用率を保証するものであれば実用上問題はないと結論を示している。

したがってマグネトロモートルの時間定格はクレーンに定格荷重が加わっている状態で第2表の起動ひん度，使用率で連続運転を行った場合のモートルの温度上昇が 60 分定格で運転した場合の温度上昇とほぼ等しくなるので 60 分定格を標準としてある。

起動トルクは走行レールの状態によって異なるが，同期トルクの 100~150% あれば運搬物が起動のショックによりゆれることなくスムーズに起動できる。したがって起動トルクは電源電圧の低下な

第1表 電磁軟鉄棒の磁气的，機械的性質

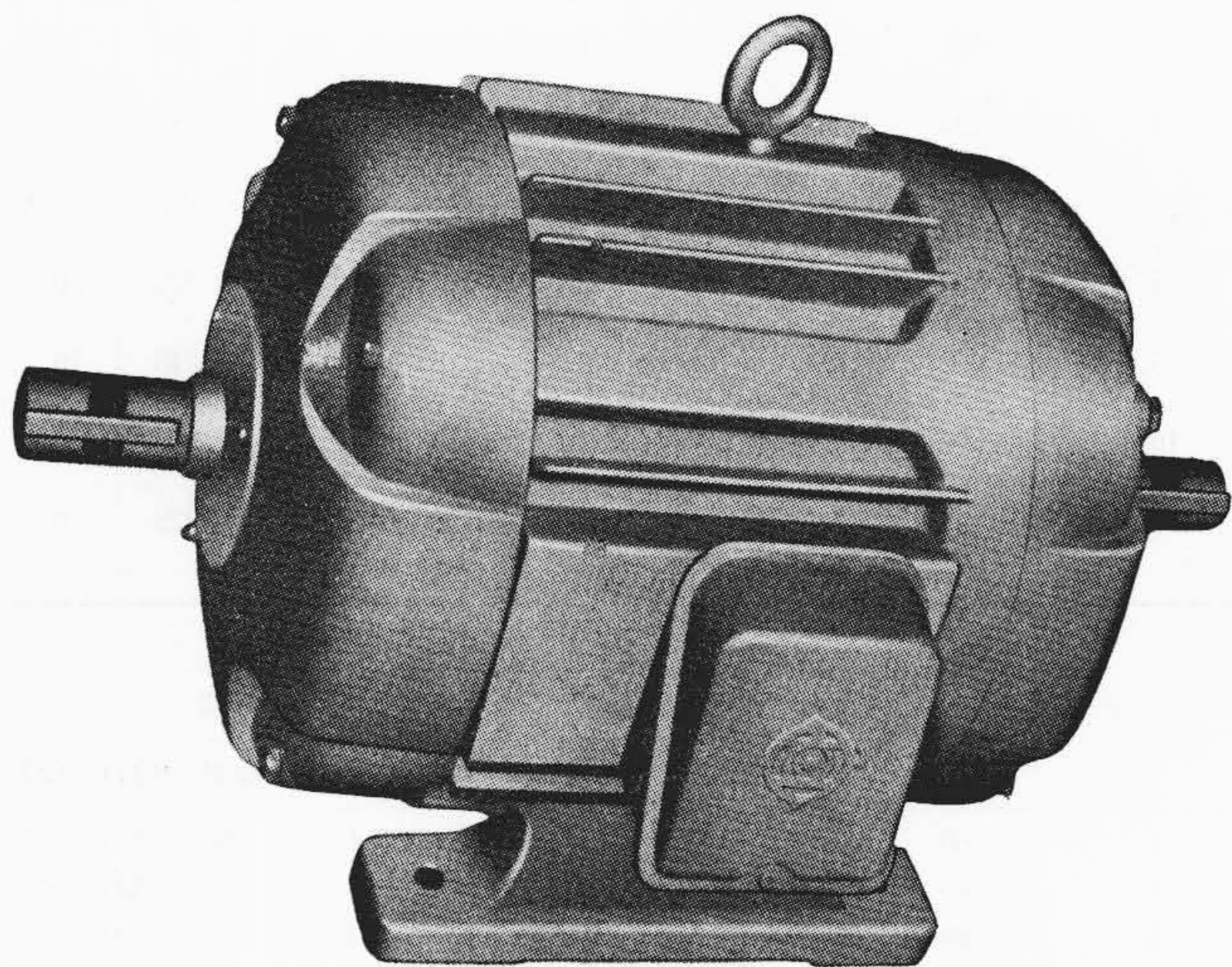
磁 気 的 性 質					HC (Oe)	固有抵抗 ($\mu\Omega\text{-cm}$) 20℃	機 械 的 性 質	
磁 束 密 度 (G)							抗張力 (kg/mm ²)	伸 び (%)
B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅				
>5,000	>10,000	>12,000	>13,500	>15,000	>1.0	11~13	30~40	>25

第2表 一般用クレーンの起動ひん度，使用率

種 類	起動ひん度 (回/時)	使 用 率 (%)
横 行 用	200	40
走 行 用	100	20

第3表 マグネトロモートルの仕様

形 式	出力 (kW)	電 圧 (V)	周波数 (c/s)	極 数	定 格 (分)	絶縁種別	適 用
TO-KK	1	200/220	50/60	6	60	E種	5 Tクレーン横行用
TO-KK	2	200/220	50/60	6	60	E種	10 Tクレーン横行用
TO-KK	3	200/220	50/60	6	60	E種	15 Tクレーン横行用
TO-KK	5	200/220	50/60	6	60	E種	30 Tクレーン横行用
TO-KK	7.5	200/220	50/60	6	60	E種	7.5Tクレーン走行用
TO-KK	10	200/220	50/60	6	60	F種	10 Tクレーン走行用
TO-KK	15	200/220	50/60	6	60	F種	15 Tクレーン走行用

第3図 マグネトロモートルの外観 5 kW TO-KK₆₀ 6 極

どによる余裕を考えて 200% を目標値としたが，負荷トルク，負荷 GD^2 が小さい場合は起動時にショックを生じないように減圧起動を行なって起動トルクが小さくなるようにしてある。

以上のような点を主眼としてマグネトロモートルの仕様は第3表のように決められている。寸法は日本電機工業会基準寸法 JEM 1110 寸法に準拠しており第4表に示すとおりで，第3図はマグネトロモートルの外観を示している。

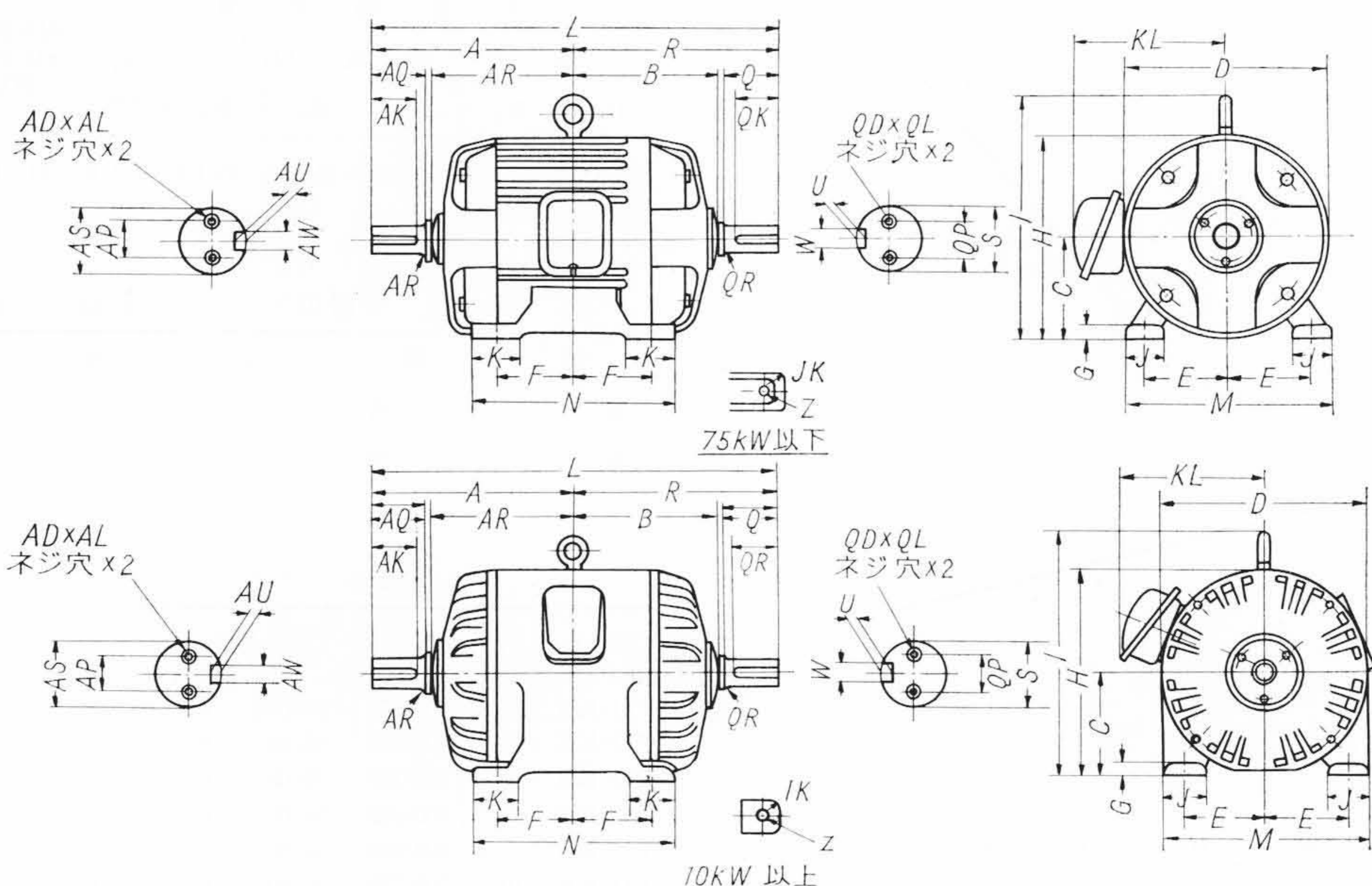
4. マグネトロモートルの特性

このようにして製作されたマグネトロモートルの特性は次に述べるように起動特性，運転特性とも従来の高抵抗かご形モートルよりもすぐれており，巻線形モートルに匹敵する性質をもっている。

4.1 特 性

マグネトロモートルの起動トルクは同期トルクに対してほぼ 200% 以上となっており，起動電流は起動トルクの大きい割り合いには小さく全負荷電流の 300~350% となり，起動階級はいずれも B または C となっている。効率，力率は一般かご形モートル規格 JIS-C 4201 とほぼ同等であり，すべりはこれよりも若干大きい程度である。

第4表 マグネトロモートル寸法表



キロワット	寸 法 (mm)																		
	L	R	AR	B	A	D	KL	K	J	I	H	C	F	E	N	M	G	JK	Z
1	450	220	230	150	150	265	185	55	50	324	268	135 ⁺⁰ _{-0.5}	70	110	190	270	20	10	11
2	490	240	250	170	170	265	185	55	50	324	268	135 ⁺⁰ _{-0.5}	90	110	230	270	20	12	11
3	580	295	285	200	200	310	225	65	60	371	315	160 ⁺⁰ _{-0.5}	105	125	270	310	22	12	15
5	640	315	325	220	230	310	225	70	60	371	315	160 ⁺⁰ _{-0.5}	125	125	310	310	22	12	15
7.5	660	330	330	225	235	350	245	70	70	426	355	180 ⁺⁰ _{-0.5}	120	140	300	350	25	15	15
10	690	350	340	245	245	370	265	70	75	436	365	180 ⁺⁰ _{-0.5}	140	140	340	360	20	15	15
15	775	390	385	270	280	405	325	70	80	483	413	205 ⁺⁰ _{-0.5}	155	160	370	400	30	15	18

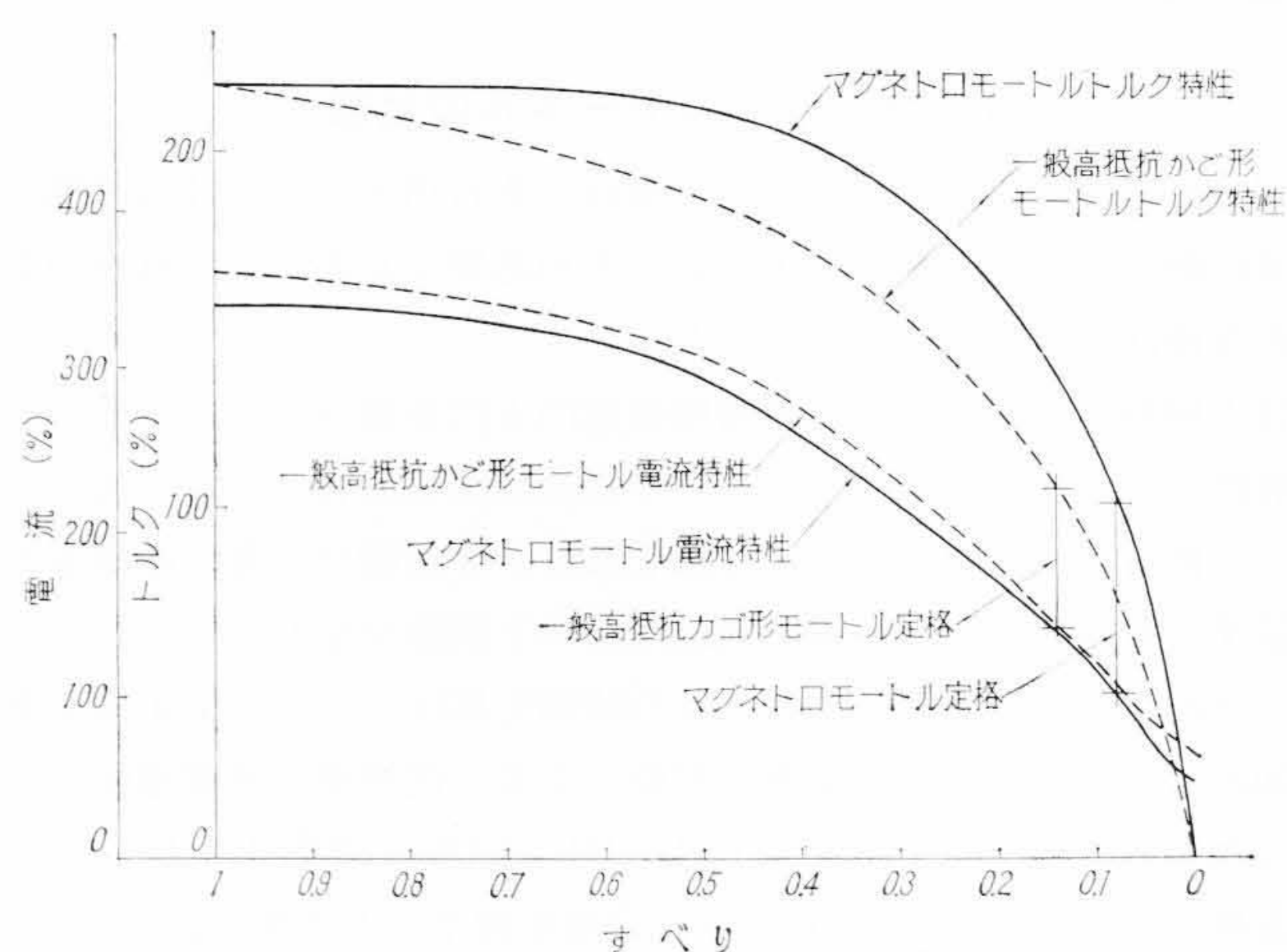
キロワット	寸 法 (mm)																枠 番 号
	軸 端 (ギア側)								軸 端 (ブレーキ側)								
	Q	S	QK	QR	W	U	QP	QD×QL	AQ	AS	AK	AR	AW	AU	AP	AD×AL	
1	60	28 mb	53	0.5	7	4	15	M6×15	70	28 mb	53	0.5	7	4	15	M6×15	NTOC-1314
2	60	28 mb	53	0.5	7	4	15	M6×15	70	28 mb	53	0.5	7	4	15	M6×15	NTOC-1318
3	80	35 mb	74	1.5	10	4.5	18	M6×15	70	35 mb	64	1.5	10	4.5	18	M6×15	NTOC-1621
5	80	35 mb	74	1.5	10	4.5	18	M6×15	80	35 mb	74	1.5	10	4.5	18	M6×15	NTOC-1625
7.5	90	42 mb	85	2.5	12	4.5	20	M8×15	80	42 mb	75	2.5	12	4.5	20	M8×15	NTOC-1824
10	90	42 mb	85	2.5	12	4.5	20	M8×15	80	42 mb	75	2.5	12	4.5	20	M8×15	NTOC-1828
15	105	48 mb	95	1.5	12	4.5	27	W ³ / ₈ ×20	90	48 mb	80	1.5	12	4.5	27	W ³ / ₈ ×20	NTOC-2031

が、このように起動特性、運転特性ともすぐれているのは二次導体に強磁性体を採用しているため高抵抗材料であるにもかかわらず運転時の二次抵抗値が起動時に比べて小さくなっているためである。

4.2 一般高抵抗かご形モートルとのトルク、電流特性の比較

マグネトロモートルのトルク、電流—速度曲線の実測値 (2 kW TO-KK 6 極 220 V 60 c/s) を示すと第4図のとおりである。これと二次導体に黄銅あるいはヒドロナリウムといった非磁性高抵抗材料を用いた一般の高抵抗かご形モートルとのトルク、電流特性を比較するために、起動トルクが同等になるように一般高抵抗かご形モートルを設計してみると、このトルク、電流—速度曲線は第4図の点線のようにになる。第4図のトルク、電流はそれぞれマグネトロモートルの全負荷時の値を100%として表わしている。

第5表は第4図の特性比較を具体的に示したものである。すなわち、同じように高抵抗材料を用いても、マグネトロモートルには表皮効果があるのに対して、一般高抵抗かご形モートルでは表皮効果がほとんどないので、起動トルクの絶対値を同じにした場合、マ



第4図 マグネトロモートルと一般高抵抗かご形モートルのトルク電流特性 (2 kW TO-KK₆₀ 6 極 220 V 60 c/s)

第5表 マグネトロモートルと一般高抵抗かご形モートルの特性比表

(2 kW TO-KK₆₀ 6 極 220 V 60 c/s)

	マグネトロモートル	一般高抵抗かご形モートル
起 動 ト ル ク (%)	220	220
平 均 加 速 ト ル ク (%)	186.5	158
起 動 電 流 (%)	332	352
全 負 荷 電 流 (%)	100	130
す べ り (%)	7.9	14.0
定 格 ト ル ク (%)	100	107
同 期 ト ル ク (%)	92.1	92.1
起動トルク / 起動電流 (%)	66.3	62.5
起動トルク / 定格トルク (%)	220	206
起動トルク / 同期トルク (%)	239	239
起動電流 / 全負荷電流 (%)	330	270
起 動 階 級 (%)	C	D

グネトロモートルのトルク—速度曲線はほぼフラットな特性となり、平均加速トルクが大きくなり大きな負荷 GD^2 、負荷トルクの場合でも急速に加速することができる。

また、平均加速トルクが大きいことは(1)(2)式で明らかなようにモートル起動時、逆相制動時のモートル内発生損失の少ないことを意味しており、高起動ひん度運転を行なった場合にモートルの温度上昇を低くできる。

たとえば負荷トルクが軽くて50%の場合でもマグネトロモートルの起動、逆相制動中の損失は一般高抵抗かご形モートルの93%であり、負荷トルクが100%の場合はこの差が大きくなり80%となる。

また、表皮効果のあるために起動電流、すべり、全負荷電流も小

さくなっており、起動特性、全負荷特性ともすぐれていることがわかる。ここで注意しなければならないことは、一般に起動トルク、起動電流はそれぞれ定格トルク、全負荷電流の百分率で示されるのが普通であるが、第5表で明らかなようにこの表現では起動トルクの絶対値は同じでもすべりの差だけマグネトロモートルの方が大きくなり、起動電流は絶対値はマグネトロモートルの方が全負荷電流が小さいために百分率は大きくなっている。この原因は全負荷特性に大きな差があるためで、このような場合は起動トルクはトルクの絶対値かまたは同期トルクに対する百分率で、起動電流は電流の絶対値かまたは起動階級で表現するのが良いと考えられる。このような表現を用いると起動トルクはいずれも239%、起動階級はマグネトロモートルではC、一般高抵抗かご形モートルではDとなり明確に示すことができる。

5. 結 言

以上クレーン横行、走行用モートルで巻線形モートルに匹敵する特性をもったかご形モートル—マグネトロモートル—について、その原理、特長、性能の概要を述べた。

マグネトロモートルは高ひん度運転の用途に適するかご形モートルであるから、きわめて広範な用途に採用されることが期待される。関係者各位に多小なりともご参考になれば幸いと考える次第である。

参 考 文 献

- (1) 電動回転子： 実用新案，昭 36-32205



特許第303724号

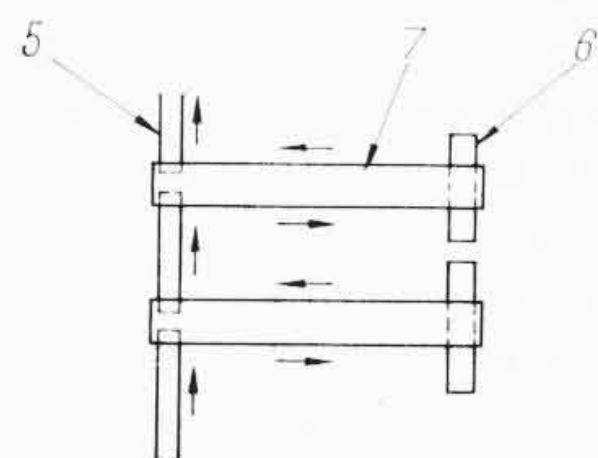
特 許 の 紹 介

中 村 昌 夫・川 船 和 儀
宮 村 慎 司

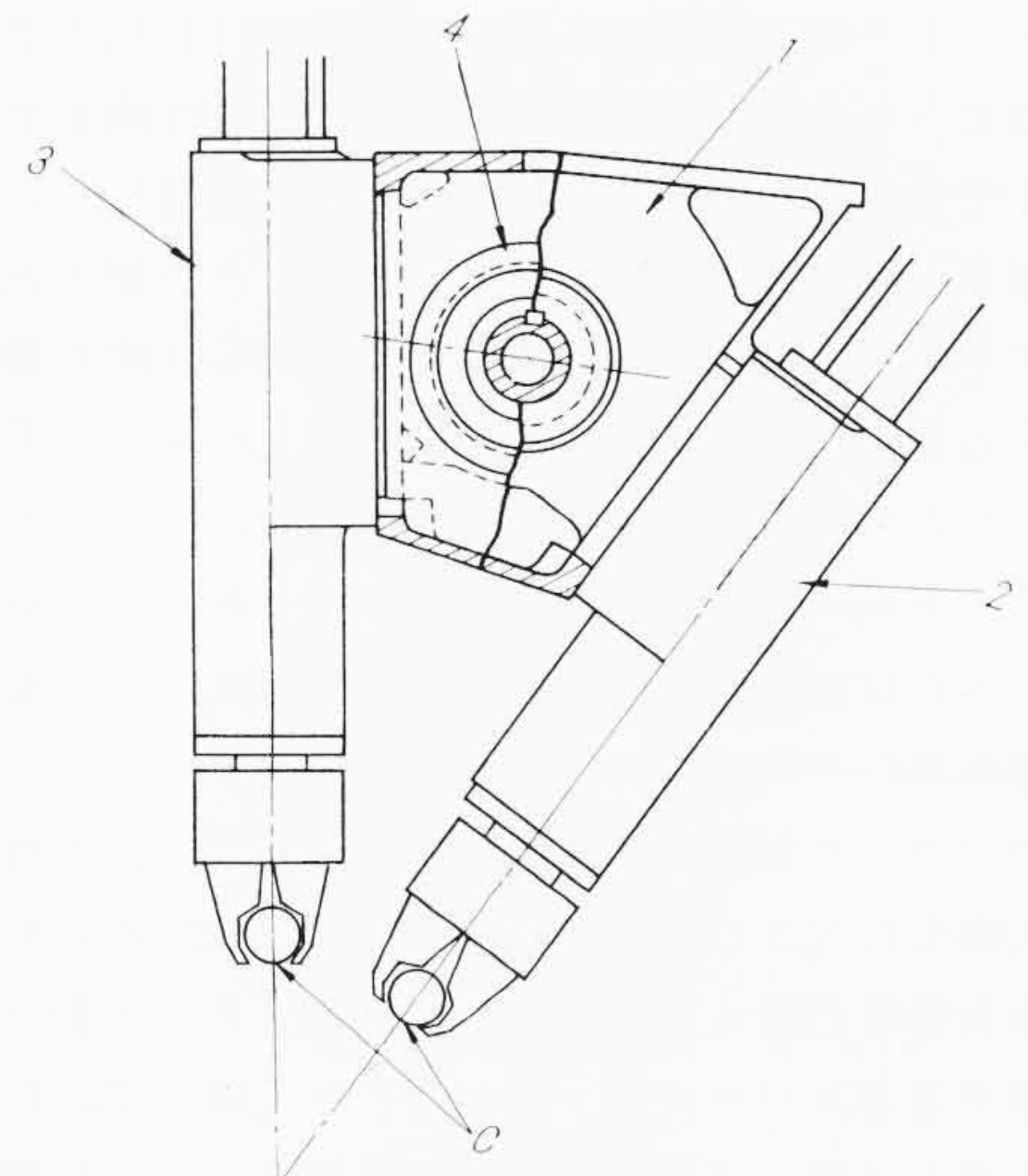
機 材 締 着 装 置

この発明は、第1図に示すごとく、一方側に機械を矢印方向に転動する装置5を数個並置し、他方側に加工装置6を数個並置し、これら両装置5、6間上方位置に走行装置7を設け、機械を順次矢印方向に輸送して連続加工する装置において、第2図に示すごとく、上記走行装置7に取り付けられた駆動装置1の両側面斜方向に、互いに下端部機材締着位置Cが一致するごとく、ロード装置2およびアンロード装置3を取り付け、上記駆動装置1内に設けたカム4の

操作によって、一方のロード装置2が、転動装置5上の加工前の機材を締着して、一たん上昇した後、下降して加工装置6に機材を取り付け、他方のアンロード装置3が、加工装置6上の加工後の機材を締着して一たん上昇した後、下降して、転動装置5上に機材を塔載し、かつこれらを自動的に連動して行ないうるようにしたものである。この発明によれば、簡単な構造にて、安全確実に作動することができる。



第 1 図



第 2 図