

つり上げ電磁石について

西芝電機KK* 設計部

配電盤制御器設計課 小津不二夫

1. まえがき

最近鉄鋼産業の発展と、荷役・運搬の合理化にともない、つり上げ電磁石の用途はますます拡大し、各用途に際して最高の能力を発揮できるよう、いろいろな形のものや、か酷な使用条件に耐えるものが要求されるようになってきている。

他方新しい絶縁材料・導電材料の進歩と構造の改良により、つり上げ電磁石そのものの性能が向上するとともに、励磁用の電源装置も金属整流器・半導体整流器の発達によって大容量のものまでできるようになり、電動発電機に比べ保守が簡単になった。

2. 用 途

2・1 最近の傾向

用途面から見た最近の傾向は、従来は荷役とか単なる運搬に使用されていたものが、最近では生産工程の流れの中での役割を務めるようになってきたことである。たとえばスクラップを炉に入れるとか、炉から出てきた高温のビレットをつぎの工程（徐冷など）に運ぶといった用途とか、軽運搬車のカバーのように重量は軽くてもかさばってべこべこして扱いにくいものの運搬とか、マテリアルハンドリングの面でもつり上げ電磁石は活躍している。

またつり上げ電磁石をパワーショベル（エキスカベータ）と組み合わせることによって機動性が増し、作業範囲が拡大されてきた。

2・2 用途と種類

前述のように、つり上げ電磁石の能力を高度に発揮させるためには運搬しようとする対象物（以下対象物という）に最も適した磁極形状を持ったつり上げ電磁石を選ぶことが重要である。

つり上げ電磁石の種類は形状で大別して丸形と角形に分類される。丸形は最も用途が広く、スクラップ、クラッカボール、インゴット、ビレット、スラブ、鋼板、その他あらゆる鋼材をもつり上げることができるが、ビレットやレールのように細長いものを並べてつり上げるような用途に専用する場合は、磁極の吸引面の長い角形の方が有利な場合が多い。また鋼材が非常に長い場合は角形を2台使う場合もある。

特殊なものとしては、対象物の温度が500°Cとか600°Cとかの高温のもの、あるいは水中のスクラップを引き上げる目的の水中形もある。

3. つり上げ電磁石の性能

3・1 つり上げ能力

つり上げ電磁石の性能はつり上げ能力で代表させるのが最も実用的であるが、これが対象物によってまちまち

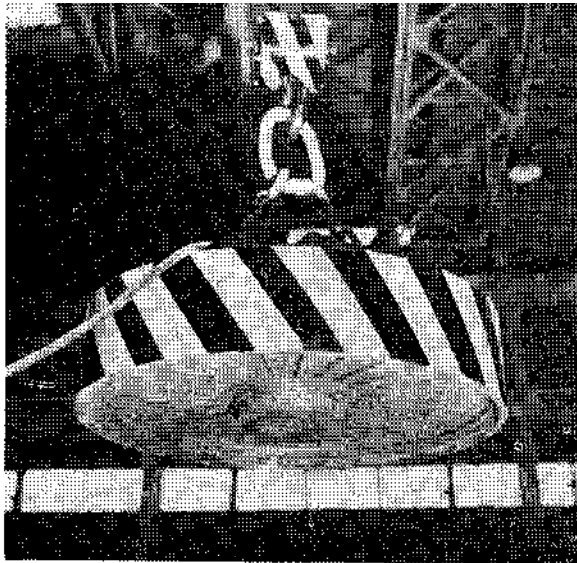
第1表 標準丸形つり上げ電磁石の諸元

外 径 mm	容 量 KW (75°C)	自 重 kg	つ り 上 げ 能 力			
			鋼 板	インゴット	スクラップ	せん鉄
500	1.0	250	300~400	1,750	65~90	90
700	2.8	520	400~800	5,000	150~200	200
900	4.7	920	800~1,000	9,500	200~310	400
1,100	7.2	1,500	1,000~2,000	14,000	300~400	600
1,300	10.0	2,200	2,100~3,200	20,000	400~1,200	900
1,500	13.5	3,200	3,200~4,000	24,000	700~1,800	1,000
1,800	19.0	4,700	4,000~5,000	30,000	800~2,700	1,500

*姫路市網干区浜田1000

である。対象物の材質、形状により非常に差違がある。材質ではせん鉄は飽和磁束密度が鋼に比べて小であるのでつり上げられる重量も少ない。形状では極端な例で説明すれば、薄板ではかさの割に重量が軽く、インゴットのような塊状のものではかさ比重が大きいといえる。その上スクラップや比較的小さい対象物では材質、形状のほかに集積状況によつて、つり上げ量が相当違つてくる。

一例として図1の写真のような当社の標準丸形つり上げ電磁石の諸元を表1に示した。また図2はつり上げ試験の際の写真である。



第1図 標準丸形つり上げ電磁石

3・2 時間定格

従来は30分とか60分の定格のものが多かつたようであるが、作業能率の向上により使用率が高くなりまた港湾荷役のように徹夜作業が行われる用途では連続して使用できるよう設計しなければならぬので現在は使用率50%で連続定格を標準としているむきが多い。

使用率50%で連続定格というのは電磁石の励磁時間の総和が全運転時間の50%であるということ、50%以下ならば連続して長時間使用しても温度は絶縁物の最高許容温度以下の一定限度で飽和してしまうように設計してある。

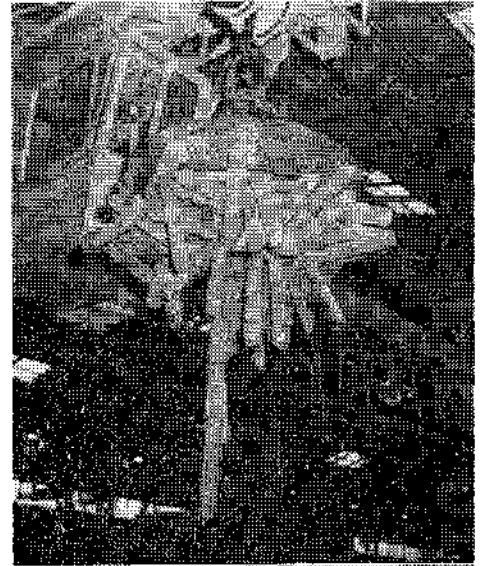
3・3 温度上昇

3.3.1 温度上昇と絶縁物

温度上昇の原因は励磁コイルの抵抗による熱損失である。このほかに対象物が高温の場合は、これから伝導してくる熱も考えなければならない。

つり上げ電磁石の自重は軽いことが望ましいから、コイルの重量をむやみにふやすわけにはいかないので温度上昇もかなり高いものになる。したがつて絶縁物はアスベスト・ガラス・マイカなどの無機質を、ワニス

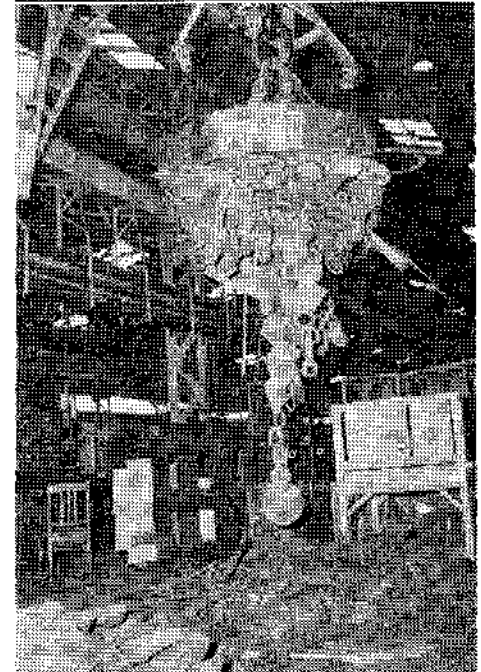
第2図A
せん鉄つり上げ試験



第2図B
薄板スクラップつり上げ電磁石



第2図C
厚板スクラップつり上げ試験



コンワニスなどを使用する。

また最近コイル導体としてアルミ線の表面を陽極酸化⁽¹⁾したものができようになったが、これだと酸化皮膜は無機質で、500°C位の高温に耐え、しかも皮膜は非常に薄いのでスペースファクタが良好である。

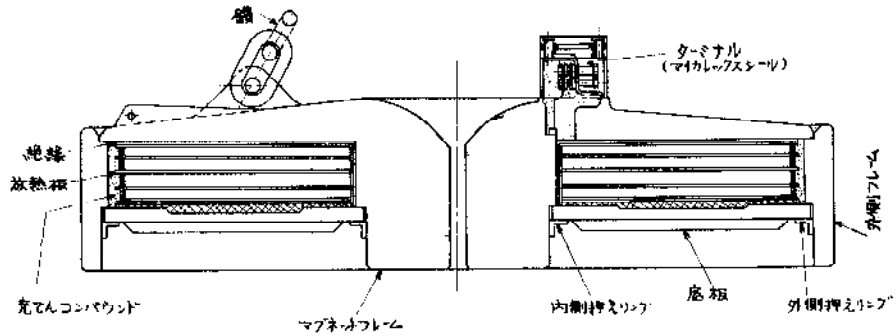
3.3.2 温度上昇と
つり上げ能力

コイルの温度が上昇すると抵抗が増し、電流が減少するのでアンペアターンが小となり、つり上げ能力が低下する。

そこで設計上考慮すべきことは、熱放散をよくして温度上昇を過大にしないことと、温度があがっても所望のつり上げ能力を保持させるためには最初からアンペアターンを大きくしておくことが必要で、それにはコイル導体の占める占有率を大きくすべきである。

上記の目的のため当社のつり上げ電磁石では構造上とくに下記の点で考慮をしている。(図3参照)

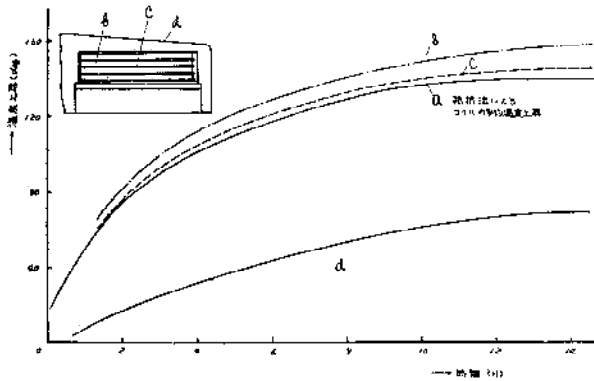
- (1) コイルは巻きわくなしであらかじめ絶縁を施したマグネットフレームに直接巻いてあるので、巻きわ



第3図 丸形つり上げ電磁石の構造図

- b, cとフレーム表面の温度上昇dを表わしている。試験条件は通電5分休止5分のくり返しを温度一定になるまで続け、使用率50%で連続して使用した場合を想定している。この例ではコイルの平均温度と最高部bとの差は17degで少ないといえよう。
- (3) コイルから外部への熱伝導をよくするためにはボイドをなくすることが必要なのでシリコンワニスをぬりながらコイルを巻き一段巻くごとに乾燥炉に入れてボイドを除去しながら熱硬化させる。

またコイルとマグネットフレームとの間の空間には熱伝導性の良好な特殊コンパウンドを真空充てんしてある。真空充てんするためには全体を完全な気密溶接により構成しなければならないが、これが呼吸作用による吸湿をも完全に防止することができ、長年月にわたり良好な絶縁を保つことができる。



第4図 温度上昇曲線

くに余分のスペースをとられず、またコイルの中心部からマグネットフレームへの熱の伝導がよい。

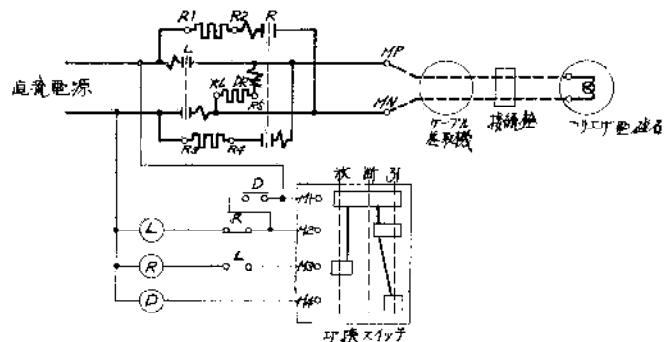
- (2) コイルを各段ごとに分割し、分割されたコイルとコイルの間には熱良導性の金属板をそう入することによりコイルの中心部と外周部との温度の均一化を図っている。またこの金属板は外周部からマグネットフレームの方へ熱を引出す役目をする。

図4は温度上昇曲線の一例でコイルの温度は抵抗法による平均温度上昇aとサーチコイルをいれて測ったコイル内各部の温度上昇

4. 付属品

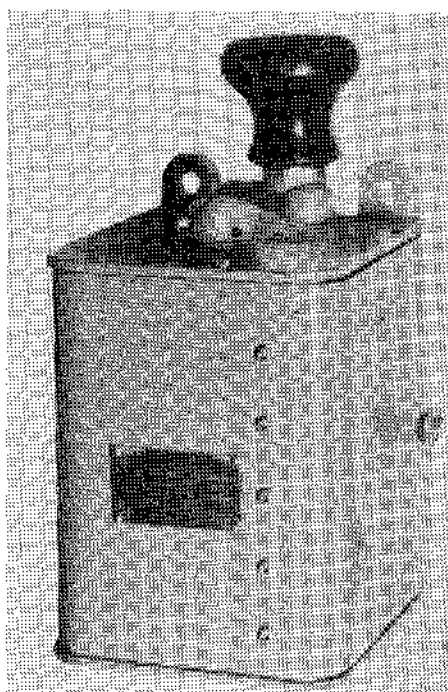
4.1 制御装置

つり上げ電磁石はコイルのインダクタンスが大きいので励磁電流を切る際コイルと並列に放電抵抗をそう入しないと誘起電圧で絶縁をいためるおそれがある。この抵抗値は小さい方が誘起電圧は小となるが、あまり小さくすると電流の減衰時間が長くなり対象物が落ちるのに時間がかかるのでコイル抵抗の大体5~7倍にとる。

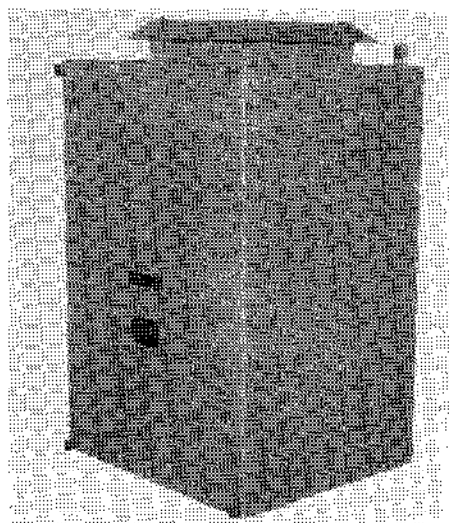


第5図 制御装置の回路図

また励磁電流を切つても大きな磁石では残留磁気も大きいので、これを打ち消すため小電流で逆方向に励磁してやる必要がある。図5の回路図で切換スイッチを「引」の位置にいと、接触器Lが閉じ電磁石を励磁して対象物を吸引する。ここでは接触器Dは励磁されて接触を開いているので放電抵抗DRは切りはなされている。切換スイッチを「引」から「断」へもどす場合、途中で放電抵抗器が完全につながってからLが開くようになっていく。切換スイッチを「放」へ入れると逆励磁回路ができ対象物を釈放する。この位置ではハンドルをはなせば「断」の位置にもどるようになっていく。最近では上述のような切換スイッチ(図6)と電磁接触器箱(図7参照)との組み合わせによる間接制御が普通であるが、容量の小



第6図 制御スイッチ



第7図 電磁接触器箱

さいものでは手動切換制御器による直接制御も行なわれている。

特殊な用途、たとえば同時につり上げた数枚の鋼板を必要枚数だけおろすための電流調整方式もいろいろ考えられている。

4・2 電源装置

4.2.1 種類

つり上げ電磁石の励磁には直流電源を必要とするので既設の直流電源設備を利用するか、電動発電機または金属整流器・半導体整流器によつて直流電源を得る。最近では整流器が急速な進歩をとげたので、つり上げ電磁石用電源としても保守が簡単なので広く用いられている。つり上げ電磁石と整流器の間には接触器がはいつているため、励磁電流を切る際の誘起電圧のピーク値が整流器にかかるおそれはない。2・1で述べたパワーショベルでは駆動エンジンで直流発電機を回わしている。

4.2.2 停電時の保護装置

つり上げ電磁石のマテリアルハンドリングの用途がふえるにつれ、停電時の保護装置が必要となつてきている。

(1) フライホイール効果を利用する方式

フライホイール直結の電動発電機と限時要素を持った電磁接触器を用いることによつて停電後3分～5分は吸着力を保持する。この方式では同時に警報して停電を知らせる必要がある。また鋼板などでは3分～5分保持できるとしても、スクラップなどでは下の方にぶらさがつたものから発電機電圧の低下にしたがつてばらばら落ちるので危険である。

(2) 蓄電池を用いる方式

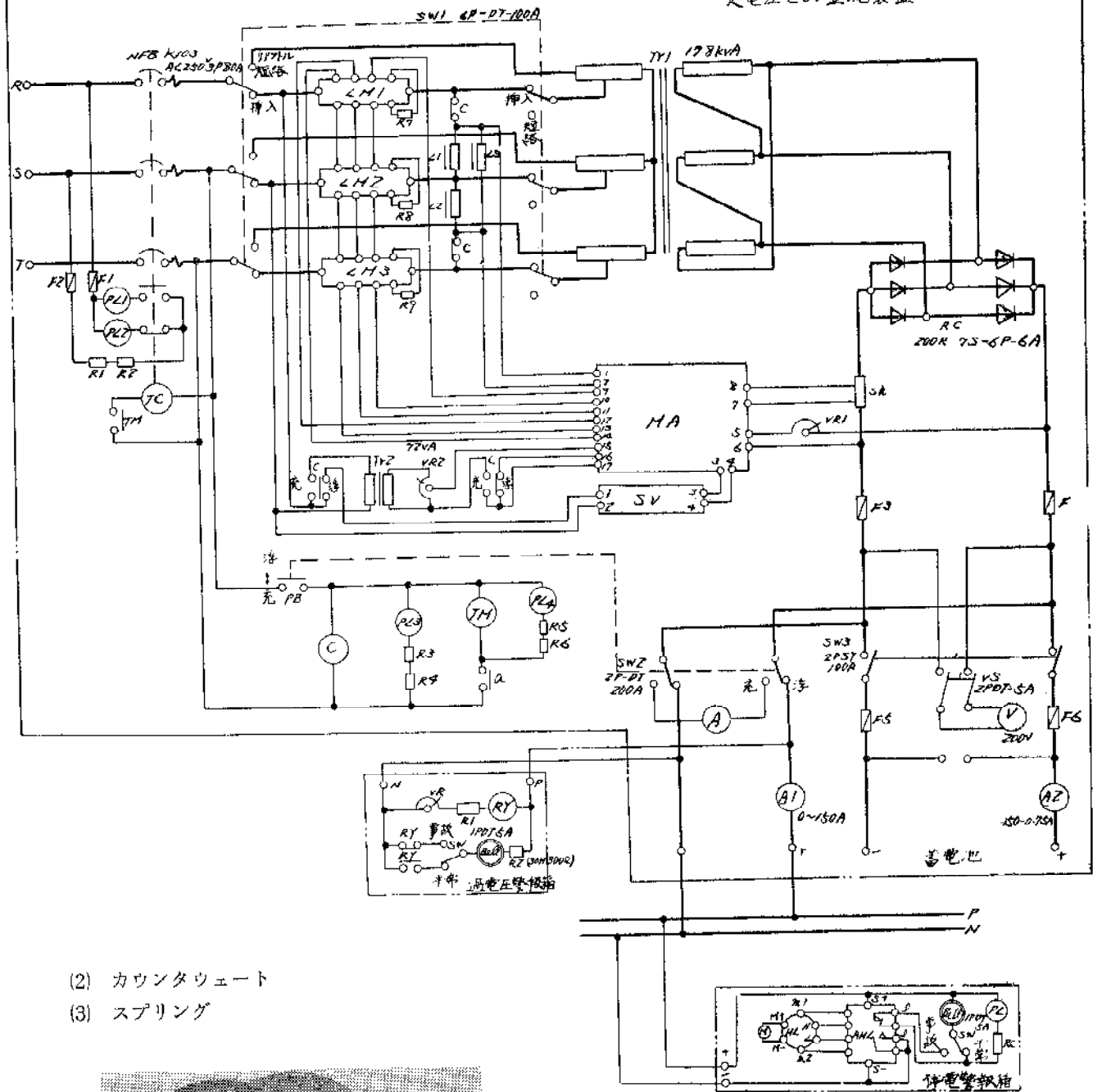
常時蓄電池を浮動充電しておいて停電時は蓄電池により励磁する方式である。この方式では蓄電池さえ時間率の大きいものを用意すれば相当時間の停電でも安全に作業が続けられる。浮動充電で注意すべきことは⁽²⁾常時充電している場合でも充電は安全とはいえないので電池が変成する。これを防止するため2～3ヶ月に1回1単位電池あたり2.7Vまで電圧を上げ均等充電を行ない、ある期間充電を休止した場合は初期充電を行つてから使用することである。図8は磁気増巾器を用いた自動充電方式の停電時の保護装置の回路図である。

4・3 ケーブル巻取機

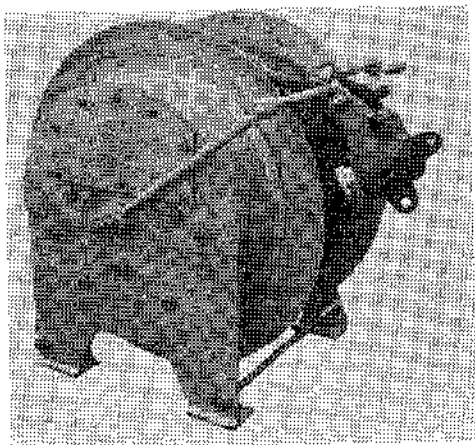
つり上げ電磁石の給電用キャブタイヤケーブルをクレーンの上げ下げに応じて、くり込んでおくためにはケーブル巻取機を用いる。巻取機を用いないとケーブルがたるんで対象物に触れたり、引きずつたりして切断するおそれがある。ケーブル巻取機の回転動力には

(1) トルクモータ

定電圧セル整流装置



- (2) カウンタウェート
- (3) スプリング



第9図 ケーブル巻取機

第8図 自動充電方式の停電時保護装置回路図

があるが、スプリング式が最も広く用いられている。ケーブル巻取機はひん繁なくり返し使用に耐え、高い所に取付けられる場合でも保守が簡単でなくてはならない。図9は当社製ケーブル巻取機の写真である。

参考文献

- (1) 36年 電学連大 講演論文集
- 37年 電学連大 講演論文集
- 37年 3月オーム
- (2) 34年 電学シンポジウム