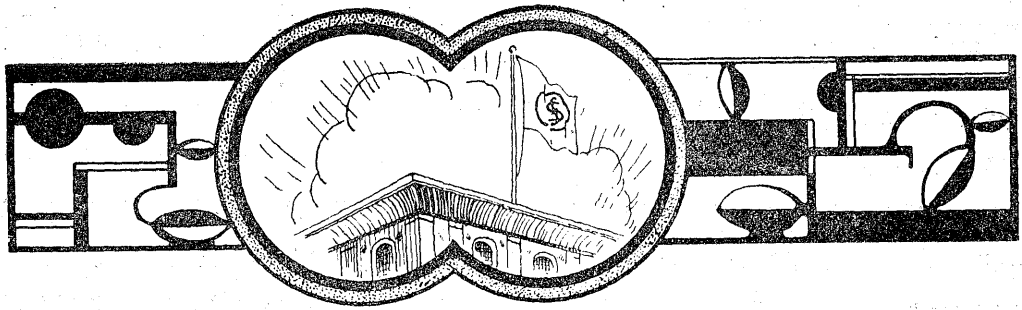




電弧熔接の理論と實際 (其ノ一)

高田 三郎

(Fusi Denki Seizo K., K. Kawasaki Works)

内 容 梗 概

- I. 電弧熔接機
 - A. 直流電弧熔接機
 - B. 交流電弧熔接機
- II. 電 弧
 - A. 直流電弧
 - B. 交流電弧
- III. 軟鋼熔接
- IV. 鑄鐵熔接
- V. 經濟的諸問題
 - A. 軟鋼の電弧熔接の經濟
 - B. 鑄鐵の電弧熔接の經濟

I. 電弧熔接機

電弧熔接が實用化してから十有餘年、その間に次第に應用範圍を擴張して瓦斯熔接を脅かしたるは勿論、或は鋸着作業に或はテルミット熔接作業に於て等しくその利用範圍を蠶食しつつあるのである。更に進んでは鑄造作業をさへ驅逐せんとする勢を示し來り、やがては何處まで發展し如何に廣範圍にまで利用せらるゝか豫測し得られない憂味を持つて居るのである。數年前までは電弧熔接物は壓力に耐へないとか作業の確實性がないとか色々に非難されたものだが、昨今ではそれが全く杞憂であつたことが明にされたのである。嘗てそれが壓力に耐えるものではないと思つたのは技術の熟達して居なかつたことに基くのであることが分り、確實性を缺くと思つたのはそれは熔接機が完全であると思つて居たのが誤りであることが了解されて來たのである。

茲に筆者は嘗て電弧熔接にて辛酸を嘗めた人々や、現在舊式熔接機を使用して居らるゝ人、或は全然電弧熔接作業を利用しなかつた方々に、是非、も一度最新の電弧熔接機に就て考へて戴き度いと思ふのである。

一方獨逸シーメンス社に於ては、最近獨逸本國は勿論、世界の各地に賣出さるゝ電弧熔接機の數が急激に増加しつつあるのであつて、この大勢を一方に眺め乍ら我國に於て依然として舊法を墨守して居る工場を見るのが如何にも殘念である。何とかして最も進歩したる新しい熔接機を紹

介することによつて、歐米の大勢に立遅れざらんことを希ふの餘り拙文を草することゝした。

A.) 直流電弧熔接機

周知の如く電弧は極めて不安定であつて、電流増せば増すほど抵抗は減少するものであるから一定電壓を與ふれば電弧は増大するばかりである。従つて直流ブスから電力をとつて電弧を髓へる時にはどうしても直列抵抗が必要であつて、電流が増せば増す程電弧の電壓は降下する様になつて居るため電弧を安定せしめ得るのであるが、それだけ無駄に電力は消費せられるのである。尙ブスの電壓は大抵 100 ボルト位から 700 ボルト位が普通であるから、電弧電壓までに降下することが甚だしい不經濟となるのである。今一例をもつて之を略述すれば

金屬電極の場合、熔接電壓 20 ボルト余とすれば、110 ボルトのメーンから電力を供給するものとして能率約 18 % であり、220 ボルトの場合約 9 %、440 ボルトの場合約 4.5 % である。即ちメーンの電壓高ければ高い程能率の悪いことは明である。若し炭素電極を使用するならば熔接電壓は約 45 ボルト位が普通であるが、その時 110 ボルトのメーンから電力をとつた場合能率約 41 %、220 ボルトの場合約 20 %、440 ボルトの場合約 10 % である。即ち金屬電極の場合よりも熔接電壓が高いから従つて比較的能率のよいことは明である。

是の如くいづれにしても能率はよろしくないのである。

多くの熔接機を併列に作業せしむるときは、その各が何時も全負荷をとることは殆んど無くて、どれか休んで居るのが普通である。そのために各個の全負荷を合計したものゝ何割かの容量をもつ發電機があればよろしい。數個の熔接機を用ふる時には全體の 75 % 位の容量で間に合ふ實例がある。かゝる利點はあるけれどもその代り、一つか二つの熔接機だけを用ふる時でも、やはり大容量の發電機を運轉しなければならないので比較的大きな無負荷損失を背負はなければならない。殊に併列に作業する他の熔接機に使用さるゝ大きな電流の斷續は絶えず端子電壓の變動を來し、單獨運轉の場合よりも電弧に面白からぬ結果を來すのである。

かゝる缺點があるためにどうしても單獨運轉が必要となつて來るのである。今單獨運轉が如何に大なる長處を持つて居るかを一二列記してみよう。

i) 熔接の特性を研究し、之に最も適合したる發電機を設計することが出來て緊要な條件が總て満足させらるゝこと。

ii) 熔接作業が閑散な場合には唯一臺を使用することにし、多忙の際には多數用ふればよろしい。又大なる電流を特に必要とする時は發電機を併列運轉すればよろしい。即ち運轉臺數を増減して絶えず最少の損失で運轉せしめ得ること。

iii) 個々の裝置を移動し得ると。即ち三相交流は自由に何處にても得らるゝから、裝置さへ移動すれば何所でも熔接が出來てその利用範圍が擴大せられ、或は船舶建造に或は製鐵作業に或は大型機械、重量機械の修理に或は鐵骨構造物の熔接に、その利用は殆んど測り知れないものがある。

熔接用直流發電機は目的によつてその容量を異にするが、その電流は 40—1000 アムペヤ、電圧は最低 60 ボルト位なものである。直流電力がメーンから供給される場合に直列抵抗を用ふることと絶えず電弧に一定電圧を與へる様に、出来るだけ電圧は一定なことを必要とする。近來の熔接機は十分なる研究の結果直列抵抗は一切これを用ひずして一定電圧を起電する様になつて居るのである。

熔接機の良否はその特性が熔接作業の遂行に必要な下の如き條件を満足するか否かによつて決定さるゝのである。

- i) 熔接電流を容易に且正確に一定に保たしめ得ること
- ii) 容易に電弧を生成せしむること
- iii) 電極を以て被熔接物を摩擦する時の短絡電流が或限度を越えざること
- iv) 種々の電弧の長さに対しなるべく一定の電流を通じ變動の少ないこと
- v) 實用上許さるべき範圍内に於ける電弧の長さの變化により、電弧が決して消滅しないこと
- vi) 整流子にスパークを生ぜざること
- vii) 能率よきこと
- viii) 機械的にも丈夫にして安全に使用し得ること
- ix) 價格低廉なること

以上の條件の内第二の容易に發火すること、第三の短絡電流を或程度に止めることは、發電機内部の電氣的構造によるものであつて特に重大なる性質である。

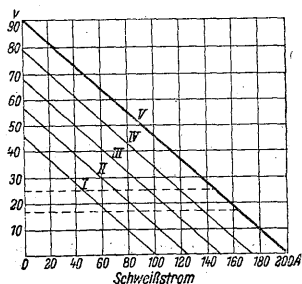
第四の種々の電圧に對し殆ど同一の電流を流すことは最も大切な條件である。以下述ぶる處の結線法は電氣的構造の研究を示すものであつて、その結果は此等の重要條件を悉く満足せしめ得るのである。

熔接機が上の條件に適當したるや否やは、その無負荷特性と負荷特性とそれに機械的性質が適合して居るかどうかを細部に渡つて批判すればよろしい。機械的性質といふのはそれが丈夫であること、取扱が容易であること修理簡單であること等であつて、例へば日夜間斷なき運轉にも耐へねばならず、各所へ運搬するための激動や手荒い取扱にも破損しないことを必要とする。又消耗した部分品を容易に取換へ得ることを要し、或は移動式の熔接機にあつては必要な附屬裝置を備へつけて移轉を容易ならしめ得る様にもなつて居なければならないのである。

1) 電弧によらない放電の特性曲線

電弧による放電の代りに抵抗を挿入してこれで放電せしめて熔接機の特性曲線を研究するのである。第一圖は即ち或熔接機の該特性曲線である。横軸に電流をとり、それに相當する電圧を縦軸にとつてある。曲線 I から V までは同機の界磁調整器の位置に應じて誘導する電壓の各々に對する特性であつて、勿論電流零の時の電圧は無負荷電圧であるから縦軸を切る點が各界磁に對する

無負荷電壓である。Iの曲線では無負荷電壓は45ボルトVの曲線では90ボルトである。この發電機が負荷すると、その電流に對して電壓降下を來すが普通軟鋼の熔接に於ては大體18ボルト乃至25ボルト位迄落すのである。さすれば調整器のIなる位置に對しては電流は45乃至62アンペアとなりVの位置では144乃至162アンペアの見當であることが曲線から知らるゝのである。又その短絡電流は各曲線が横軸を切る點がそれであつて、Iでは100アンペア、Vでは200アンペアであることが解る。



第一圖 電弧熔接用發電機の
負荷特性曲線

かゝる特性曲線が電弧熔接機の基礎をなすもので如何なる使用方をしても之と類似の曲線を現すものである。然し特別な勵磁捲線に對しては第六圖の如く餘程趣の異つた特性を表す場合もある。

發電機の調整範圍が廣ければ廣い程利用範圍も増す譯で、最少熔接電壓に對する電流と、最大熔接電壓に對する電流とから熔接機の調整範圍を比較するのである。實際使用して見て分ることであるが、種々雑多な種類の熔接作業をする時調整範圍の

大なることは極めて調法なものである。

熔接機に於て無負荷電壓の大なることは極めて重要なことである。それは電弧を慥へるのが容易であるためにこの無負荷電壓はなる丈大きいことを望むものである。とは云へ従業員の危険や熔接機の經濟などを考へて自ら限度があるのである。即ち従業員は電極を取換へる時に電線に觸れなければならないので種々方法もあるにしても電壓高いことは危険を伴ふので、直流では90ボルト乃至100ボルト以上に上げることは避けなければならない。又無負荷電壓が餘り高いのは熔接電壓まで電壓を落さなければならないので能率がよくないばかりで無く發電機の價格が高くなるので、この方から云へば電壓は低い方がよいことになる。

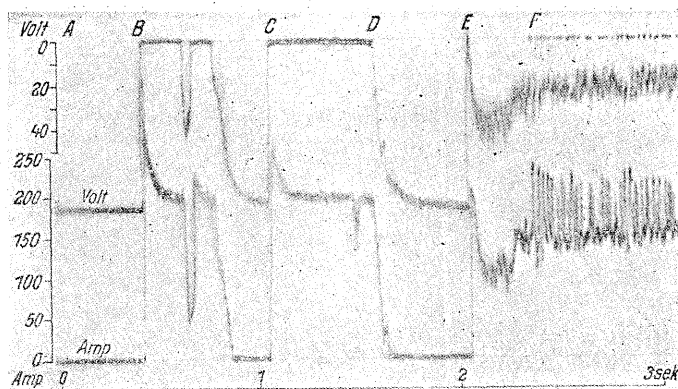
熔接機の最大負荷を比較するには最高熔接電壓とその時の最高電流との相乗積によるものである。例へば熔接電壓20ボルトの時200アンペアの電流流るれば發電機の負荷は 20×200 即4000ワット即4キロワットとなる。

熔接時間の中には正味熔接時間、休憩時間、電極取換時間、或は熔接準備時間等が含まれる。普通は正味熔接時間の熔接所要總時間に對する百分率を以て標準を定めて居るのである。普通正味熔接時間は40%以下であるが、特別に永い接目の場合には70乃至80%にも上ることがある。鑄鐵の場合は50%以下と見れば大差ないのである。

熔接電流は熔接物によつて大差ある譯だが2乃至3耗の薄鐵板の場合が最も少く40乃至50アンペアである。最も大なる熔接電流を要するのは加熱鑄鐵熔接の場合であつて、熔接物の大きさにもよるが500乃至1000アンペアと見ればよろしい(この時の電弧電壓は45乃至60ボルト)。

然し特別な場合の外は大抵鐵板の熔接か簡単な鑄鐵の熔接に限られた様なものだから、如何に大目に見ても 200 アムペアを越すことは極めて稀である。電流調整範圍の大小は條件が同一なら直接發電機の容量に比例するものであるから熔接機の値段に影響する譯である。一般に電流調整範圍は 80 乃至 160 アムペアとか 100 乃至 200 アムペアとかと 1:2 の割合にして置くと都合がよろしい。滅多に使用しないのに大容量の熔接機を備へるのは不經濟であるから一般向には最大電流 200 アムペア熔接機が最も當を得たものと思はれる。今若し 500 アムペアで熔接したい時には 200 アムペア容量のものを三臺併列に運轉すればよろしい。1000 アムペアで熔接するのが適當とすれば五臺併列運轉をすればよろしい。

次に問題となるのは電極を絶えず移動するにつれて起る電弧の長さの變化に應じ熔接電流の變化することである。これはなるべく變化しない方がよろしい。第四圖はその點に就ては都合が悪く少しの電弧の長さの變化即ち電弧電壓の少しの變化に對して熔接電流の變動が大きい。第六圖はこの點に就ては好都合であるが一方電流調整範圍が小さいので、運轉特性曲線が悪くなるのである。

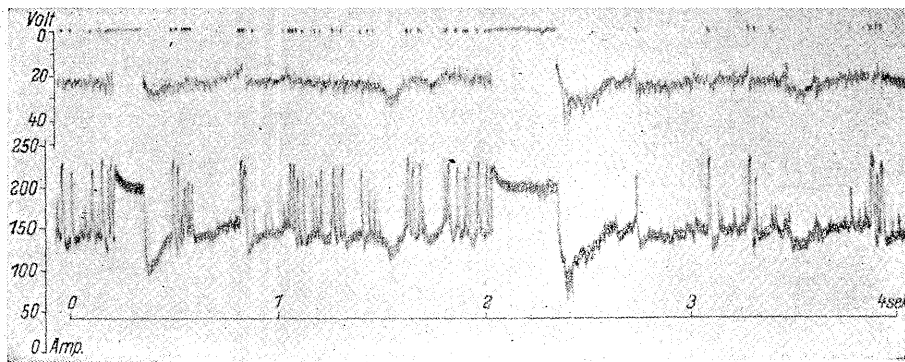


第二圖 直流電弧發生に際して撮れる電流と電壓とのオツシログラフ

2) 電弧放電の特性曲線

電弧による特性曲線は抵抗放電のそれよりも困難ではあるが、オツシログラフを利用すれば明にすることが出来る。この場合オツシログラフは一種の記録測定器である。但しそれは電流と電壓とを圖示して呉れるけれども、用紙を速に動かさなければならぬので、數秒以下の極めて短時間内の變化しか示し得ないのである。

第二圖第三圖は熔接に當つて其電流と電壓とをオツシログラフ寫眞に撮つたものである。横軸は時間(秒)、縦軸は電流と電壓との大さを示して居る、第二圖は熔接を開始しようとする瞬間に幾度も着火せしめようとした事が明に觀取せられる。無負荷の場合には電流は零で電壓は最高である、(例へばAからBまで)、電極と被熔接物とが接觸した瞬間短絡が起り電壓は零に落ち電流は最



第三圖 直流電弧熔接中の電流電圧とそのオツシログラフ寫眞

高の値に達する(例へばCからDまで)一秒の何分の一の後短絡電流は餘り變化のない抵抗放電の場合の特性曲線に相當する電流となるのである。短絡電流が瞬間的に尖つた山の形をなして居るのは發電機の慣性によつて出來たものである。第二圖で明なる様にこの瞬間的の過負荷は正規熔接電流より120%程大であり、短絡電流より20%程過ぎて居る。然し適當に設計せられて居らないものでは左様に都合よくはゆかないもので、某所の熔接機では通常熔接電流200アムペアであるが短絡した瞬間には685アムペアである。即ち240%過負荷となるので、これは單に熔接作業に不都合であるばかりでなく、コミュテーターに無理がかかるので甚だ忌むべきことである。これで了解される様に慣性能率の大きな機械は小さいものより甚だ都合が悪いのである。

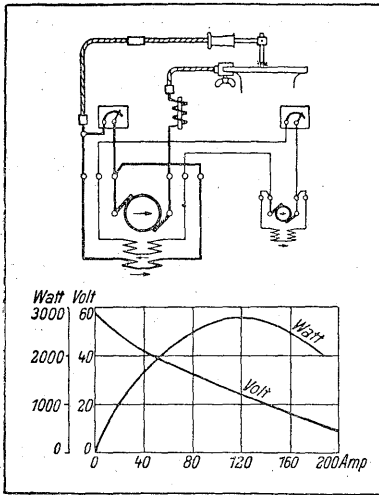
實際問題としては熔接機の良否はその電弧放電特性の良否ばかりでも判斷はつけ得るのであつて、その熔接機が良い特性を持つて居ることはその電弧が容易に出來て仲々切れないことで容易に知ることが出来る。

慣性を持つたよろしくない熔接機にはその熔接電流回路に自己誘導をもたせる。この自己誘導線輪は或は安定用塞流線輪或は安定器と稱し、多くの抵抗線を捲いた線輪である。であるから瞬間的に電壓上昇し電流増大しやうとすれば、直ぐに作用して電流減少作用が起つて結局の過負荷は大したものとならずに容易に電弧は繼續するのである。

3) 熔接機の結線法とその特性曲線

i) 複捲他勵磁式熔接機

最も簡単な熔接用發電機は他勵磁の分捲磁極と差働直捲線輪とを備へたものである。負荷電流が増大すれば差働直捲磁場が分捲磁場を弱めて該發電機の電壓は降下する。第四圖はかかる發電機の接續圖を示す。この發電機に分捲線輪は或勵磁機によつて勵磁され、その勵磁機に分捲界磁調整器によつて發電機の無負荷電壓を調整して置くことが出来る。そこで勵磁機から勵磁電流が流れ出せば發電機から熔接用主電流が取り出さるのであるが、その電流が直捲々線を通れば直捲々線は分捲々線と反對の方向に通るので、その磁場を弱める。そして熔接機の電壓は



第四圖 差働複捲發電機を備へたる
熔接機の接續圖とその特性曲線

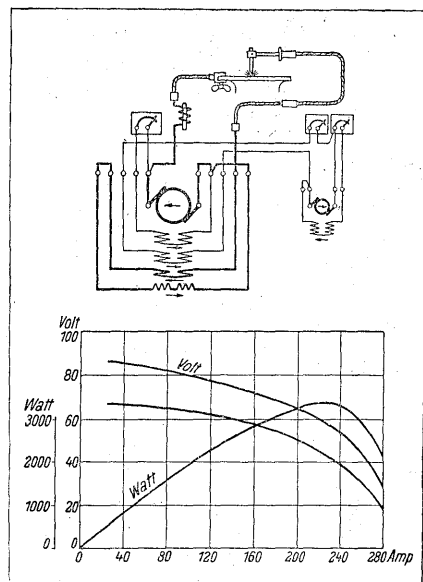
性曲線が示されて居るのみであるが、勵磁機の界磁調整器を調整すればその特性曲線は略これに平行した曲線で色々に表し得るものである、圖には以上の外に電孤電流に對するワット曲線も示されて居る。

ii) クレーマー結線法の熔接機

簡単なフラットコムバウンド特性曲線をもつ發電機の缺點は他勵磁式の分捲々線と直捲々線の外に自勵磁式の分捲々線が挿入せられることによつて避け得るものである。

この結線法はその發明者の名をとつてクレーマー結線法 (kraemer) と稱する。該發電機は四つの捲線を有する。即ち自勵捲線、他勵捲線、直捲捲線及び中間磁極捲線 (インターポール) である。そこに三つの調整器が附屬してゐる。勵磁機の界磁調整器、發電機他勵界磁調整器及び自勵界磁調整器これである。熔接電流回路には塞流線輪が挿入せられる。

この發電機特性曲線は第五圖に示す様な二つの限界曲線の間に限定せらるものである。この熔接機では25ボルトの電孤電壓の時270アムペアの電孤電流を確に保持し得るのである。若しも小さい電流を要する時には直列抵抗を挿入すればよろしい。



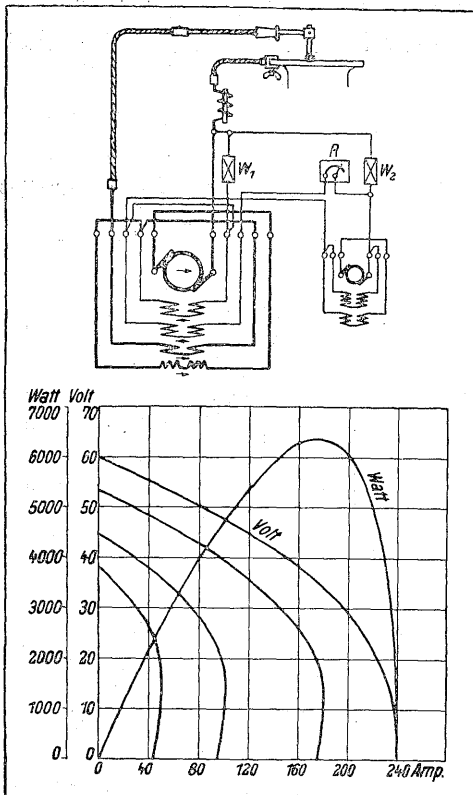
第五圖 クレーマー式熔接機の接
續圖とその特性曲線

クレマー結線の発電機では勵磁電流の調整により熔接電流を可なり廣い範圍に變化せしめ得るけれども、又その反面に三つの捲線の相對關係によつてその特性曲線が現れるから使用するのに多少面倒である。實用上には自己誘導線輪を接續して使用せらるゝのが普通である。

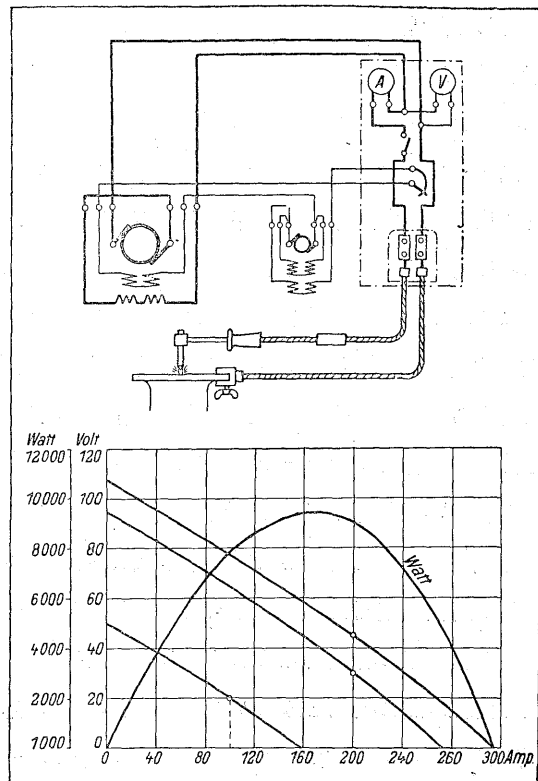
iii) 自勵磁と他勵磁とを結合したる熔接機

クレマー結線法を變化して、より完全なものとしたのに第六圖に示す様な自勵式と他勵式とを結合した勵磁機を備へてゐるものがある(ウェスチングハウス機)。この結線法の働は、熔接機の電壓によつて、自己勵磁に於ける電流は變化するばかりでなく電流の方向が反對になるのである。即ち電壓降下すれば電流も降下する。本來の特性を調節するために、二個の調整可能な抵抗器 W_1 と W_2 とがあり、それに対して無負荷運轉中の電壓上昇は自働的に分捲調整器 R によつて調整する様になつてゐる。

かゝる發電機の特性曲線は第六圖に示されてゐる。これによつてみれば40アムペアから240アムペアまでの範圍に於ては問題の電弧電壓の變化によつて電流の變化する割合は極めて些少であつて、短絡電流と正規電流とが殆ど異ならずして、正規電流小さいものはその儘短絡電流も小さ



第六圖 差働複捲發電機に於て自勵及他勵の分捲勵磁捲線が加働的に接續された熔接機の接續圖とその特性曲線



第七圖 發電子反作用及び他勵磁捲線をもつた熔接機の接續圖とその特性曲線

いのである。

この機械の缺點はその特性曲線が三つの捲線によつて比較的慣性を持つことである。この結線法でもやはりクレーマー式と同様、實用上には誘導線輪を必要とするのである。

iv) 發電子反作用及他勵磁式熔接機

この方式の發電機は中間磁極と發電子捲線によつて發生したる逆起電力により他勵界磁が弱められ電壓が降下するのである。この目的に向つて該發電機は刷子は中性圈の外へ動かされ又中間磁極は特別に巾廣いものを備へなければならない。

第七圖は該機の接續圖である。この熔接機の分捲々線は小さな勵磁機から電力をうけて居る。そして無負荷電壓の調整は調整器によつてなされる。熔接電流はナイツスイッチによつて開閉されるが又熔接用發電機の勵磁を切り離しても同じ目的が達せらるゝ様になつて居る。

第七圖はかゝる發電機の負荷曲線である。こゝに圖示された曲線の外に界磁調整器の位置によつてその間に任意の曲線が得らるゝのである。この機械は電流の一定といふ事に關してはウェスチングハウス式程有效でないが、然し電弧が變動して正規電流から外れたとしてもそれは決して實用上許さるべき範圍を脱する様なことはない。又短絡電流は小さくしてこの方では何等心配はない。勵磁方式は他勵式であり勵磁電流は一定であるから、差勵複捲々線の場合と反對な特性曲線を持つてゐる。又都合のよいことには短絡すればその時の發電子反作用によつて界磁が打消さるゝから電流の急騰もないのである。この結線方式は次の様な特徴を持つて居る。即ち短絡の斷續によつて電壓は非常に急激に上昇したり下降したり急激な變動をなすことである。第二圖、第三圖は模範的熔接狀態のオツシログラフ寫眞である、第七圖は上述の發電機の特性曲線である、これは炭素電極を使用して 200 アムペアの電流まで使用され又何臺か併列に運轉して加熱熔接も出來得るのである。更にこの熔接機の長處とする處は熔接電流の回路に誘導線を要しないことである。但し 100 アムペア以下の小さい電流を以て薄鐵板を熔接するには直列抵抗が必要である。

此等の機械は結局廣い範圍の調整は必ずしも必要でなく、例へば 500 アムペア 700 アムペア 1,000 アムペアといふ風に定つた電流のもので差支えないので實用上から 500 アムペアの大型熔接機に用ひられて好成績を擧げて居る。

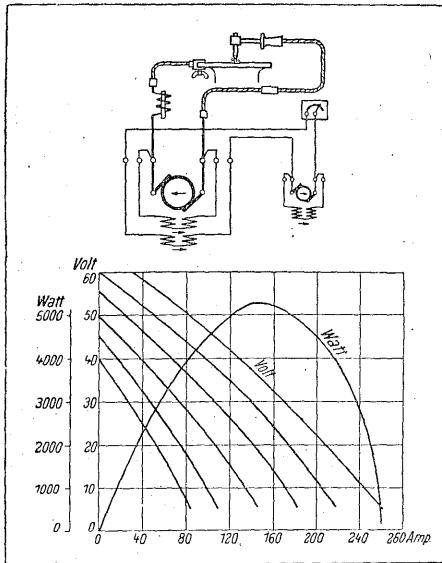
v) 發電子反作用の他勵磁及び自勵磁熔接機

前述の種々な結線法と異つて他勵磁分捲々線の外に尙自勵磁分捲々線を有する發電機がある。この方法によれば相當有利な特性曲線を與へ得るのである。即ち熔接に要する一定電流の大きさ、同様に短絡電流の大きさの變化がより少くなるのである。第八圖はその結線法とかゝる發電機の特性曲線とを示したのである。

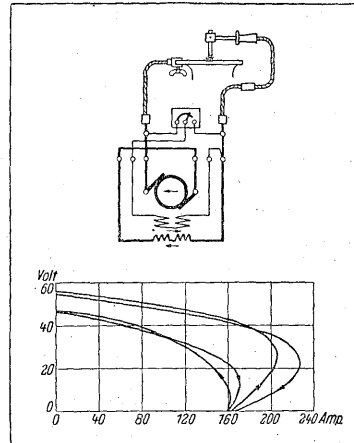
この特性の特長は附加捲線に自勵分捲々線あるために、それを有せない簡單な發電機よりも電流の變化が著しくない。従つて誘導線輪の必要が起つて來ない。

vi) 自勵磁熔接機

三相交流電源から他勵磁發電機を運轉し直流熔接電流を得んとすれば該發電機に直結せられた



第八圖 發電子反作用他勵磁及び自勵磁捲線をもつた熔接機の接續圖とその特性曲線



第九圖 自勵磁熔接機の接續圖とその特性曲線

小勵磁機を必要とするのである。そこに自勵のみの熔接機が研究せられたのである。

その結線法と特性曲線は第九圖に示す様なものになる。即ち前述の刷子を移動したり巾の廣い中間磁極を有するものゝ示す特性曲線と類似した電壓降下を來すのである、その分捲々線は他から勵磁されて居るのではなくて、その發電子の端子に接續されて居る。その特性曲線は刷子の位置によつて決定するのである。即ち電壓降下は發電子反作用によるのではなくて、主界磁の變化によつて影響されて居るといふことが直に了解せられるのである。この熔接機では短絡に依る大なる電流も本來の熔接電流より却つて小さいといふことを示してゐるのである。この結線法の缺點は電流が増すにつれて電壓が急に低下しないこと、作用が鈍いために非常に著しい電流の衝擊が起ること等である。

然し構造簡單と取扱便利なため比較的小物に對しては好評である。(續く)



＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。