交流アーク溶接機用自動電撃防止装置に関する研究

電気課 寺沢正義

1. まえがき

当研究所電気課においては，昭和28年以来自動電撃防止装置について研究を行なってきたが，その後この装置の製作者が増加し一方造船所などの工場において，この装置が多数使用されるようになり，溶接作業中における感電災害の防止に貢献してきた。

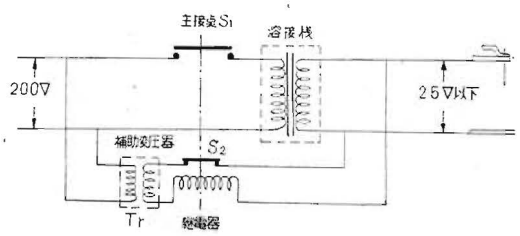
しかし，この装置を用いると溶接棒を母材に触れてから主接点が閉路されるまでに若干の時間（これを起動時間という）があるために，棒を母材から離すタイミングが悪いとアークの発生に失敗することがある。このような理由で電撃防止装置を使用するとアークが出にくく，作業がしにくいと一部にいわれている。したがって，この起動時間はできるだけ短かいことが必要である。

自動電撃防止装置の構造，特性などについて，昭和33年5月に当研究所の技術指針として，「自動電撃防止装置の構造基準」を発表したが，この基準においては起動時間を0.08秒以内と定めている。しかし，この時間の短かいもの程起動特性がよいわけで，最近のものはこの基準よりかなり短かいものができている。しかし，現状では主接点機構に電磁接触器を用いねばならないので，接点がその間の空隙を経て閉じるまでには僅かながらも時間の経過のあるのはやむをえない。しかし，溶接棒を母材に触れてから主電磁開閉器の接点が閉じるまでの間の機構を，簡略化することにより，起動時間を短かくすることができると思われるものがある。

また，溶接棒を母材に触れ，主電磁接触器の電磁石に可動接点を吸引するに足る十分な吸引力を生ぜしめれば，主接点が完全に閉じ，溶接機の2次回路に溶接機の2次無負荷電圧が発生するまで溶接棒を母材に触れておく必要がないわけである。すなわち，溶接棒を母材に一度触れさせて信号を送り，主電磁コイルを励磁させてやれば，棒を母材から離脱させても主接点は投入し，その後は約1秒間（これを遅動時限という）は投入の状態を続けるので，その間に再び棒を母材に触れてアークを発生させるような2段動作を行なえばアーク発生の失敗はなくなるわけである。このような方法によれば，棒と母材との接触時間は起動時間より短くてよいわけであるが，この時間は電撃防止装置の起動回路の機構によって異なる。そこで，これらの起動特性に関して，現在実用されている電撃防止装置について実験を行なった。

2. 自動電撃防止装置の動作原理

第 1 図



第1図は自動電撃防止装置の動作原理を示したもので，これを簡単に説明するとつぎのとおりである。

i）無負荷時　主接点 S_1 は開放されており補助リレーの接点 S_2 が閉路されているので，補助変圧器 Tr によって溶接棒と母材間には約25V（これを電撃防止装置の2次無負荷電圧という）の電圧が印加されている。この際溶接機の2次巻線を経て閉回路が構成されているが二次巻線のインピーダンスが大きいために，継電器のコイルは励磁されないようになっている。

ii）起動時　溶接棒を母材に触れると溶接機2次捲線が短絡されることになり，継電器のコイルに電流（これを起動電流という）が流れ継電器が動作し，S_2 が開放されて S_1 が閉路される。S_1 が閉路されると溶接棒と母材の間に溶接機の2次無負荷電圧（現行のJISではAW 500 のもので最高が95Vに定められている）が印加されアークを発生させることができる。

iii）負荷時　アークの発生中は，自己保持機構により主接点は閉路の状態を続けるので，安定したアークを持続させることができる。

iv）アークの中断時　溶接作業中アークが中断した場合でも主接点が開放するまで時限機構により約1秒の時間遅れ（これを遅動時限という）があるので，この間に溶接棒を母材に接触すれば再点弧は極めて容易であ

る。

v）作業終了時　アークが消えると主接点の引外し機構によって，前記の遅動時限を経て S_1 は自動的に開放し，S_2 も自動的に閉路されi）の無負荷状態に復帰する。

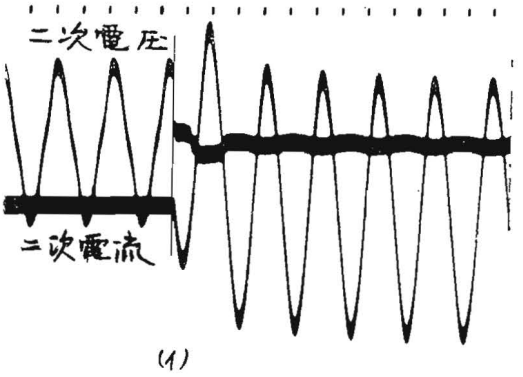
3.　自動電撃防止装置の起動

自動電撃防止装置の起動時における動作について 2-ii）はにおいて簡単に述べたが，さらにアークの発生までの状況を自動電撃防止装置を用いない場合と比較して，溶接機2次回路の電圧・電流によって調べてみるとつぎのとおりである。

3-1.　自動電撃防止装置を用いない場合

無負荷時は溶接棒と母材間には溶接機の2次無負荷電圧が発生している。溶接棒にて2次回路を短絡すると，2次回路のインピダンスが小さいときには電圧は殆んど零に近くなり，短絡電流が流れる。溶接棒を母材から適当なアークの長さだけ離せば，溶接棒と母材にはアーク電圧が発生し，短絡電流はアーク電流に移行する。

第　2　図

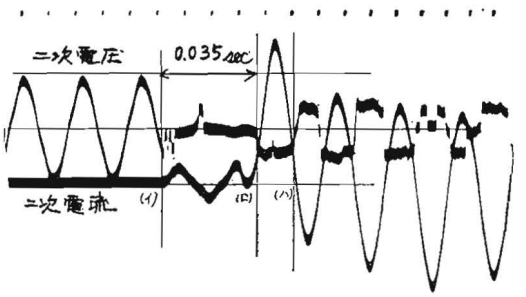


これをオッシログラフで示すと第2図のとおりである。第2図においては(イ)点で溶接棒が母材に触れたのであるが，棒の接触と同時に電圧波形は殆んど零となりただちにアーク電圧に移行している。また電流波形も棒の母材への接触と同時に発生している。したがって，溶接棒を母材に触れ殆んど同時にアークが発生する。

3-2.　自動電撃防止装置を用いた場合

第3図は電撃防止装置を溶接機に取付け，実際にアークを発生させた場合の溶接機2次回路の電圧と電流の変化を示したものである。(イ)点で溶接棒が母材に触れ，0.035 秒経過して(ロ)で主接点が閉路され，瞬間溶接機の2次無負荷電圧が発生するわけであるが，その時は溶接棒が母材に触れているため，実際には短絡電流に相当する電圧が現われる。すなわち，第2図における(イ)点は第3図における(ロ)点に相当するわけである。したがって(ロ)点において溶接棒を母材から離せばアークが発生する。第3図においては，(イ)点から(ロ)点まで溶接棒を母材に触れさせておき，(ロ)点で溶接機の2次無負荷電圧が発生するのと同時に，溶接棒を母材からアーク長だけ離したので安定したアークの発生に成功しているものである。しかし溶接棒を母材から離すタイミングが悪いとアークが発生しなかったり，主接点のバタツキを来たすことになる。すなわち

第　3　図



i）(ロ)点に達してもなお溶接棒を母材から離さない場合は，溶接棒が母材に固着してアークの発生は失敗する。

ii）主電磁接触器の電磁コイルに信号を送り，主電磁接触器が完全に投入される状態になる以前に，溶接棒を母材から離すと主接点が完全に閉路せず，この動作を繰返すと主接点はバタツキを来たす。

したがって，電撃防止装置の起動特性としては(イ)から(ロ)までの時間すなわち起動時間のできるだけ短いもの程良好である。起動時間は起動方式によって異なる。

4.　自動電撃防止装置の起動方式と起動特性

電撃防止装置の起動方法は前記のように，溶接機の2次回路を，溶接棒を母材に触れさせることによって短絡させ，継電器を動作させて行なうものであるが，その方法には，電流起動方式および電圧起動方式の2種類がある。

4-1.　電流起動方式

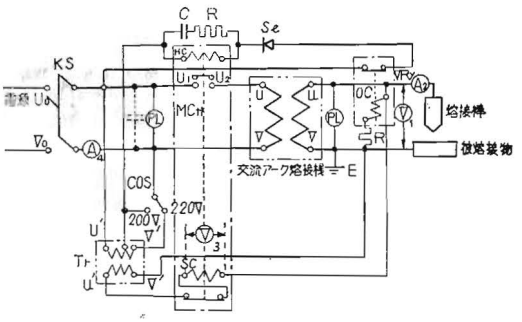
この方法は，溶接機の2次回路の短絡電流によって電流継電器を動作させ起動を行なうものである。この方法にもつぎの種類がある。

4-1-1.　短絡電流を直接主電磁接触器の電磁コイルに流し起動する方法

このような起動方式のものでは短絡電流は交流であるため交流電磁接触器が用いられる。この起動方式の1例

を示すと第4図のとおりである。

第 4 図

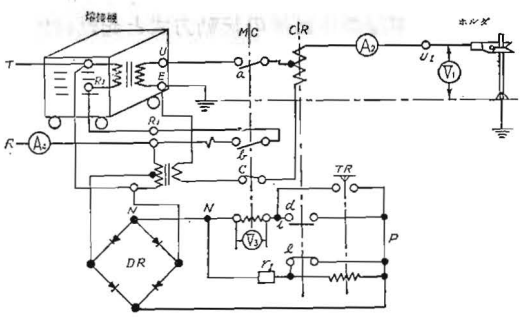


第4図に示す起動回路においては補助継電器を設けていないので，起動電流の発生と同時に主電磁接触器のSCコイルが励磁され，1段動作で主接点が閉路されるので，起動時間は極めて早い。また交流の主電磁接触器が使用されているため，直流のものに比べて閉路動作が早い。一般に電流継電器を用いる起動方式では起動電流をかなり大きくする必要がある。したがって，この方式のものは，溶接機2次回路のインピーダンスが大きい場合には，起動電流が小さくなって継電器が動作しないおそれが考えられるので，補助変圧器のパワーは十分大きいものでなければならない。しかし，第4図に示す装置では，HCコイルを常時励磁させておき，SCコイルの励磁によって主電磁接触器の可動鉄片の吸引と同時にHCの力が加わるようにして，起動電流の軽減を図っている。10A以上の起動電流で動作する。

4-1-2. 短絡電流によって補助継電器を動作させ直流の主電磁接触器により起動する方法

この起動方式の一例を示すと第5図のとおりである。

第 5 図



この装置では，先づ起動電流によってCRコイルが励されて直流回路の接点dが閉路され，つぎにMCコイルが励磁されて主接点が投入される。すなわち2段動作によるため起動時間が4-1-1)の場合に比較してやや長くなる。しかし起動電流によって直接主電磁接触器を動作させるものでなく，小さい電流で動作する補助継電器を用いているため，起動電流はかなり小さく2Aで動作する。

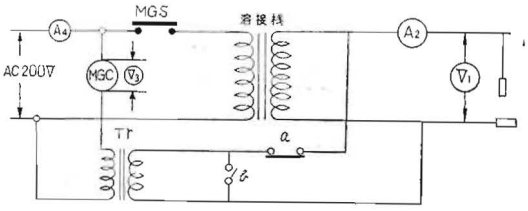
4-2. 電圧起動方式

この方法は，溶接機の2次回路を短絡することにより発生する電圧を利用して起動するものであるが，つぎの方法がある。

4-2-1. 溶接機の2次回路を短絡することにより，補助変圧器の1次側に設けた補助継電器に発生する電圧によって起動する方法

この起動方式の一例を示すと第6図のとおりである。

第 6 図



第6図において，MGCは交流電磁接触器の励磁コイルで補助変圧器（Tr）の1次捲線と直列に接続されている。

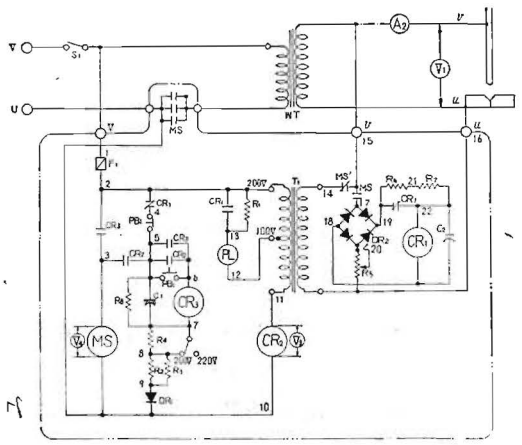
無負荷時においてはMGCのインピーダンスに比較してTrのインピーダンスが充分に大きいので，電圧はほとんどTrにかかりMGCは動作しない。溶接機2次回路を短絡して起動電流が流れるとTrのインピーダンスが低下して電圧はMGCにかかり主電磁接触器が動作しMGSが投入する。MGSが投入するのと同時に補助接点bが閉路されTrの2次側に短絡回路ができ主接点は自己保持される。この装置では電源電圧の大部分をMGCに加えるまでTrのインピーダンスを低下する必要があり，さらに1段動作で主接点を投入させるので，起動電流はかなり大きく約25Aを必要とする。しかし，短絡電流の発生と殆んど同時にMGCが励磁されるので起動時間は早い。

4-2-2. 4-2-1.と同じ起動方式で3個の補助継電器を用いて起動する方法。

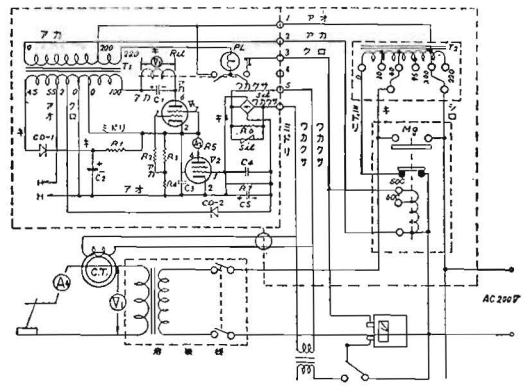
その起動方法の1例を示すと第7図のとおりである。4-2-1.の場合と同様に溶接機2次回路を短絡すると，CR_2コイルに電圧が加わり，CR_2接点を閉じ，CR_3のコイルが励磁されてCR_3接点が閉じ，さらに主電磁接触器のMSコイルが励磁されて主接点が投入される。したがって継電器の数が多いために起動時間は4-2-1.の場合に比して長くなるが，起動電流は15Aで約半分である。

4-2-3. 溶接機2次回路に挿入したC・Tに発生する電圧によって継電器を動作させる方法。

第 7 図



第 8 図



この起動方法の一例を示すと第8図のとおりである。

第8図における装置では補助変圧器を設けず，溶接機1次回路に直列にリアリターを挿入して2次無負荷電圧を低下させているもので，主接点によってリアリターを短絡してアークを発生させるものである。

溶接機2次回路に C・T を挿入しておき，2次回路の短絡によって C・T の2次側に発生する電圧を整流して放電管（サイラトロン）V_2 のグリッドに加え放電させ，さらに放電管 V_1 を放電させ，主電磁接触器を動作させるものである。この方法では，主接点が完全に投入されるまでの時間はやや長いが，C・T の2次側に電圧が発生すると同時に最初の放電管が放電を開始し，放電を始めれば溶接棒を母材から離しても，主接点は完全に投入されるので，棒を母材に触れておく時間は極めて短くてよい。また起動電流が小さく 1.5A 以上でよいので，溶接機2次回路のインピーダンスが大きいところでも起動性がよい。

5. 自動電撃防止装置の起動時間の測定

5-1. 測定方法

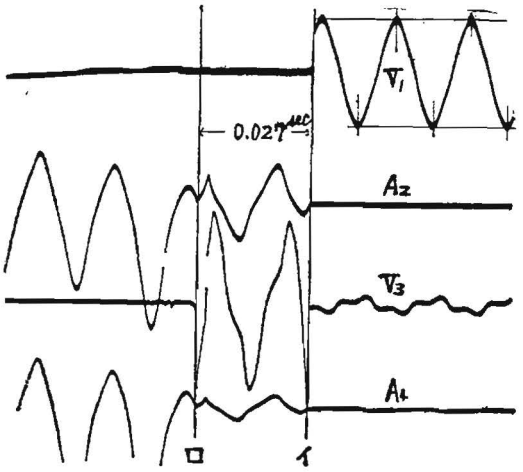
溶接機2次回路の短絡には溶接棒の代りに，電磁開閉器を用い，これを電磁オッシログラフに同期させ，各部の電流および電圧の変化を測定して起動時間を求めた。

5-2. 起動時間の測定結果

i）4-1-1. に示す電流起動方式の装置

測定した結果は第9図のとおりである。（第4図参照）

第 9 図



V_1 は電撃防止装置の2次無負荷電圧波形，（イ）で2次回路が短絡されているので，その以後はほとんど無電圧になっている。

A_2 は溶接機2次回路の電流波形，（イ）から（ロ）までは補助変圧器2次側の短絡電流で，すなわちSCコイルを励磁する起動電流である。（ロ）以後は溶接機の2次側の短絡電流になる。

V_3 はSCコイルの電圧波形，2次回路が短絡される前には，溶接機の2次巻線を通じて補助変圧器の2次側は閉路されているので，SCコイルには僅かの電圧が発生している。2次回路が短絡されるとSCコイルに短絡電流が流れ電圧が発生し（（イ）から（ロ）），主接点投入と同時に補助変圧器2次回路は開放されるので無電圧になる。

A_4 は溶接機1次回路の電流波形，（イ）から（ロ）までは2次回路の短絡による補助変圧器1次側の電流で，主接点投入後は溶接機の1次電流となる。

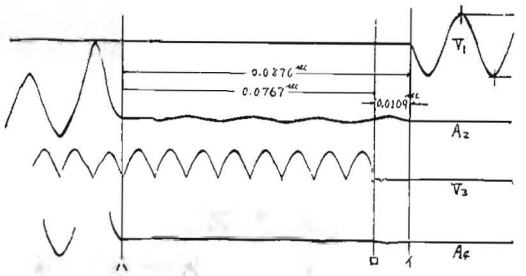
したがって，起動時間は 0.027sec である。しかし，一般に交流電磁接触器の動作時間は1％程度であるから接点のストロークを小さくすることにより，この起動時間をさらに短縮できるものと考えられる。

ii）4-1-2. に示す電流起動方式の装置

測定した結果は第10図のとおりである。（第5図参照）

V_1 は電撃防止装置の2次無負荷電圧波形

第 10 図



A_2 は溶接機２次回路の電流波形

V_3 はMCコイルの電圧波形

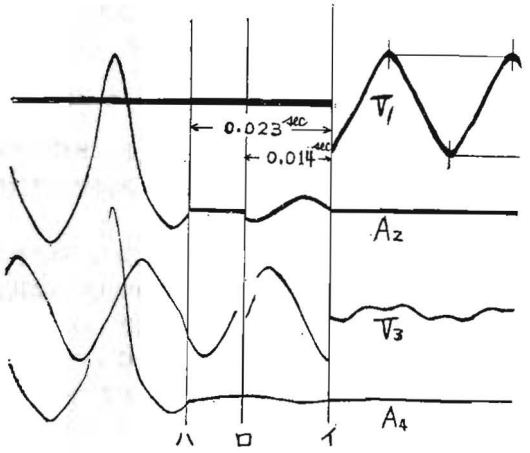
A_4 は溶接機１次回路の電流波形

(イ)で溶接機２次回路が短絡され，CRコイルを励磁してから(ロ)で主電磁接触器のMCコイルが励磁されるまで 0.0109secを要している。(ハ)で主接点が投入されているが，起動時間は 0.0876sec でかなり長い。これは直流の電磁接触器を用いていることと，接点間のストロークが長いためと思われる。

iii) **4-2-1.** に示す電圧起動方式の装置

測定した結果は第11図のとおりである。(第６図参照)

第 11 図



V_1 は電撃防止装置の２次無負荷電圧波形

A_2 は溶接機２次回路の電流波形

V_3 はMGCコイルの電圧波形

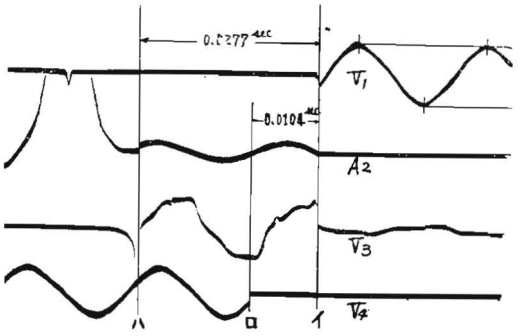
A_4 は溶接機１次回路の電流波形

(イ)で溶接機２次回路が短絡され，(ロ)で補助接点が切替り，(ハ)で主電磁接触器が投入している。起動時間は 0.023sec で極めて早い。起動電流は２次回路の短絡と同時に発生し，ただちにMGCコイルが励磁されて，接点ａを開放するために，実際には 0.014sec だけ流れていることになる。その後は接点ｂが閉じるので，補助変圧器２次回路は閉路されMGCコイルは励磁を続け主接点が投入され，そのまま自己保持される。したがって主接点が投入されるまでの時間は 0.023sec を要しているが，溶接棒を母材に触れている時間は 0.014sec でよいわけである。

iv) **4-2-2.** に示す電圧起動方式の装置

測定した結果は第12図のとおりである。(第７図参照)

第 12 図



V_1 は電撃防止装置の２次無負荷電圧波形

A_2 は溶接機２次回路の電流波形

V_3 は CR_2 コイルの電圧波形

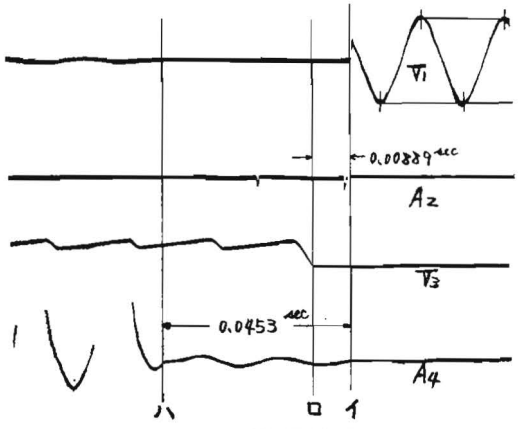
A_4 はMSコイルの電圧波形

(イ)で溶接機２次回路が短絡され(ロ)で主電磁接触器のMCコイルが励磁され始め(ハ)で主接点が投入れている。起動時間は 0.0277sec で同じ電圧起動方式の**4-2-1** の場合に比しやや長くっている。

v) **4-2-3.** に示す電圧起動方式の装置

測定した結果は第13図のとおりである。(第８図参照)

第 13 図



V_1 は電撃防止装置の２次無負荷電圧波形

A_2 は放電管 V_2 のプレート電流波形

V_3 は継電器コイルの電圧波形

A_4 は溶接機2次回路の電流波形

(イ)で溶接棒を母材に短絡し同時に放電管 V_2 が放電を始めている。しかしこの放電電流は数ミリアンペアの極めて小さいものである。

溶接機2次回路が閉路されている間は放電を持続している。最初の放電はやや大きいのでオッシログラムに波形がわずか出ている。

V_2 の放電開始から 0.00889sec 遅れて継電器 Rel のコイルが励磁され(ハ)で主接点が投入している。この間の起動時間は 0.0453sec を要しており，**4-1-2.** に示す装置以外のものに比し長くなっている。しかし，溶接棒を母材に瞬間短絡させ放電管 V_2 が放電をすれば，継電器 Rel コイルが励磁される前に棒を母材から離脱しても主接点が必ず投入されるので，実際に棒を母材に短絡させておく時間は極めて短かくてよいわけである。

6. 結　　語

以上各方式の起動回路について起動時間を測定したが直流の継電器を用いたもの以外は，いずれも1～2%位で主接点が投入されている。しかし，このうちでも，継電器の数を少くすること，主接点間のストロークを短かくすること（チャッタリングを考慮して）などにより，さらに起動時間を短縮させることのできるものもあると考えられる。

また，従来電撃防止装置を用いてアークを発生させる場合，溶接棒を母材に短絡させて主接点が投入し溶接機の2次無負荷電圧が発生してから，溶接棒を母材から離す方法を行っていた。しかし，ある種の起動方式のものは主接点が投入するまで溶接棒を母材に触れておく必要がなく，溶接棒を瞬間短絡して信号を送れば，母材から棒を離しても主接点を完全に投入することができる。このような起動回路を有する装置では，溶接棒の母材への2回の接触により完全にアークスタートができることになり，主接点のバタツキなどもなく，まえがきに述べたようなアークの出にくいということはなくなる。溶接棒の瞬間短絡の時間は極めて短いものであるが，この時間については今後の研究に待たねばらない。

(ABSTRACT)

On the Planning of Temporary Structures (1)

Architectural Section Kazuo Uchiyama
Kinichi Kinoshita

Many accidents of fracture of temporary structures have been occured at the construction fields.

In order to prevent these accidents, we made a plan of experimental study of temporary structures.

This report shows the experimental results of the bearing-capacity and deformation behavior of those.

Contents are as follows :

1. Clamp test
2. Test of the fames builted up with the clamp
3. Compression test of the supports for the concrete slab mold.
4. Test of the unit scaffolding and its lateral supports.

Study on the Automatic Electrical shock Hazard Relieving Device of a-c arc Welder

by M. Terazawa

Better starting characteristic of a shock hazard relieving device is obtained with shorter starting time (the duration from when the welding rod gets touch with the base metal till the main contact closes). "Recommended Standard Specification of Autmatic Electrical shock Hazard Relieving Device of a-c arc Welder" estublished by our Institute specifid that this starting time shall be less than 0.08 sec.

In the mean time, devices with considerably short starting time have been on the market.

Ofcouse the length of starting time depends on the starting system of the device.

Therefore the writer investigated the correlation between the starting time and the starting system.