ポーラログラフ法による金属分析法の研究 (第2報)* ポーラログラフ法による銑鉄, 普通鋼, 特殊鋼中の Cu 迅速分析法の研究並びに簡易分析装置の試作

米 崎 茂**

Shigeru Yonezaki: Studies on the Polarographic Analysis of Metals (2nd Report) Rapid Determination of Copper in Pig-iron, Carbon Steel and Special Steels.

The author has investigated in detail the necessary conditions for a rapid polarographic determination of copper in iron and steel, and obtained a new simplified method requiring only 20 min, the outline of which is as follows: dissolve 1 g of sample in 10~15 cc of HNO_3 (1:1), pour it slowly and stir to make 60 cc of the supporting electrolyte solution (4 N- NH_4OH , 1 N- NH_4Cl), filter, take 5 cc of the filtrate, add 2 drops of 1 percent solution of gelatine as maximum suppressor and 10 drops of saturated solution of Na_2SO_3 as oxygen eliminator and copper is determined polarographically. The correction for the temperature is made by the use of a correction equation. This a new simplified apparatus for more rapid analysis is devised. By this method copper can be determined in about 10 minutes.

(Received August 3, 1951)

I. 緒 言

銅分析法としては従来滴定法による化学分析法が一般に用いられているが、これは各種の共存元素の影響を受け易く、これら元素の影響は十分注意を拂いながら途中の操作を入念に行わないと誤差を生ずる恐れがあり、また滴定終点の判定にもやや熟練を要する。この點はポーラログラフの方が途中の操作が機械的で簡単であり、従つて分析操作の個人差に基く誤差は殆んどなく、また試薬も極く安価なものが少量ですむと考えられるので、ポーラログラフによる銅の迅速分析法を研究してみることにした。また現在市販のポーラログラフ装置は大型で、写真撮影の不便があるので現場で使い易いように簡易な装置を工夫することを併せて試みた。

文献によれば従来ポーラログラフを應用して Cu を定量した例は、Duralumin 中の Cu の定量⁽¹⁾、鑛泉水中の Cu の定量⁽²⁾、煙灰中の Cu の定量⁽³⁾、鑛石中の Cu の定量⁽⁴⁾の他銅錯鹽の研究⁽⁵⁾ および眞鍮中の Cu 定量法⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾ の研

究等の報告がある。しかし鐵鋼中の Cu 定量法についてはただ G. Maassen の鋼および純鐵中の Cu の定量の報告⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾ があるのみであり、かつ Maassen の方法は次に述べる如くこれを迅速分析に利用するためには適當でないので、著者はさきに報告した眞鍮中の銅、亜鉛のポーラログラフによる迅速分析方法の一部を改變して、鐵鋼分析にも應用することを試みた。

次に Maassen の方法の概要を述べると次の如くである。すなわち 0.1 g の鋼試料を 3~5 cc の HCl (1:1) に溶解せしめ 2, 3 滴の硝酸で酸化した後、完全に蒸發乾涸し、その上に HCl および硝酸 1, 2 滴を加え、加熱溶解し水で稀釋した後これに鹽化アンモンを含む 2 N- NH_4OH を加え、ゼラチン溶液 5 滴を加えた後、無關係鹽溶液を加えて全量を 50 cc として濾過し、鐵を除去した濾液の一部をとつて 15~20 分間 N_2 ガスを通じて溶解酸素を除去した後分析を行うことになっている。しかしこの方法は試料を一度鹽酸に溶解して一旦蒸發乾涸した後再びこれを溶解するので長時間を要する結果となる。そこで本研究では第一に長時間を要する鹽酸溶解法を使用せず、また蒸發乾涸等を行わずに分析を行うことにした。すなわち試料を硝酸に溶解して水にて 40 cc に稀釋した後直ちに 60 cc のアンモニヤ性基礎液中に注ぎ、鐵の沈澱を除去すると共に溶液

** 八幡製鐵所技術研究所

* 1951 年 4 月本會東京大會に發表

(2) 黒田, Bull. Chem. Soc. Japan, **16** (1941), 69.

(3) 木村, 大橋, 日本化學會誌, **69** (1948), 13.

(4) Ester, W. Claffy, Amer. J. Sci., **247** (1949), 187.

(5) 平田, 日本化學會昭和 25 年秋季九州地方大會講演.

(6) Hohn, Z. Anal. Chem., **109** (1937), 181.

(7) Schwarz, Z. Anal. Chem., **115** (1938), 162.

(8) 著者, 本誌, B-15 (1951), 498.

(9) G. Maassen, Angewandte. Chemie, **50** (1937), 375.

(10) G. Thanheiser, G. Maassen, Arch. Eisenhüttenwes., **10** (1936/1937), 448.

は分析に適した条件のものとした。この方法では硝酸の使用量に應じて分析すべき溶液の pH が多少変化するために Cu の半波電位ならびに波高に影響するおそれがあると考えられたので、研究の第二としてこの点について吟味を行った。また第三として、厳密な分析を行う際には恒温槽を使用する必要があるが、この煩わしさを省く目的で、Cu の濃散電流の温度係数を実験より求め、これらから分析を精密に行うための条件を決定した。次にこれ等の実験につき述べる。

II. 実験ならびに考察

1. 試料溶解方法および Fe の分離除去法

試料 1g を 100 cc のビーカーに採り、水約 1 cc を加え試料全量の水にて濕した後硝酸 (1:1) 10~15 cc を加え加熱溶解せしめる。試料に直接硝酸を加えると試料溶解に長時間を要する場合があつたので上記の溶解法をとることにした。また硝酸を用いた理由は、試料を迅速に溶解させると共に鐵を酸化して、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ の沈澱の生成を完全ならしめるためである。次に Maassen⁽⁹⁾ の行つた鹽酸溶解法と本法の硝酸溶解法について試料が完全に溶解するまでの所要時間を比較すれば Table 1 の如くであつた。

Table 1 Comparison of Dissolution Time.

Sample	Weight (g)	Kind and Quantity of Acid Used	Time Required for Dis-Solution (min)
Japanese Standard Sample No. 3 (C=0.39 %)	1	HNO_3 (1:1) 10 cc	3
ditto	1	HCl (1:1) 30 cc	13

また銑鐵試料を溶解する場合には HNO_3 (1:1) 10 cc では反應がやゝ遅いのでその場合には 15 cc を使用することにした。次に試料溶液から鐵を分離せしめるためにはアンモニヤ分離法によることとし、中和法としては、後述する如く試料溶液中へアンモニヤを加えたのでは $\text{Fe}(\text{OH})_3$ に Cu が吸着されるので、アンモニヤ、鹽化アンモン溶液中へ試料溶液を攪拌しつつ加えることとした。また HNO_3 (1:1) を鋼試料の溶解に 10 cc 用いた場合と、銑鐵の溶解に 15 cc 用いた場合において硝酸の蒸發がないものとすれば未反應の HNO_3 (1:1) はそれぞれ 3.2 cc, 8.2 cc 残留することになる。しかるにポーログラフ分析を行う場合には無關係濃度はアンモニヤおよび鹽化アンモンがそれぞれ 1N 程度が適當と考えられている⁽¹¹⁾ ので、未反應の硝酸によつて消費されるアンモニヤ量を豫め推定してアンモニヤの濃度を増しておくこととした。試料の種類によつては、あるいは硝酸量を増す場合があるかも知れないので著者は少し餘裕をみて 1 回の分析に 4N- NH_4OH 60cc

Table 2 Effect of pH of the Solution on Half-Wave Potential and Wave-Height of Copper.

Solution	pH	Anodic Potential (V vs. S. C. E)	Half-Wave Potential (V)	Wave-Height (Sens. 1/5) (mm)	Temperature (°C)
Sample Solution*	9.6	-0.2395	-0.61	44.5	24.0
Sample Solution + HNO_3 (1:1) 1 drop	9.6	-0.2470	-0.61	44.0	24.2
Sample Solution + HNO_3 (1:1) 5 drops	9.5	-0.2395	-0.60	43.0	24.5
Sample Solution + HNO_3 (1:1) 10 drops	9.4	-0.2320	-0.59	42.0	25.0
Sample Solution + HNO_3 (1:1) 15 drops	9.2	-0.2195	-0.57	42.0	25.0
Sample Solution + HNO_3 (1:1) 20 drops	8.9	-0.2110	-0.56	41.5	25.0

* The sample solution was prepared as follows: 5 cc was taken from the solution prepared according to the direction, $\left[\left(\begin{smallmatrix} 4\text{N-NH}_4\text{OH} \\ 1\text{N-NH}_4\text{Cl} \end{smallmatrix} \right) 60\text{ cc} + \text{H}_2\text{O} 40\text{ cc} \right] - 2\text{ cc (Discard)} + 2\text{ cc (Cu standard solution 2g/L)}$, and 2 drops of 1 percent gelatine solution and 10 drops of saturated Na_2SO_3 solution were added to it.

(この中には NH_4Cl を約 1N になるように加えてある) を用いることとした。

次に上記無關係濃溶液は分析を行うごとに常に pH を一定とすることは實際上

困難であると考えられるので、硝酸使用量の増減があつて pH が變化した場合を豫想して、その際に Cu の半波電位ならびに波高にどの程度影響するかを實驗によつて調べた結果を Table 2 に示す。

この場合供試液 5 cc に對して HNO_3 (1:1) 10 滴添加することは、實際に分析を行う場合に 100 cc 中に HNO_3 (1:1) 10 cc を含むのと同じ意味である。Table 2 からわかる如く Cu の半波電位は HNO_3 (1:1) 20 滴添加した場合においても、試液のみの場合に比し 0.05 V だけ正の側に移動するのみであり Cu の定量には全く問題にはならないし、若し僅かの半波電位の移動が後述する簡易法における波高の讀取りの際に不都合となることがあつたとしてもその場合には Fig. 1 中 ④⑤ の聯動可變抵抗を調節することにより適用加電壓を適當に選ぶことができるので問題はない。また波高が次第に減少しているのは、硝酸添加量が増すに従い、容積が増加し、そのために Cu の濃度が次第に稀釋されたためである。

2. 極大抑制方法および溶解酸素の除去方法

本法に用いた極大抑制方法は一般に用いられているゼラチン溶液添加法である。著者はゼラチンの 1% 水溶液を用いたが、これは夏期では數日間で腐敗するのでこれにチモールを 0.05 % 添加して良好な防腐の目的を達した。この

(11) M. Voriskova, Collection of the Czechoslovak Chemical Comm., 11 (1939), 580; Polarographische Studien mit der Tropfenden Quecksilberkathode. LXXXIV, Abscheidungs und Reduktions-Potentiale der Metallionen in Ammoniak-alischer Lösung.

程度のチモール添加量はポーログラムに何等影響を與えることはなかつた。分析に際してはこのゼラチン 1% 水溶液を試液 5 cc につき 2 滴添加した。鐵鋼中の Cu 分析の場合には眞鍮中の Cu 分析の場合に比べると極大現象の抑制ははるかに容易であつた。また溶解酸素を除去するためには第 1 報⁽⁶⁾ において述べた如く 飽和亞硫酸ソーダ水溶液を 10 滴添加することにしたので Maassen の窒素ガス通氣法に比しはるかに迅速である。

3. Cu 検量線の作成

純銅 2 g を硝酸 (1:1) 10 cc および水にて 1 L に溶解

Table 3 Effect of Iron on the Wave-Height of Copper (Temp. $25^{\circ} \pm 2^{\circ}$) (Synthetic Solution was Used).

Conc. of Cu in Sample Solution (mg/cc)	Sensitivity of Galvanometer	Wave-Height of Cu (mm)		
		Without Fe	With Fe	
			When Sample Soln. is Poured into Electrolyte Solution	When Supporting Electrolyte Solution is Poured into Sample Solution
0.10	1/20	39.5	40.1	36.8
0.08	1/10	66.2	66.6	61.7
0.08	1/20	32.0	32.0	29.5
0.05	1/10	39.5	39.2	37.7
0.05	1/20	18.5	19.0	17.0
0.02	1/5	34.0	34.5	31.5
0.02	1/10	16.4	16.0	15.3
0.01	1/2	48.7	49.2	46.5
0.01	1/5	16.5	17.3	16.7
0.005	1/1	49.5	49.5	48.5
0.005	1/2	25.5	25.2	24.5
0.001	1/1	19.8	19.5	18.5
0.001	1/2	9.3	9.4	9.0

て 1% より 0.01% に相當する。

なお検量線を求めたときの Cu の濃度に對する波高の關係を Table 3 に示したが、この表をみれば判る如く試料溶液中へ無關係鹽溶液を注加攪拌した場合においては、得られた Cu の波高は Fe が共存しない場合の波高より低い結果が得られたが逆に試料液を無關係鹽溶液中へ注加攪拌した場合は Fe が共存しない場合の波高とよく一致した結果が得られることが判つた。このことはすなわち前者の場合は $\text{Fe}(\text{OH})_3$ の沈澱に Cu が吸着されるためであると考えられるので、分析を行う場合には後者の方法によることとした。又念の爲、實際の鐵鋼試料について同様の實驗を行つた結果、Table 4 に示した如く、やはり試料液を無關係鹽溶液中へ加える方が標準値とよく一致する結果を與えた。

4. Cu イオン擴散電流値の溫度係數の測定

Table 4 Effect of the Method of Precipitating Iron on the Result. (Iron and Steel Samples were Used).

No.	Samples	Cu %	Cu % Obtained	
			When Sample Solution is Poured into supporting Electrolyte Solution	When Supporting Electrolyte Solution is Poured into Sample Solution
11c	Basic Open Hearth Steel	0.035	0.036	0.030
2c	Carbon Steel	0.14	0.137	0.10
6a	Gray Cast Iron	0.14	0.148	0.137
5f	Cast Iron	0.55	0.57, 0.55	0.39, 0.41
0q	Acid Resistance Cast Iron	1.44	1.40, 1.38	1.20, 1.24

せるものを原液として、この一定量づゝを純鐵溶液 (濃度 3 g/100cc) 約 30 cc に加えた後、前述の無關係鹽溶液 60cc 中に攪拌しながら加え次に水で全量を 100 cc とする。しかして Cu の濃度は 0.1 mg/cc より 0.001 mg/cc まで各種のものを調製しこれを標準液として使用して検量線を作成した。これらの標準液は實際の鐵鋼試料中の Cu 含有量とし

Table 5 Results Obtained Using the Usual Apparatus

	Standard Samples Used	Sens. of Galvanometer	Usual Apparatus			Simplified Apparatus	
			Wave-Height (mm)	Cu % Obtained	Deviation from Standard Value (%)	Cu % Obtained	Deviation from Standard Value (%)
Carbon Steels	Japanese S. S. No. 2 c	1/5	23.0	0.13 ₀	-0.01 ₀	0.13 ₅	-0.00 ₅
	Japanese S. S. No. 4 b	1/2	31.0	0.06 ₀	+0.00 ₇	0.06 ₅	+0.01 ₂
	American S. S. No. 11 c	1/2	14.5	0.03 ₃	-0.00 ₃	0.03 ₅	0.00
	American S. S. No. 13 c	1/5	28.0	0.16 ₃	-0.00 ₃	0.16 ₀	-0.00 ₅
Gray Irons	American S. S. No. 19 b	1/2	14.0	0.02 ₀	-0.00 ₁	0.02 ₀	-0.00 ₁
	Japanese S. S. No. 6 a	1/5	26.0	0.15 ₀	+0.01 ₀	0.15 ₅	+0.01 ₅
Pig Irons	American S. S. No. 5 f	1/10	46.0	0.55 ₀	0.00	0.55 ₀	0.00
	American S. S. No. 6 d	1/5	25.0	0.14 ₅	+0.00 ₅	0.15 ₀	+0.01 ₀
Special Steels	American S. S. No. 33 b (Ni-Steel)	1/2	56.0	0.11 ₅	+0.00 ₁	0.12 ₅	+0.01 ₁
	American S. S. No. 50 (High Speed Steel)*	1/1	48.0	0.05 ₀	0.00	0.04 ₅	-0.00 ₅
	Japanese S. S. No. 10 (Ni-Cr Steel)**	1/10	18.5	0.21 ₅	-0.00 ₅	0.21 ₈	-0.00 ₂
	Japanese S. S. No. 11 (W-Steel)	1/10	24.1	0.29 ₂	+0.00 ₂	0.30 ₈	+0.01 ₈
	Japanese S. S. No. 19 (Ferro-V)	1/2	47.5	0.10 ₀	-0.02 ₀	0.10 ₀	-0.02 ₀

Note : * Dissolved in HCl (1:1) 15 cc and HNO_3 2.5 cc.

** Dissolved in HCl (1:1) 20 cc and HNO_3 2.5 cc.

一般に溶液中におけるイオンの拡散電流の大きさは液滴の温度によって影響されることが知られていて厳密な分析を要求する場合には無視し得ないのである場合には恒温を使用して電解液の温度を一定に保つて分析を行うことが必要であるが、これは湿気のために電流漏洩を起し易く種々不便があるので實行され難く、現場分析の場合特に不便があると考えられるので、著者は前記無關係鹽溶液中における Cu イオン拡散電流の温度係数を豫め實驗によつて求めておいて實際の分析に當つては、恒温槽を使用せずに分析を行い温度補正を行うことにした。實驗は 10° より 26° の間において行い、前記無關係鹽溶液中における Cu⁺⁺ イオンの拡散電流の値を實測した結果次式によつて近似的に表わすことができる⁽¹²⁾。

$$id_{25} = id_t \{1 + 0.013(25 - t)\}$$

但 $id_t = i^0$ における拡散電流の實測値 t : 實驗温度

5. 鐵鋼試料分析操作の決定ならびに結果

以上の各節で述べた實驗に基いて分析操作を次の如く定めた。内容 100 cc のピーカー削屑試料 1 g を正確に秤取しこれを水約 1 cc にて濕した後 HNO₃ (1:1) 10~15 cc を加え加熱溶解せしむ。次に豫め 100 cc のメスシリンダーにて無關係鹽溶液 (4N-NH₄OH, 1N-NH₄Cl の緩衝溶液) 60 cc を乾燥せる 200 cc のピーカーにとり、次にこのメスシリンダー中に試料溶液を少量の冷水を用いてピーカーより洗うつし、さらに水を加えて丁度 40 cc に稀釋した後、無關係鹽溶液を入れたピーカー中に少量づつよく攪拌しながら注入する。注入後もよく攪拌し、次にシリンダー内壁についた試料溶液と完全に反應させるためピーカー中の溶液をシリンダーに移し攪拌した後、乾燥濾紙 (東洋濾

and the Newly Devised Simplified Apparatus.

紙 No. 5 A) にて濾過し、その濾液 5 cc を電解瓶に移しこれに 1% ゼラチン水溶液 2 滴および亜硫酸ソーダ飽和水溶液 10 滴を添加攪拌してポーログラフ分析を行う。次に電解液の温度を寒暖計にてよみ次の補正式によつて 25° における波高に換算して第 1 圖を用いて Cu 含有量 (%) を求める。

$$id_{25} = id_t \{1 + 0.013(25 - t)\}$$

次に上の方法によつて實際の鐵鋼試料の分析を行つて得られた結果を Table 5 に示す。表中 Simplified Apparatus とあるは次節に述べる如き著者の工夫による簡易装置によつて求めた結果であるが比較のため併せて表示した。本分析法の分析所要時間は Table 6 の如くで従来の化學分析法よりも迅速である。Table 5 の結果からわかる如く、本法では C, Mn, Ni, Cr, V, Ti, その他 Si, P, S, W, Mo, As, Al などの共存元素の影響なく炭素鋼、鉄鋼、特殊鋼何れの場合も満足すべき結果が得られることがわかる。次に従来法と簡易法の精度を比較する目的で鐵鋼標準試料その他を用いて 52 回分析を行いこれ等の標準化學分析値に對する偏差の絶対値の平均値を求めると従来法が 0.010% なるに對し簡易法では 0.013% で後者の方がやゝ精度が劣るが何れの方法も學振銅迅速分析法の許容誤差 ±0.02% よりも小である。

6. 簡易装置の試作および實驗結果

従来の装置は機構がやゝ複雑で取扱上にも保守上にも十分な注意を拂わねばならず、また寫眞を撮つてこれを解析し含有量を求めるために長時間を要しかつ暗室の設備を必要とするなど現場分析用としては可成欠點が多く、また大氣中の湿気のために影響され易いのでこれ等の欠點をことごとく改良した直讀式の簡易装置を試作した。Fig. 1 はそ

の原理を示す結線圖である。

すなわち、⑫ (滴下陰極)、⑬ (電解瓶) は従来のものと全く同じものであるが、③ はポテンシオメーターのマンガンニ線を 19 ケに分割し絶縁防濕したコイルでこれはレバー①およびノッチ②と共に装置に内藏され外氣と絶縁してある。本装置によれば驅動モーターは不要であ

Standard Values of Samples												
Cu	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	W	V	Mo	As	Al
0.14	0.19	0.007	0.58	0.022	0.018	0.032	—	—	—	—	—	—
0.05 ₃	0.59	0.145	0.54	0.019	0.015	0.015	—	—	—	—	—	—
0.03 ₅	0.21 ₄	0.009	0.43 ₅	0.005	0.033	0.076	0.019	—	—	0.005	0.012	—
0.16 ₅	0.57 ₃	0.200	0.70 ₀	0.013	0.023	0.195	0.053	—	0.003	0.003	0.010	0.019
0.02 ₁	0.20 ₂	0.146	0.46 ₂	0.043	0.025	0.110	—	—	—	—	0.012	—
0.14 ₀	4.13 G. C. 3.63	1.56	1.65	0.323	0.028	0.007	—	—	—	—	—	—
0.55 ₀	2.25 G. C. 1.52	2.31	0.75 ₅	0.244	0.090	0.108	0.013	—	0.013	0.001	0.031	0.036
0.14 ₀	2.70 G. C. 2.03	2.56	1.63	0.484	0.025	0.03	0.01	—	—	—	—	—
0.11 ₄	0.36 ₆	0.233	0.70 ₀	0.037	0.032	3.48	0.029	—	0.005	0.003	0.016	—
0.05 ₀	0.65 ₈	0.153	0.20 ₄	0.027	0.031	—	3.61	17.56	0.756	0.01	—	—
0.22 ₀	0.41 ₀	0.170	0.39 ₀	0.042	0.038	3.210	0.84	—	—	—	—	—
0.29 ₀	0.58 ₀	0.250	0.35 ₀	0.017	0.011	0.060	0.120	2.030	—	—	—	—
0.12 ₀	0.06	0.35	0.13	0.046	0.32	Tr	0.02	—	39.61	0.07	—	0.69

(12) 石橋、藤永、吉野、日本化學會誌、71 (1950) 8~9 號、421 によれば 0.1 N-KCl 中において Cu⁺⁺ イオン拡散電流の温度係数は $id_{25} = id_t \{1 + 0.016(25 - t)\}$ といわれている。

り、加電壓の變化を全範圍にわたり、ほとんど時間を要することなく行うことが出来る。また各ノッチ間の電壓をさらに微細に調節し得る如くするため、互いに逆方向に聯

動する可變抵抗 ④ ⑤ を直列に挿入した。これを使用すれば定性分析もまた可能である。また本装置では分析を行っている間の加電圧を精密な電圧計 ⑥ によつて常に知ることが出来る。次に本装置の取扱法を簡単に記すれば、ま

Table 6 Time Required for Analysis.

Operations	Time Required (min)	
	With the Usual Apparatus	With the Simplified Apparatus
Weighing Sample	1	1
Dissolving in HNO_3	3	3
Adding Sample Soln. into Supporting Electrolyte and Filter	3	3
Preparation of Solution for Analysis	1	1
Taking Photogram Developing and Fixing	9	0
Reading the Wave-Height	1	1
Total	18 min	9 min

ズレバー ① を ⑩ に位置せしめ ⑨ を加減して ⑥ が正確に 2V を示すようにした後、⑥ を見ながら ① を動かし（必要あらば ④ ⑤ を調節して）Cu 半波電位の直前すなわち約 -0.25V に合せ（静止極電位が約 -0.24V であるのでこの場合実際には -0.49V 加えたこととなる）その時のガルバノメーターの振れを Cu % にて目盛ったスケール ⑧ 上に見出し、微動ネジによつてスケールの方を動かして反射光に 0% の目盛りを合せる。次にノッチを二つだけ負側へ移した時のガルバ ⑦ の振れを ⑧ 上に讀取ればこれが Cu 含有量(%)である。なお⑪は⑥を 2V, 4V の 2 Range とするための抵抗である。ここでは本装置を用いる Cu 分析法につき記したが、銅以外の他の元素でも従来の装置によつて分析可能なもので残餘電流のあまり大でな

い試料ならばすべて本装置によつて分析可能である。

Fig. 1 Circuit Diagram of the Newly Devised Simplified Apparatus.

III. 結 論

ポーログラフ法による鉄、普通鋼および特殊鋼中の Cu 迅速分析法を研究し、従来の化学分析法に比し、共存元素の影響がほとんどなく、操作が簡単迅速で個人誤差が少なくかつ試薬が安価で済む分析方法を完成した。

また現場で使用し易いように従来の装置を簡易化することを試みた。本装置は鉄鋼中の Cu, Ni, Co の分析のみならず、Cr, V の分析、非鉄金属の分析や、礫石、硫酸滓、その他質範囲の分析に應用することが出来ると考えられるので、これ等の研究結果については引き續いて報告する予定である。

本研究の発表を許可された會社上司の方々の御厚意を深く感謝します。