

自動潜弧熔接に生ずるサルファー クラックに関する研究

小林 年 夫*

Sulphur Crack in Submerged Arc Welding

By Toshio Kobayashi

Kasado Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

The submerged arc welding has become quite popular to industries of late, and it has given rise to the problem of sulphur crack which is attributed to the quality of steels in use.

In dealing with this problem, the writer has made clear the following.

1. The frequency of the sulphur crack in submerged arc welding is largely influenced by the quality of steel plate and electrode core wire, the submerged arc weld flux, and other welding conditions.
2. The occurrence of sulphur crack is always accompanied by the growing of ice flower like structure.
3. The "Ice Flower Like Fracture" of submerged arc welded parts is considered closely related in its cause to the one observed on welded part of mild steel.
4. S contained in sulphur band of base metal along with its ice flower like structure gives the cause for sulphur cracking of submerged arc welded parts.

〔I〕 緒 言

近時自動潜弧熔接法を広範囲に使用する試みが各所で行われつつあるが、日立製作所に於ては戦時中から既に熔接機あるいは熔接法の研究をはじめ、現在では各種の構造物にその利用度を高めようとしている。然し鋼材の材質不良特にSの偏析が主因と考えられているサルファークラックの発生は、この熔接法発達の前途に多大の不安を持たしめるに至っている。従つて本研究では、サルファークラックの発生に、影響すると考えられる鋼材、フラックス、心線、熔接電流、熔接速度等の諸条件を変化して、これ等諸因子の作用を明らかにし、その結果から亀裂の機構にも若干の考察を試み、現状に於ける我国の鋼材を使用した場合に、サルファークラック防止のためにとるべき方策を明らかにせんとしたものである。

〔II〕 熔接諸条件を変化した場合の サルファークラック発生頻度

(1) 実験の方法

(A) 使用したフラックス、心線、鋼材

実験に使用したフラックス、心線の化学成分は第1表ならびに第2表(次頁参照)の如くであり、実験にはリンデgrade 20及びDフラックスにはリンデ No. 36心線を、Kフラックスには神戸製鋼B-17心線を使用した。前者は心線中にMnを多量に含有せしめて脱酸脱硫効果を期待したもので、この場合フラックスは完全に熔融したガラス状のものをを用いる。後者は反対に所謂焼成フラックスと呼ばれるものでMnOを主成分とし、フラックス中Mnのによつて同様の精錬効果を得ようとするものである。尚D、K両フラックスは本実験のため特に試作提供を受けたものである。心線径はいずれも4mmを用いた。

次に使用鋼板はいずれも19mm厚のものであつて、

* 日立製作所笠戸工場

第 1 表 フラックスの組成

Table 1. Chemical Composition of Flux

成分(%) 種別	SiO ₂	CaO	MnO	FeO	Al ₂ O ₃	MgO
Linde Grade 20	54.4	33.5	0.30	1.12	3.81	8.92
D	51.3	20.5	9.53	10.00	7.79	tr
K	40.7	3.25	41.94	6.57	4.40	3.49

第 2 表 心線の化学組成

Table 2. Chemical Composition of Rod

成分(%) 種別	C	Si	Mn	P	S	Cu
Linde No.~36	0.14	0.07	2.00	0.022	0.023	0.17
B~17	0.08	0.04	0.41	0.017	0.014	0.16

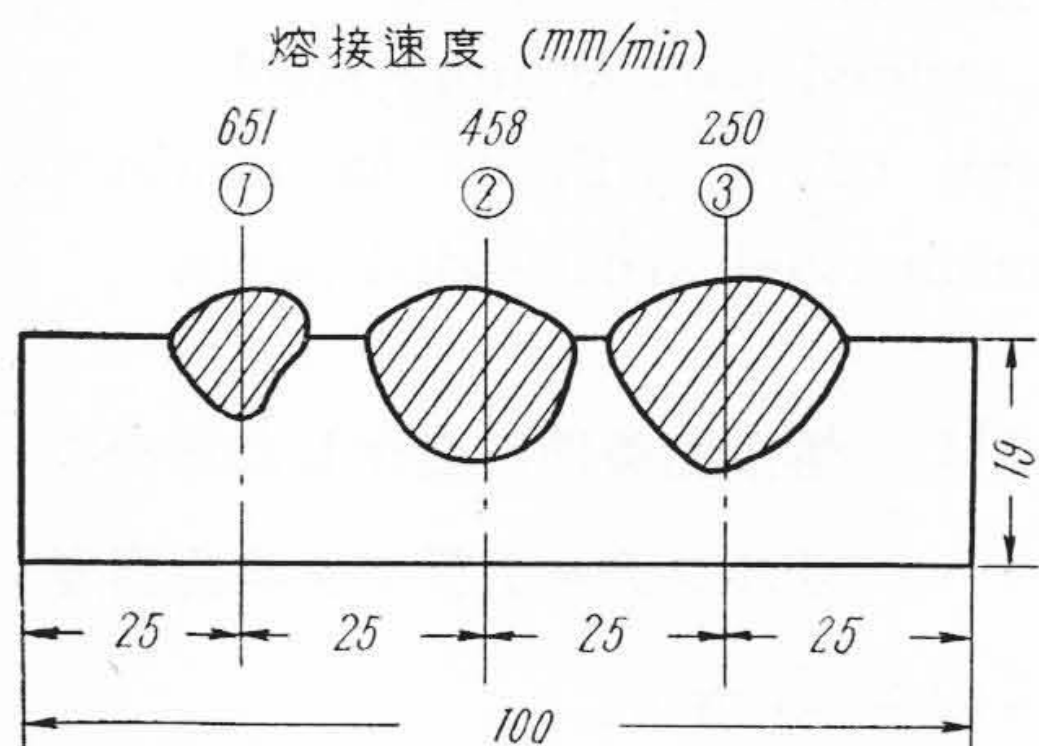
第 3 表 使用鋼材の化学成分並びに機械的性質

Table 3. Chemical Composition and Mechanical Properties of Test Plates

鋼種		製鋼メーカー	機 械 的 性 質			化 学 組 成 (%)					
			抗張力 (kg/mm ²)	伸 (%)	屈 曲	C	Si	Mn	P	S	
リ ド ム 鋼	板	#不 明	不明	47.8	27.1	good	0.25	0.01	0.50	0.009	0.030
	キ ル ド 鋼	板	#B~835	八幡	44.4	28.3	good	0.14	0.21	0.49	0.019
板		#B~818	八幡	48.7	24.3	good	0.15	0.26	0.65	0.020	0.031
板		#B~929	八幡	46.2	25.8	good	0.16	0.27	0.53	0.022	0.025
板		#B~735	八幡	48.5	25.3	good	0.14	0.26	0.57	0.016	0.028
板		#B~930	八幡	47.1	25.0	good	0.16	0.27	0.53	0.022	0.025

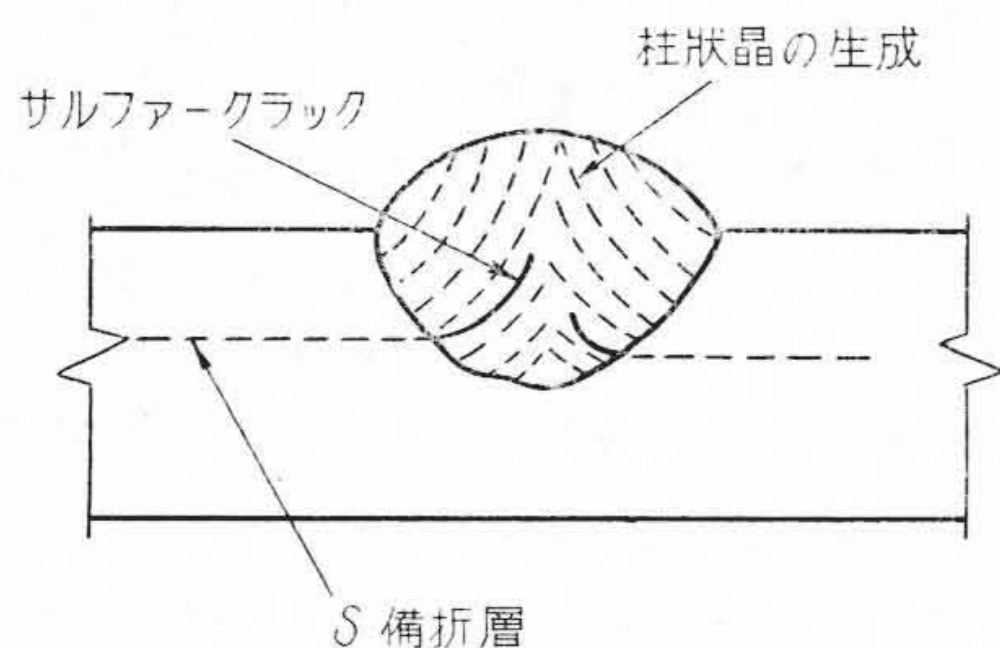
その化学成分、機械的性質を示すと第 3 表の如くである。リムド鋼とあるのは我々が日常接する大部分の一般圧延鋼材の代表的なものである。キルド鋼として示してある一連のものは、ASME, A-201 規格に合格したボイラー用鋼板で、キルド鋼と呼称されているが別に実験した衝

撃値、あるいは遷移温度測定結果からは多少の疑点はあるが一応こゝではキルド鋼として扱うこととした。板番各種を用いているのは試験用材を用いたためであるが、分析成分から同一鋼板と考えてよいと思われるので以下の実験では区別しないことにする。



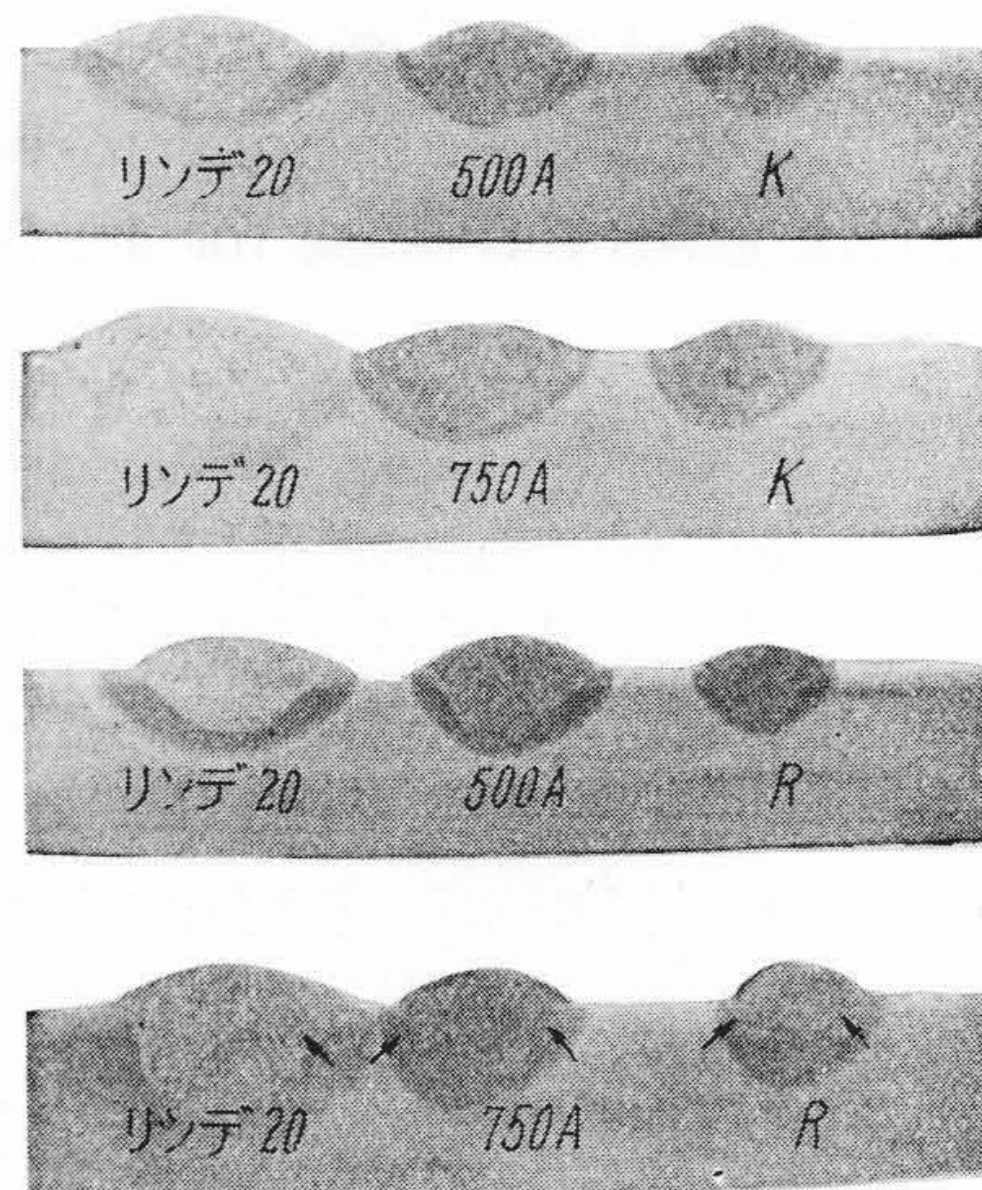
第 1 図 自動潜弧熔接ビード試験片

Fig. 1. Submerged Arc Weld Bead Test Piece



第 2 図 サルファークラック発成状況説明図

Fig. 2. Explanative Sketch of Sulpher Cracks



註: a. 矢印はクラックの所在を示す

b. Kはキルド鋼、Rはリムド鋼を示す

c. 他はフラックス名と熔接電流を示しビードの大きさは第 1 図の熔接速度に該当する。

第 3 図 ビード試験片マクロ写真

Fig. 3. Macro-Structure Photograph of Bead Test Pieces

第4表 サルファークラック発生数測定結果（リムド鋼の場合）
Table 4. Number of Sulphur Crack (Rimmed Steel)

電 流 (A)		500									750								
フ ラ ッ ク ス		リンデ〜20			D			K			リンデ〜20			D			K		
熔 接 速 度 (mm/min)		250	458	651	250	458	651	250	458	651	250	458	651	250	458	651	250	458	651
試	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1	0	1	2	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	2	0	0	0
験	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4	2	3	0	3	2	0	0	0
		0	1	1	0	0	1	0	0	0	2	1	2	0	3	1	0	0	0
		0	0	1	0	0	1	0	0	0	2	2	1	0	1	1	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0
		0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	2	0	0	0
片	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	1	1	0	0	0
		0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	3	0	0	0	0	0	0
		0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0
		1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	3	3	0	0	1	0	0	0
		1	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	1	2	0	0	0
計		2	2	8	0	1	3	0	0	0	20	16	27	0	11	19	0	0	0

第5表 サルファークラック発生数測定結果（キルド鋼の場合）
Table 5. Number of Sulphur Crack (Killed Steel)

電 流 (A)		500									750								
フ ラ ッ ク ス		リンデ〜20			D			K			リンデ〜20			D			K		
熔 接 速 度 (mm/min)		250	458	651	250	458	651	250	458	651	250	458	651	250	458	651	250	458	651
試	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
験	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
片	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
計		1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	3	6	0	0	0

(B) 試験片製作方法

上述溶接鋼板を400×100 mmに切断し、第1図に示す如く溶接速度を3種に変化したビードを溶接した。電圧はすべての場合 28~30 V 一定とし、溶接電流は 500 A, 750 A の二通りに変化し、それぞれの電流で3枚づきの試験片を製作した。このようにして溶接したビード試験片から両端部を 50 mm 切捨て、次いで巾 40 mm のマクロ試験片の溶接始発側を研磨して腐蝕をなしサルファークラック発生状況を観察した。従つて各条件ごとに15箇の試験片測定結果が得られるわけである。尚溶接にあつては余熱効果をさけるため先に溶接したビードが十分常温迄冷却した後次のビードを溶接するよう留意した。

以上の如き実験方法を採用すれば一般に考えられているサルファークラック発生に必要な要因が大部分含まれることとなり、且各要因の影響する度合が明らかにされるものと考えられる。

第 6 表 供 試 鋼 板 の 化 学 成 分
Table 6. Chemical Composition of Test Plates

C	Si	Mn	P	S
0.28	0.01	0.63	0.010	0.035

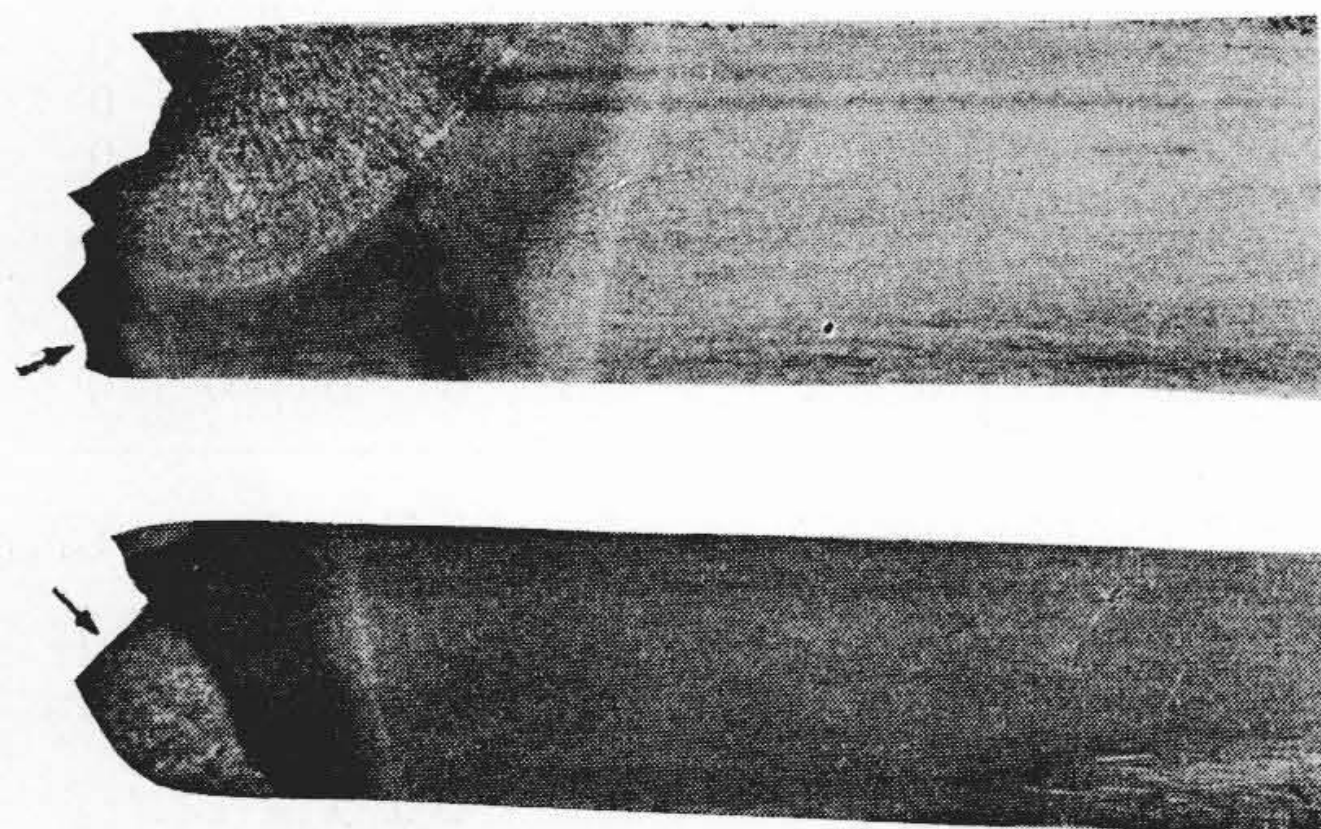
(2) サルファークラック発生数測定結果

熔接ビードに表われる サルファークラックは第 2 図の如くであつて、サルファープリントなどの実験によつて亀裂は殆ど例外なく、母材の S 偏析層から連続して柱状晶にそうて発生しており従つて又、この亀裂は鋼板に局部的に存在している S の影響によることが明かに認められた。この実験では前述の実験方法に従い製作されたそれぞれのビード中に発生した亀裂の数を測定した。亀裂の確認程度はマクロ腐蝕の結果肉眼で認め得る範囲とし、顕微鏡的に柱状晶間に連続する酸化物の集積等は一応問題にしないことにした。

測定結果を示すと第 4~5 表の如く、代表的なマクロ写真を示すと第 3 図の如くである。

測定結果に対しては実験計画法を加味して、検討を行つたがその結論は次の如くである。

1. 実験に使用した程度のキルド鋼でもサルファークラックの防止に極めて有効である。
2. K フラックスの場合、即ち心線を軟鋼心線とし、フラックスに多量の Mn を含んだ焼成フラックスを用いれば、リムド鋼でも略々完全にサルファークラックを防止し得ると考えられる。
3. 反対に grade 20 及び D フラックスでは実験に使用した程度のキルド鋼では完全にサルファークラックの発生を防ぐことは出来ない。



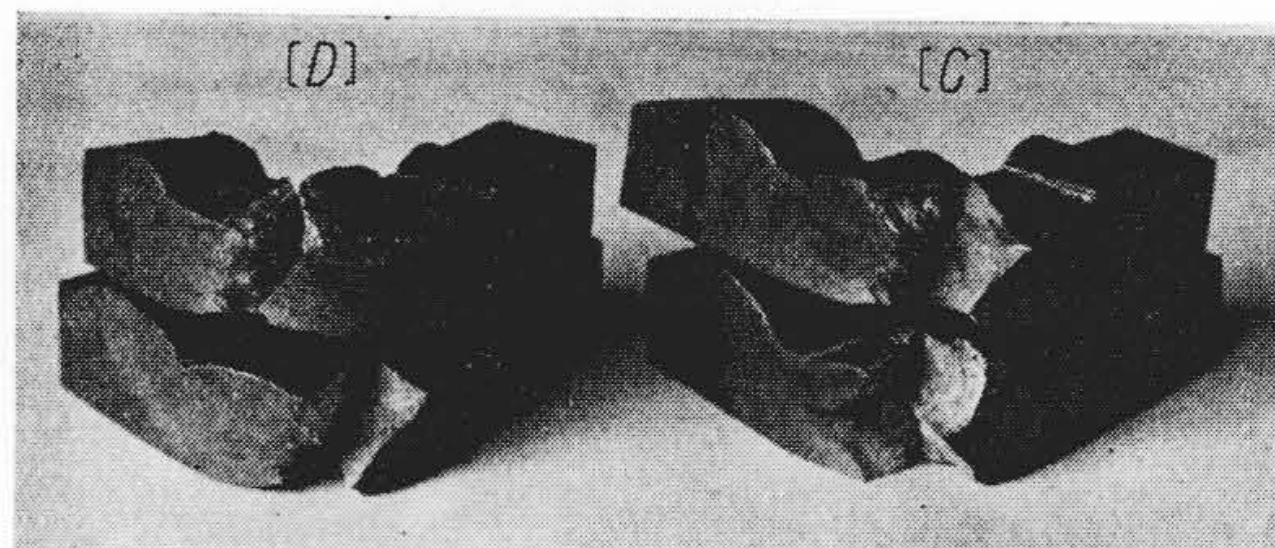
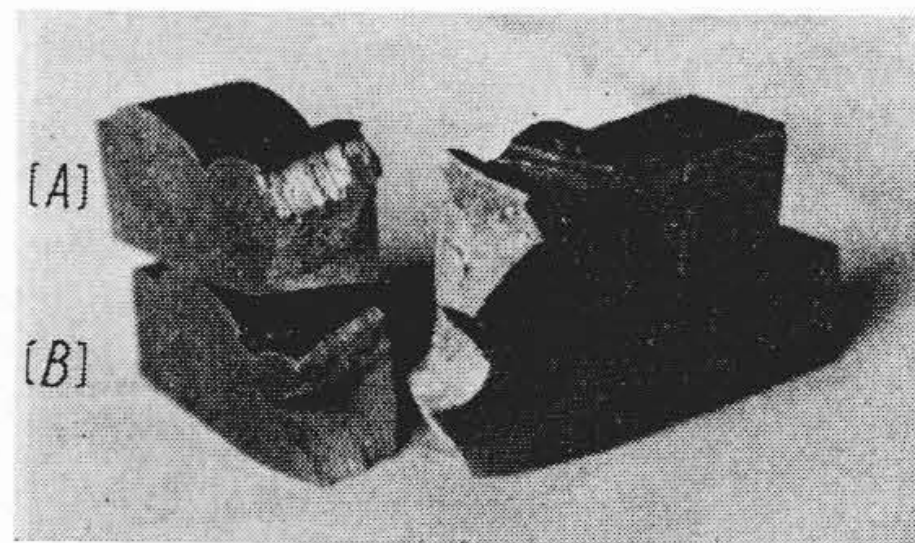
註： 矢印部線状破面現出

第 4 図 線状破面を生じた衝合せ熔接試験片の破断部
Fig. 4. Ice Flower Like Fractures of Butt-Weld Joint

第 7 表 熔 接 試 験 結 果
Table 7. Test Results of Welding Test Pieces

熔接電流 A	熔接速度 (mm/min)	抗張力 (kg/mm ²)	曲げ角度 (°)		備 考
			1 層目側	2 層目側	
1 層目 600	530	43.5	180	46	△△△
2 層目 650		40.0	62	58	△△△
1 層目 550 2 層目 600	530	43.1	good	55	△△△
		35.5	good	36	△△△
	385	39.1	good	180	△△△
		43.9	good	52	△△△
	330	50.0	good	180	△△
		42.4	good	49	△△
1 層目 500 2 層目 550	530	*52.0	good	180	
		*52.6	good	180	
	385	46.3	good	good	△
		46.4	good	good	△
	330	50.2	good	good	△
		*52.0	good	good	
1 層目 450 2 層目 540	385	*53.4	good	180	
		*53.2	good	good	
	330	50.1	good	good	
		*51.7	good	good	

- 註： a. * 印は母材破断を示す。
b. △印の数は引張試験片断面に表われた線状破面の程度を示す。
c. 曲げ角度は 3mm の亀裂を生ずるまでの角度を示す。
4. 熔接電流、速度の影響も極めて敏感であつて、電流は低く、速度は遅くするほど、サルファークラック発生機会は少くなる。



- 註： a. [A] は D フラックスの場合生じた銀白色線状破面 (× 印)
b. [B] は試験片中稀に生じた青色に着色した線状破面
c. [C] [D] はサルファークラックを生じたものと然らざるものとの屈曲破断の特異性を示す

第 5 図 ビード試験片断面
Fig. 5. Fractures of Bead Test Pieces

勿論これらの結果は接手の溶接の場合、接手形状によつて種々の影響を受けるが、現在までの多くの実験結果からは、亀裂発生の際は異つても上述の諸条件によつて左右される傾向は全く一致した結果が得られている。

(3) サルファークラック部に現われる線状破面

自動溶接を行つた接手の溶接試験において、その引張試験、或いは曲げ試験破断面に極めて脆弱な破面を時々認めることがあり、しかもその破面が軟鋼溶接部に表われる線状破面と全く同一なものであるので、その生成と原因について多大の興味をもつていた。たまたま第6表に示す如き成分を有する9mm厚鋼板のI型衝合溶接試験に於て、第7表の如き結果を得、線状破面を示した代表的な試験片のマクロ組織を検出したところ、第4図の如き特異な結果が求められ、何等かサルファークラックと密接な関係を有しているのではないかと考えられた。この溶接実験は grade 20 フラックスと No.~36 心線との組合せで、電圧は 28~30 V で行われた。引張試験片の形状は平行部寸法 30×30 mm で、曲げ試験は JIS 3524 に規定されている型曲げ試験を行つたものである。尚こゝでも溶接電流の多い場合に線状破面の生成が著しくなつており、前述のビード試験におけるサルファークラックと溶接条件との関係によく一致していることに注目したい。

次にビード試験を行つて明らかにサルファークラックの認められるものを 10mm の巾に切断し、マクロ腐蝕した面を曲げ試験した。その一例を示すと第5図の如くである。この結果によると、既にサルファークラックを認めていたものは勿論その亀裂部から破断し、その破面は大部分白色光沢のある線状破面を示した。又その破面の状況は第4図の場合と全く同様な特異な形を示している。試験片の中には破面の途中から線状破面を消失し、破断の形も第5図[D]の如くなるものもあつた。この部分を特に切断してマクロ組織を検出してみると、そこには帯状Sの偏析は認められず、サルファークラックも又溶着鋼内に認められない。第5図[C]の上部試験片の溶着鋼中に微少な劈開した亀裂が見られるが、これはマクロ試験で認めなかつたものであつて、曲げ応力によつてはじめて表われたものであり、この面も線状破面を呈していた。結局これらの事実から、自動溶接に生ずるサルファークラックは線状破面を示すと結論づけられるものと考えられる。

軟鋼の被覆電弧溶接に表われる線状破面に関しては、岡田博士⁽¹⁾及び中根、安藤両氏⁽²⁾の幾多の研究結果が発表されているが、これらの生成理論を上述のサルファークラック部に見られる線状破面に対して同じく導入して良いか否かは検討を要するが、恐らく密接な関係性がある

ものと考えられる。又小林、中根⁽³⁾⁽⁴⁾両氏は銀白色の線状破面は破断前には割れてはなかつたことを、X線解析を用いて実験的に証明している。これに対し前述のビード試験では、マクロ組織に亀裂を認めたものも銀白色の線状破面を呈し両氏の実験結果と異つてゐるが、これは恐らく割れ直前の状態にあつたものが、試験片の機械加工時の僅少な衝撃で割れになつたものではないかと考えられる。

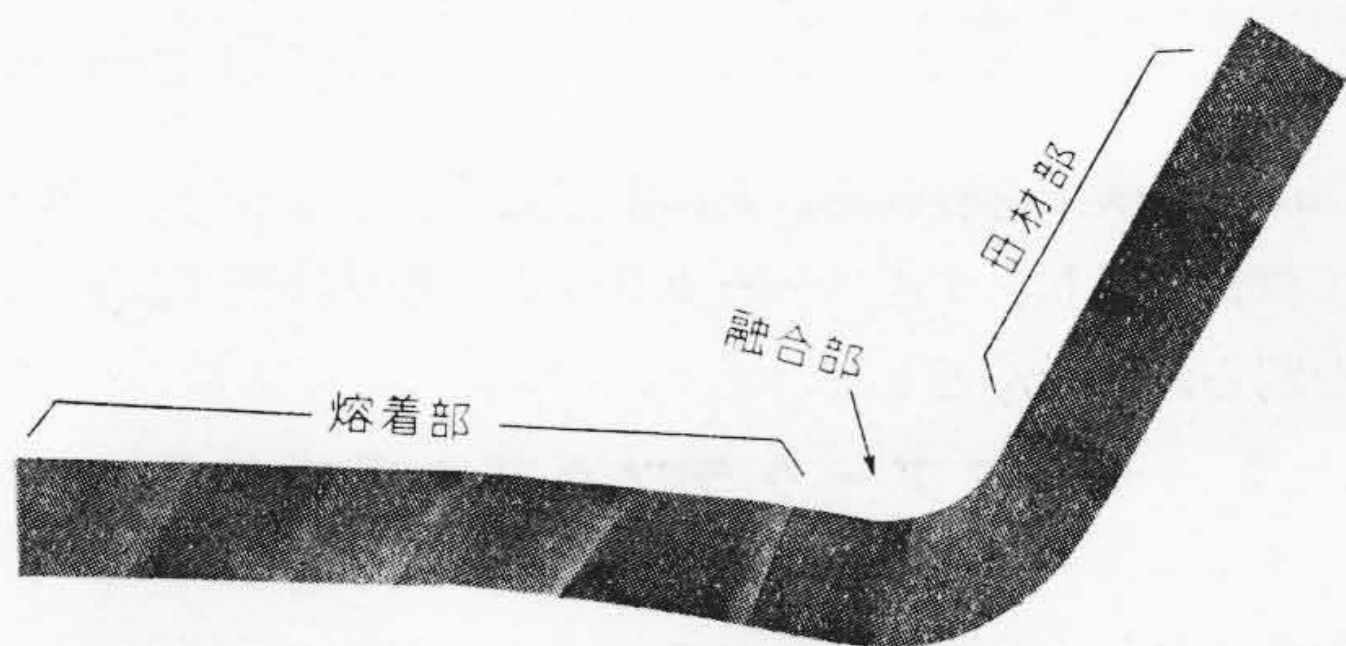
〔III〕 サルファークラック、線状破面の生成機構

(1) 実験の方法

自動溶接に表われるサルファークラックの生成原因については、従来鋼材中のS偏析部が溶解凝固した場合に、結晶粒界に共晶温度の低い FeS が集積し、この部分が弱点となつて熱応力によつて亀裂するものと考えられている。しかるに本研究においてサルファークラックの発生部には必ずその被断面に、不良な軟鋼電弧溶接部に表われると同様な線状破面が認められたので、鋼材中のSのほか、電弧溶接に生ずる線状破面生成と同様な要因がサルファークラック発生の一原因となつてゐるのではないかとすることが考えられた。

軟鋼電弧溶接部に表われる線状破面の生成原因としては、水素の介在、熔融点の高い微細な非金属介在物の存在、冷却速度があげられており⁽¹⁾⁽²⁾、又結果的には線状破面を生成する場合にはその滲炭組織が異常組織を呈するといわれている。水素の影響については更に研究を進めることとし、こゝでは中根、安藤両氏の提唱される鋼の異常性、並びに非金属介在物特に酸化物の介在について調査して、電弧溶接の際の線状破面との関係性を明らかにせんとした。

実験試料としては、前章に用いたビード試験片を利用し、各種のフラックス、心線、溶接条件の異なる場合についてサルファークラック部の顕微鏡組織、滲炭組織の異常性の有無、並びに Permanganate-Dichromate-etching



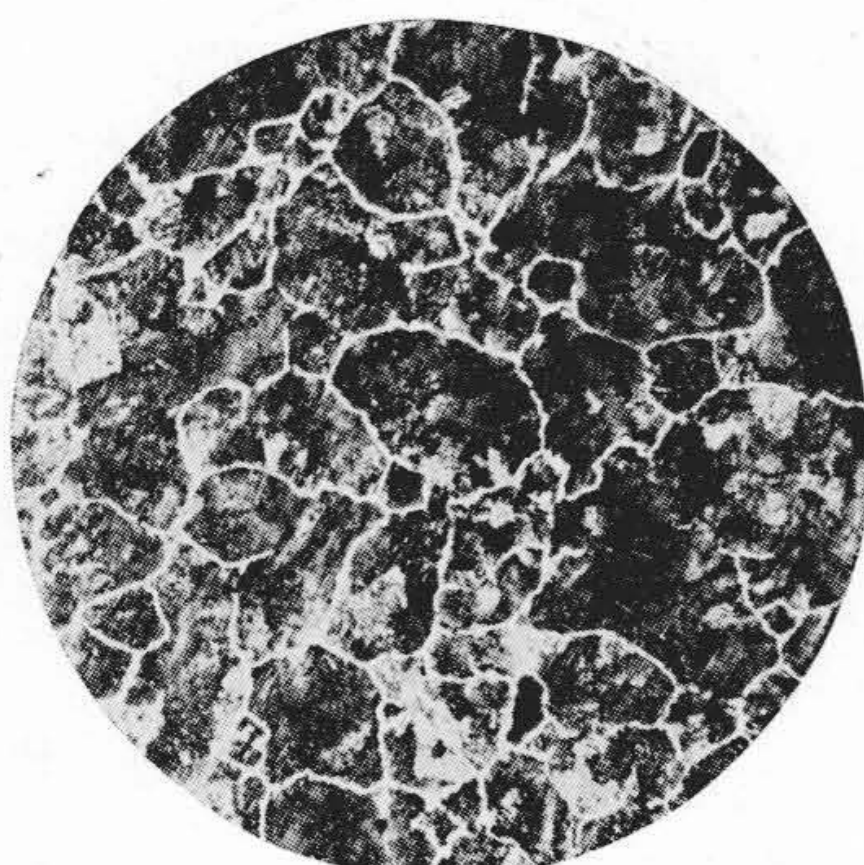
第6図 サルファークラックのパノラマ写真 (No.-etch)
Fig. 6. Panoramic Photograph of Sulphur Crack

〔熔接速度 (250 mm/min)〕

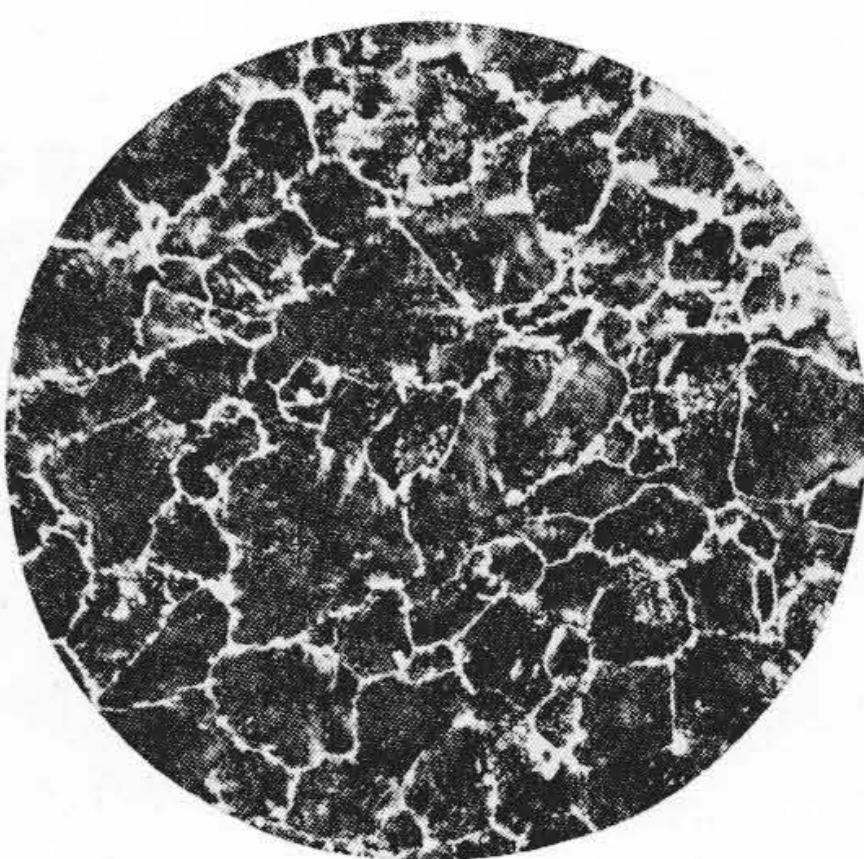
〔熔接速度 (651 mm/min)〕



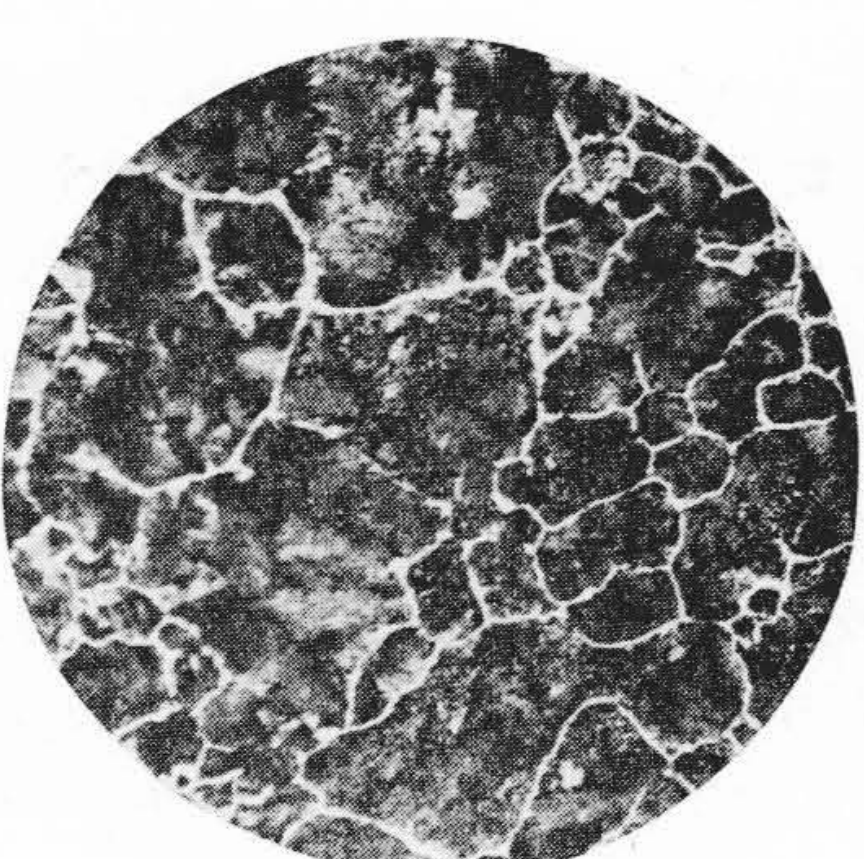
(a) フラックス Grade 20 心線 No.~36



(b) フラックス D 心線 No.~36



(c) フラックス K 心線 B~17



第7図 熔着鋼の滲炭組織
(腐蝕液=5% ピクリン酸アルコール溶液)

(×100)

Fig. 7. Carbonized Structures of Deposit Metals (×100)

法による酸素含有程度、更に熔着鋼の化学組成等について総合検討し、サルファークラック、線状破面生成機構を明らかにせんとした。

(2) サルファークラック部の顕微鏡写真

サルファークラック部の破面は中根氏⁽⁴⁾も認めている如くまさしく熔着鋼の凝固に於ける一次晶の粒界割れであつて線状破面である。その顕微鏡組織を検しても明らかにこのことは認めることが出来る。

第6図は倍率稍小に過ぎるがサルファークラックの発生経過、並びに上述の点が明瞭に理解出来るものと考えられる。

(3) 自動潜弧熔接部の滲炭組織

ビード試験片から約15×15×20mmの試料をとり、木炭粉末と BaCO₃ 6:4の割合に混じた滲炭剤を用いて、930°C 6時間加熱滲炭した。この試料のビードに直角な断面を研磨し、ピクリン酸ソーダ、或いはピクリン酸アルコールで腐蝕、顕微鏡組織を検した。前章の実験で最もサルファークラックの出易かつた熔接条件、750A-651mm/minのものと 750A-250 mm/minのものに対する滲炭組織を、第7図に示した。いずれもリムド鋼に対する熔接部である。

この結果は熔接速度、フラックスの如何にかゝらずその滲炭組織には大なる差異がなく、最も多くクラックの発生した grade 20 フラックスを用い、速度 615 mm/min の場合でも略々正常組織を呈している。然し特にサルファークラック部を検鏡すると、第8図の如く粗大な異常組織を示しており、これは数種のサルファークラックについて例外なく認められた。

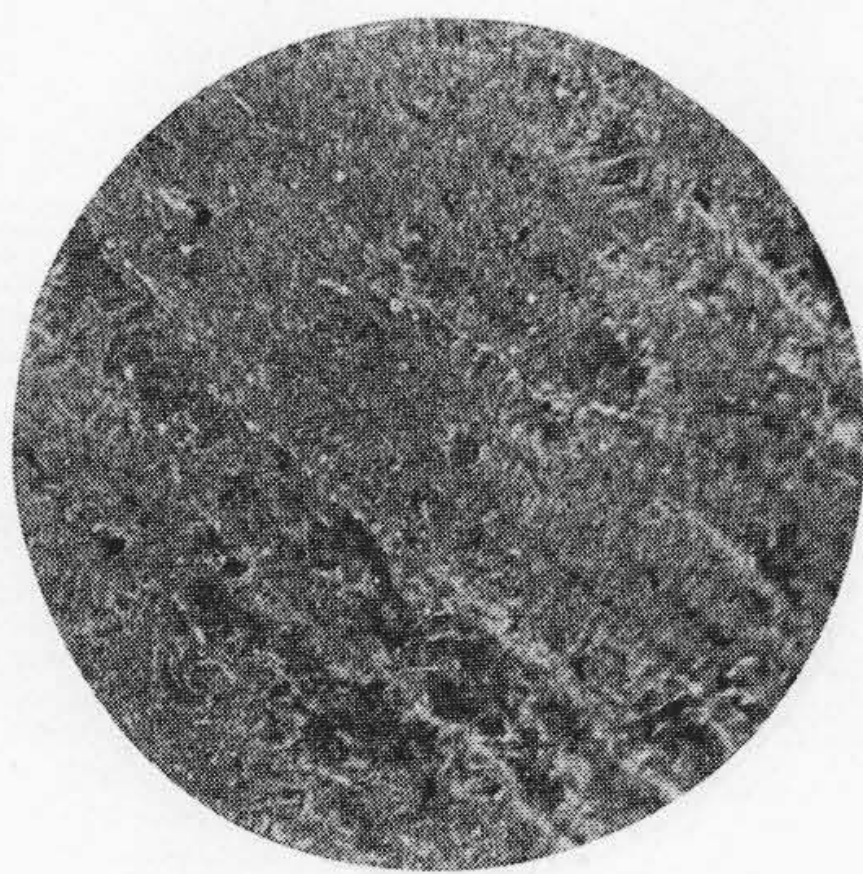
以上の実験結果から自動潜弧熔接部にサルファークラックを発生する場合には、クラックの周囲のみが局部的に異常組織となり、線状破面生成の原因が存在することが明らかになった。更に中根、安藤両氏⁽²⁾は、Körber および Oelsen 両氏による熔融鉄中の Mn および Si 濃度と脱酸生成物との平衡状態図を利用して、軟鋼電弧熔接部に於ける鋼の異常性、線状破面の生成に

ついて論じているが、自動潜弧熔接部に対して同様の推論を適用してみると下記の如くである。

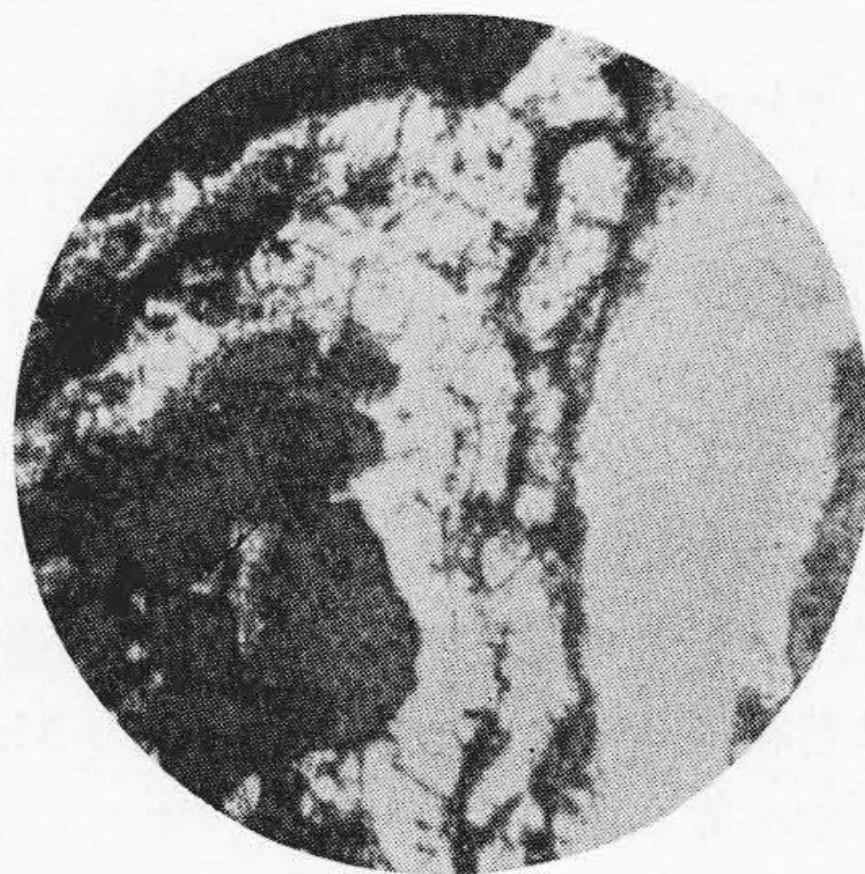
即ち第8表はフラックス、心線の組合せを前章の実験と同様にした場合のそれぞれの熔着鋼の化学分析結果の一例であるが、Mn, Si 量は熔接条件によつてかなり大きく変化するものであつて、更に多数の実験における分析値を含めて、Mn, Si 関係状態図中にそれぞれの Mn, Si 範囲を記入すると第9図の如くである。



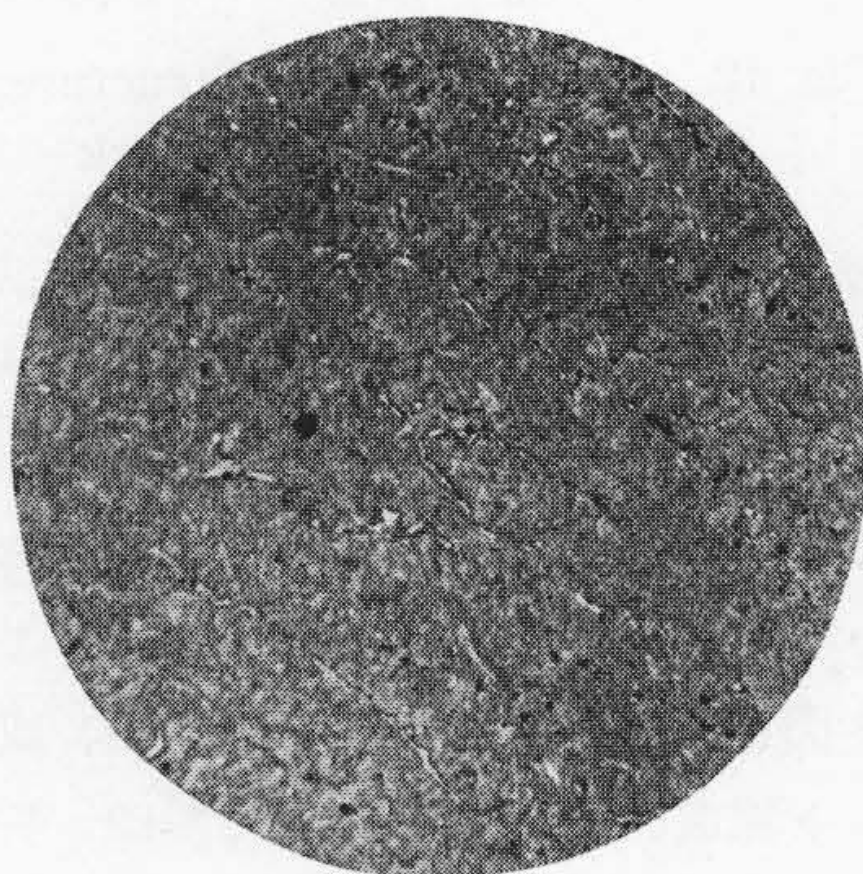
(A)



電流 500 A



(B)



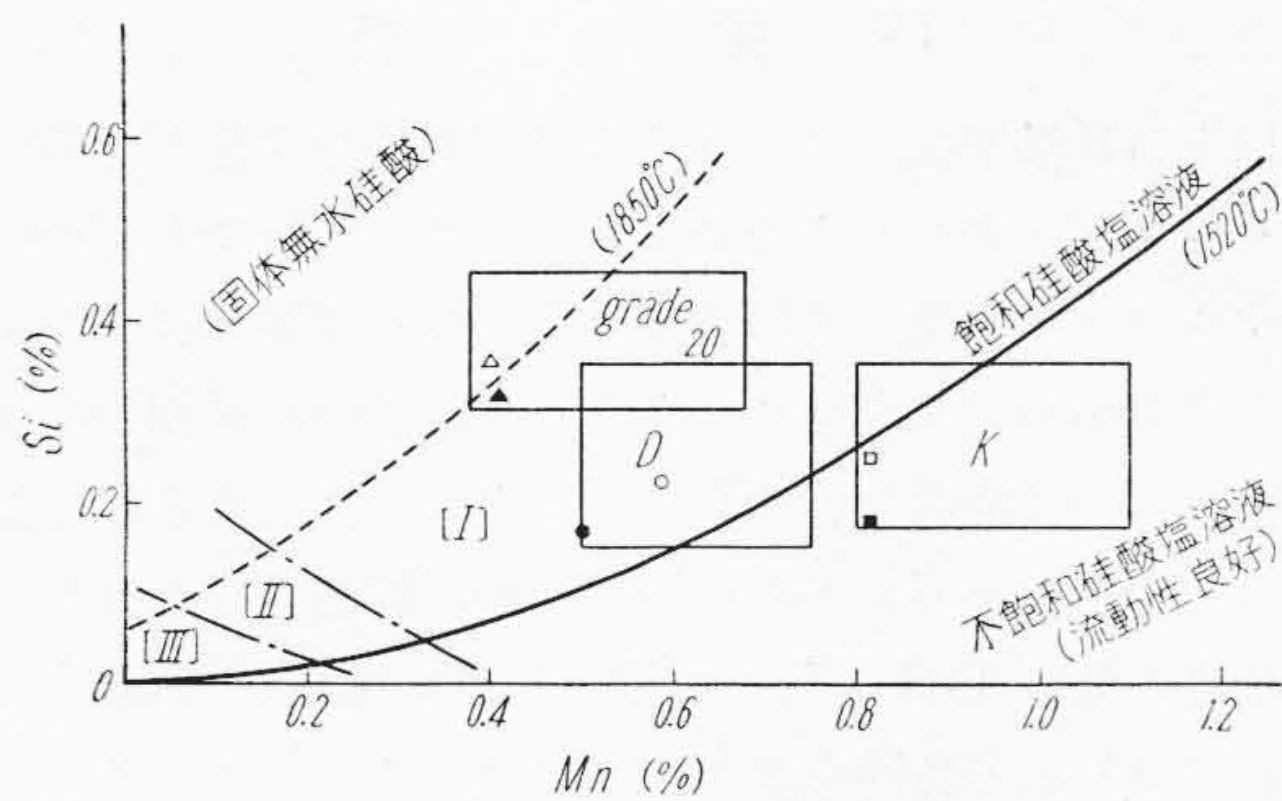
電流 750 A

第8図 サルファークラック近傍の滲炭組織 (×300)
(腐蝕液=5% ピクリン
酸アルコール溶液)

Fig. 8. Carbonized Structures around Sulphur Crack (×300)

第10図 潜弧熔着ビードの P.D. Etching 組織 (×100)
(フラックス: Grade 20
熔接速度: 651mm/min)

Fig. 10. P.D. Etching Structures of Submerged Arc Welding Bead (×100)



第9図 熔着鋼の Mn-Si 関係図

Fig. 9. Mn-Si Relation Curve of Weld Metal

これによると K フラックスによる場合には Körber, Oelsen の状態図によつても不飽和硅酸塩溶液を生ずる界域にあり、他のフラックスの場合にも安藤氏⁽⁵⁾の提唱する 1,850°C 平衡に於ける不飽和界域に入っており、又正常組織を呈する範囲界域 [I] に含まれている。従つてこ

れ等の熔着鋼は平均的にはすべて正常組織を呈するものであつて滲炭実験結果と一致している。

然し grade 20 及び D の場合は、1,520°C 平衡では飽和界域にあり、特に grade 20 では一部 1,850°C 平衡において固体無水硅酸生成域に存在する場合もあるので異常組織発生の危険が多いといわねばならぬ。又サルファークラック部においては、Mn は MnS の形態をとり、脱酸剤として有効に作用する Mn の含量は著しく減少すると考えられるので、grade 20, D 等のフラックスの場合には局部的に固体無水硅酸域、或いは界域 [II] 及び [III] の範囲内に入つて異常性を呈し、線状破面生成の要因を作るものと思われる。

(4) 酸素介在量の検討

Permanganate-Dichromate etching は酸素の偏析を検出する方法とされており、この腐蝕部の顕微鏡組織に於て光沢ある白色部が生じた場合、その部分には多量に酸素が介在し各種の酸化物が集積されていると説明されている⁽⁶⁾。

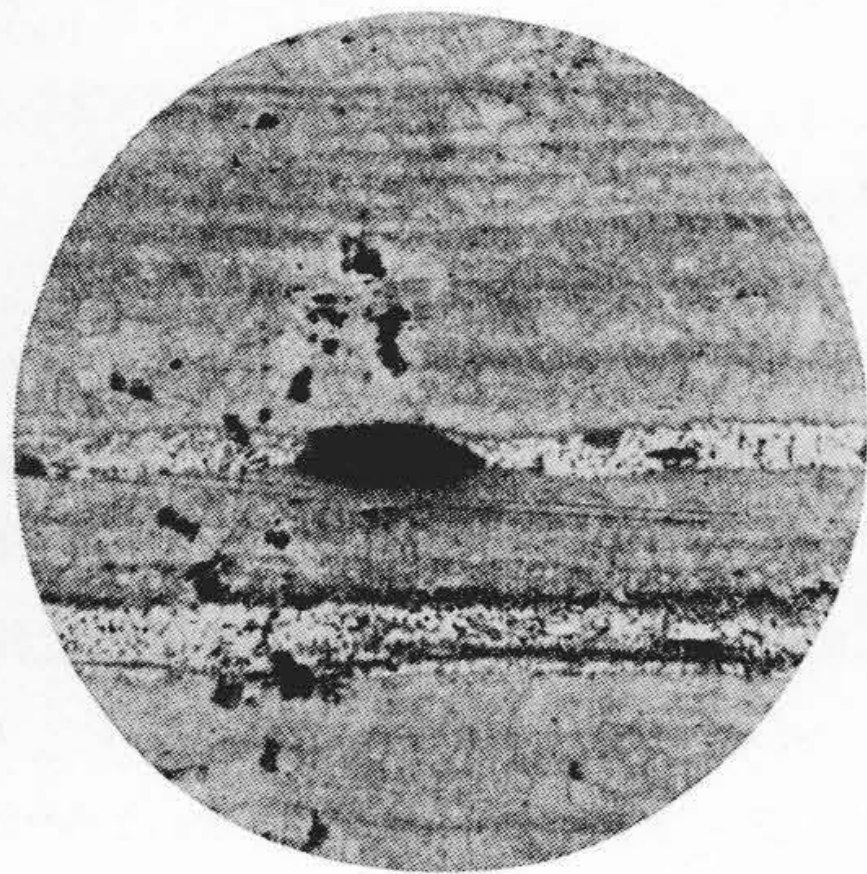
第10図は滲炭実験に用いたと同様の試料に対する P.D. etching 部の顕微鏡写真であるが、熔接電流大なるものは小なるものに比して白色光沢部が多いようでありしかもこれが熔着鋼の柱状晶の生成方向と併行に走っている。この結果からサルファークラックを多く発生するものは酸素含有量もまた多いことが推定される。

第11図 (次頁参照) は一般に鋼材のゴーストライン、或いはサルファースバンドと呼ばれる部分の P.D. etching 写真であるが同様に太い白色バンドが検出され、この偏析層には同時に酸化物の介在がきわめて多いことが証明される。

第8表 熔着鋼の化学成分 (%)

Table 8. Chemical Composition of Deposit Metals

フラックス	Si	Mn	S	Mn/Si	Mn/S
Linde grade 20	0.36	0.40	0.026	1.11	16.9
	0.32	0.41	0.021	1.28	12.9
D	0.22	0.59	0.035	2.68	15.4
	0.16	0.45	0.035	2.81	19.5
K	0.25	0.81	0.018	3.24	45.0
	0.17	0.81	0.024	4.77	33.8



第 11 図 リムド鋼母材の P.D. etching 組織 (×100)
Fig. 11. P.D. Etching Structure in Rimmed Steel



第 12 図 サルファークラックの P.D. etching 組織 (×100)
Fig. 12. P.D. Etching Structure around Sulphur Crack

又第12図はサルファークラック部の組織であるが、亀裂の周辺に白色光沢組織が検出され、サルファークラック部には明らかに酸化物の介在が多いことが知られた。

(5) サルファークラック、線状破面の生成機構

自動溶接におけるサルファークラックは、母材偏析部に含まれる多量の S によつて重要な生因を与えられることは明らかであるが、サルファーバンド部或いはサルファークラック部は P.D. etching により多量の酸化物を介在し、又その滲炭組織は異常性を呈し軟鋼電弧溶接部におけると同様な線状破面生成原因を共存することが明らかになった。

自動溶接は極めて短時間のうちに多量の母材を熔融凝固するので、母材が脱酸不十分で S 偏析層が存在する場合、grade 20 程度のフラックスでは溶着鋼中の Mn 含量が低く、熔融された偏析部の脱酸精練、脱硫作用が不十分で FeS の悪影響を阻止し得ず、所謂サルファークラックの生因となること、及び一部の Mn が MnO, MnS となつて失われる結果、溶着鋼に固溶する Mn は著しく僅少となり、第9図に示す固体無水硅酸界域或いは異常組織界域の組成となつて線状破面生成原因を共存し、益々亀裂発生頻度を増加するに至るものと考えられる。

(6) 溶接諸条件によるサルファークラックの防止について

溶接条件を適当に変化することによつてサルファークラックを或程度防止し得ることは前章で明らかにし、これらの場合には線状破面も表われないことは先にも記した通りである。第8表中にフラックス、心線の組合せを変化した場合の溶着鋼の Mn/S の値を併記したが、これによると K フラックスは他に比べるとその値の著しく大であることが知られる。このことから溶着鋼において母材の偏析部に含まれた多量の S は大部分 MnS の形

態をとり亀裂発生を抑制し、又このフラックスは、焼成フラックスであるため、筆者の他の実験によれば発熱反応大で溶込浅く更に半熔融温度範囲大であることから、脱酸も有効に行われ酸化物その他の不純物を除去するのでサルファークラックを防止し、又線状破面も生成しないものと考えられる。

次に grade 20 等のフラックスを使用しても、溶接速度、電流等の小なる場合はサルファークラックをあまり発生しない。サルファークラックの破面が線状破面である以上必ず柱状晶を晶出するに必要な冷却速度が与えられた

わけであるが、実用範囲内では如何に速度を小にしても柱状晶の晶出を避けることは出来ない。従つてサルファークラックの生因として専ら溶着鋼の冶金的性質が第一義的なものであることは中根氏も論ぜられている点である⁽⁴⁾。然しこのような条件をとる場合には母材の熔融量が少いか、或いは熔融時間が長いために心線中の Mn による脱硫、脱酸作用が或る程度よく行われ、加えて冷却速度の減少は、線状破面に対しては過冷を防ぐことにより、亀裂に対しては熱応力を減少することにより、その発生を或る程度防止することが出来るという考え方によつて説明出来るものと考えられる。

尚溶接条件としては電圧、開先形状等も実際作業上有効に調整して効果をあげ得るが、これについては次の機会に報告したい。

〔IV〕 結 言

以上自動溶接に於ける溶接諸条件を変化した場合のサルファークラックの発生頻度について研究し、ついでサルファークラックの発生する場合必ず線状破面を呈する事実から、サルファークラック及び線状破面の生成原因について究明し、サルファークラックは主として鋼中のサルファーバンドから溶着鋼中に熔融された S が共晶温度の低い FeS となつて結晶粒界に存在し、熱応力に対してきわめて脆性を与えることによるものであるが同時にこの部分には局部的に軟鋼電弧溶接部における線状破面生成原因と同様な事態が共存することにより益々亀裂発生危険を高めるものであることを明らかにした。

この結果から現状に於ける我国の鋼材を使用した場合に、サルファークラック防止のためにとるべき方策が略明らかなりなつたと信ずるものであるが、更に今後特長ある二・三のフラックスについて実験を行い不備の点を補いたいと考えている。

終りに臨み、本研究に対し多大の御教示と貴重な研究結果を参考にさせて頂いた鉄道技術研究所中根技官に厚く感謝の意を表し、御礼申し上げる次第である。

参 考 文 献

- (1) 岡田： 熔接学会誌 20, 21, 25, 55, 61, 146 昭 26-1-5

- (2) 中根、安藤： 熔接学会誌 17, 248, 320, 19, 96 昭 23-昭 25

- (3) 小林： 熔接学会誌 19, 249 昭 25-12

- (4) 中根： 鉄道技術研究所中間報告 3-15 昭 27-6

- (5) 安藤： 熔接学会誌 21, 58 昭 27-7

- (6) A.H. Hall: Metal progress July, 1946, 92

- Leslie, Fine: Metal progress January, 1946, 108

「日立評論」測定特集号

本誌では本年度より定期刊行の「日立評論」普通号の他に、第2回別冊として特集号を発行することになり、さきに別冊 No. 1 として「気体機関特集号」—圧縮機・送風機・冷凍機—を刊行好評を得ましたが、引続き近日別冊 No. 2 として「測定特集号」をお贈り致します。

内容は、日立製作所が誇る測定技術の成果と、測定機器に関する各種研究論文を収録、下記の通りの14編、すべて全日立の技術陣の精鋭をすぐつての論文揃い、本文約150頁、写真図面250余図をおさめた“測定図鑑”でもあります。発行は12月下旬の予定です。何卒本誌同様御愛読下さい。

尚本誌定期読者には必ず本社から御送附申上げますが、別冊のみ御希望の方にも特集号のみの分売も致しますから、至急予約申込み願います。

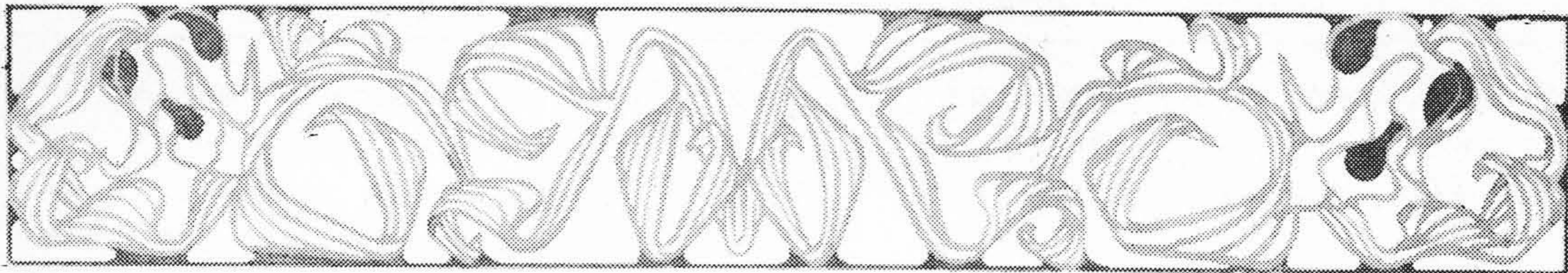
—◇内 容◇—

- ◎ 巻 頭 の 辞.....日立製作所・中央研究所長 菊 田 多 利 男
- ◎ 水 車 実 験 室.....日立製作所・日立研究所 山 崎 卓 彌
- ◎ 平衡蒸気法による絶縁紙中の微量水分と誘電特性の同時測定
- 日立製作所・日立電線工場 { 内 藤 正 之
佐 藤 春 枝
島 史 郎
- ◎ チセリウス装置.....日立製作所・多賀工場 黒 羽 逸 平
- ◎ 電子顕微鏡.....日立製作所・多賀工場 大 沼 嘉 朗
- ◎ 分光光電光度計.....日立製作所・多賀工場 麓 義 治
- ◎ 質量分析装置.....日立製作所・多賀工場 肥 後 八 郎
- ◎ X線電源用高抵抗分圧器について
- 日立製作所・亀戸工場 草 谷 晴 之
- ◎ 相互較正法による音響機器の絶対感度の測定
- 日立製作所・戸塚工場 西 山 静 男
- ◎ 超音波探傷機について
- 日立製作所・中央研究所 { 高 田 昇 平
安 藤 文 雄
- ◎ 絶対比色法による鉄鋼の化学分析
- 日立製作所・安来工場 { 高 堂 千 代 吉
中 村 信 夫
木 村 伸 伸
- ◎ ブラウン管に於ける螢光図形の写真撮影について
- 日立製作所・茂原工場 武 藤 寛
- ◎ 低圧流量計による真空漏洩測定法
- 日立製作所・中央研究所 近 藤 彌 太郎
- ◎ 高分解能電子顕微鏡廻析装置.....日立製作所・中央研究所 光 石 知 国

東京都千代田区丸ノ内1ノ4
(新丸ビル7階)

日立評論社

誌代特集号1冊 ¥100 円16
(振替口座東京 71824 番)



Vol. 35 日 立 評 論 No. 1

“昭和27年度に於ける日立技術の成果”

— 新年特集増大号 —

本誌恒例の新年特集号は「日立評論」(総まくり号)として愛読者諸兄よりの御好評を賜り復刊以来益々その内容の充実とともに、体裁、製本、印刷技術なども、愈々“工学技術研究誌”としての真面目を発揮し、毎年誌界のベスト・セラーとなつています。

就中、1953年度の新年特集増大号は“昭和27年度に於ける日立技術の成果”として、編集局は年来の経験と蘊蓄を傾けて半歳前から全日立製作所の技術陣を総動員しての準備を完了、本文450頁、写真図面800枚に及ぶ膨大なる“日立技術年鑑”の集大成であります。特に本年は下記の通りの内容により、その機種分類を簡潔に、本文論文の記述も明確に、文章も平易に統一致しました。

尙印刷活字の鮮明な点、写真、図面製版の精密性など高級印刷技術の粋を競うて他誌の追隨をゆるさぬ出来栄えを自負して、責任編集の実践につとめています。亦発行期日は、本年末には完成、新春1月早々愛読者諸兄のお手許にお贈りするため奔命しています。何卒相変らぬ御指導と御鞭撻を頂き、その発行日を御期待願います。

—◇ 目 次 ◇—

- | | |
|------------------------|--------------------------|
| 〔 I 〕 原 動 機 | 〔 XII 〕 掘 削 機 械 |
| 〔 II 〕 回転電気機器 | 〔 XIII 〕 鋤山用機械 |
| 〔 III 〕 静止電気機器 | 〔 XIV 〕 印刷機及びその他特殊機械 |
| 〔 IV 〕 配電盤及び制御装置 | 〔 XV 〕 化 学 装 置 |
| 〔 V 〕 家庭用電気機器及び工作用電気機器 | 〔 XVI 〕 冷房及び冷凍装置 |
| 〔 VI 〕 電装品その他自動車用品 | 〔 XVII 〕 理 化 学 機 械 |
| 〔 VII 〕 通 信 機 器 | 〔 XVIII 〕 鉄 道 車 輜 |
| 〔 VIII 〕 照明及び電子管 | 〔 XIX 〕 電 線 |
| 〔 IX 〕 圧縮機、送風機及びポンプ | 〔 XX 〕 絶縁材料及び炭素製品 |
| 〔 X 〕 ロール機及びロール | 〔 XXI 〕 鉄 鋼 製 品 |
| 〔 XI 〕 運搬荷役機械 | |

東京都千代田区丸ノ内1ノ4
(新丸ビル7階)

日 立 評 論 社

新年特集増大号誌代特価
1冊 ¥100 〒28
(振替口座東京 71824 番)