

## 鑄鐵の電弧熔接に關する研究

佐藤俊一

## Abstracts.

(a) The writer coated the various mixtures of graphite and carborundum on wrought iron bars and deposited a series of cast iron, from grey to white, by using the coated bars as electrodes.

(b) He conducted chemical analyses, hardness tests and microscopic examinations of the deposits and selected three kinds of electrodes suitable for grey cast iron welding.

(c) He determined the optimum quantities of the coating towards the bars, tested what effect we could have on welding by adding calcined borax, calcium carbonate and barium carbonate to the coating mixtures and also by changing the polarity, and found a curious phenomenon produced by barium carbonate.

(d) As the best condition, the writer obtained the following results: Each of the three kinds of mixtures of 6:4, 5:5, 4:6 of graphite and carborundum, and of 1% barium carbonate, —a substance which produced a curious phenomenon as mentioned in (c),— was reduced to paste by the solution of water glass (1:3) and coated the same on electrodes, 33 cm. long, 0.49 cm. diameter and 50 gm. mean weight each, through a glass tube of 8mm. inner diameter. The electrode thus obtained is to be used, connected to the negative pole of the generator.

(e) Chemical analyses, microscopic examinations, hardness tests, bending tests and pressure tests were conducted on the deposits of the best condition. That we can obtain, without preheating, deposits of cast iron of various composition, with low sulphur, low phosphorus and no hard zone, is the merits of the electrodes prepared by the writer.

## (1) 緒言 鑄鐵の電弧熔接は次に示す人々に由つて研究された。

Braune (1), D. E. Lamberton (2), P. Schimpke (3), O. A. Kenyon (4), Gale Manufacturing Co. (5), O. Wedemeyer (6), A. M. Candy (7), H. Neese (8), S. W. Miller (9), G. O. Carter (10), American Welding Society (11), W. H. Namack (12), M. Lebrun (13), W. Achenbach (14), A. H. Jansson (15), H. Kochendörffer (16),

著者は鑄鐵を以て作りたる電極を用ひず、Alloy Welding Processの方法を利用して、鐵棒の上に、カーボランダム及黒鉛の種々の混合物を塗布して、電極に用ひ熔接作業を行ひ、白鉄鐵より鼠鉄鐵に至る各種の鑄鐵を膠着せしめることを得た。而して炭酸バリウムの不思議の作用を見出した。

## (2) 電弧熔接棒の製作 長さ 33 cm、徑 0.49 cm、平均 1 本 50 gr の 1 本の丸鐵棒を電極に用ひた、このもの、化學分析は第一表に示す。

第一表 電極の化學分析

炭素	硅素	滿俺	磷	硫黄
0.040%	0.054%	0.09%	痕跡	0.02%

- (1) Braune (Iron and Steel Institute 1901, No. 2, p. 484.)
- (2) D. E. Lamberton (Stahl und Eisen 1909, Nr. 52, s. 2055.)
- (3) P. Schimpke (Stahl und Eisen 1915, Nr. 15, s. 385. und Nr. 50, s. 1274, Sthl und Eisen 1926, Nr. 34, s. 1141.)
- (4) O. A. Kenyon (Iron Age 1920, vol. 105, p. 12.)
- (5) Gale Manufacturing Co. (Foundry 1920, 15, May, p. 383.)
- (6) O. Wedemeyer (Stahl und Eisen 1920, Nr. 51-52, s. 175.)
- (7) A. M. Candy (Iron and Steel Trade Review, 1921, 24, Mar. p. 829)
- (8) H. Neese (Stahl und Eisen 1922, Nr. 31, s. 1193.)
- (9) S. W. Miller (American Iron and Steel Institute 1921, Nov. 287.)
- (10) G. O. Carter (Iron Age 1922, Apr. 6, vol. 109, p. 928.)
- (11) American Welding Society (Iron Age 1922, 12, Oct. p. 929.)
- (12) W. H. Namack (Jour. of the American Welding Society, Nov. 1922, vol. 1, p. 7.)
- (13) M. Lebrun (Revue de Métallurgie Tome 20, 1923, p. 248.)  
Revue de Métallurgie Tome 21, 1924, p. 484.
- (14) W. Achenbach (Giesserei Zeitung 1924, 21, Nr. 19, s. 417.)
- (15) A. H. Jansson (Iron Trade Review 1924, 74, No. 25, p. 1632.)
- (16) H. Kochendörffer (Stahl und Eisen 1927, Nr. 47, s. 703.)

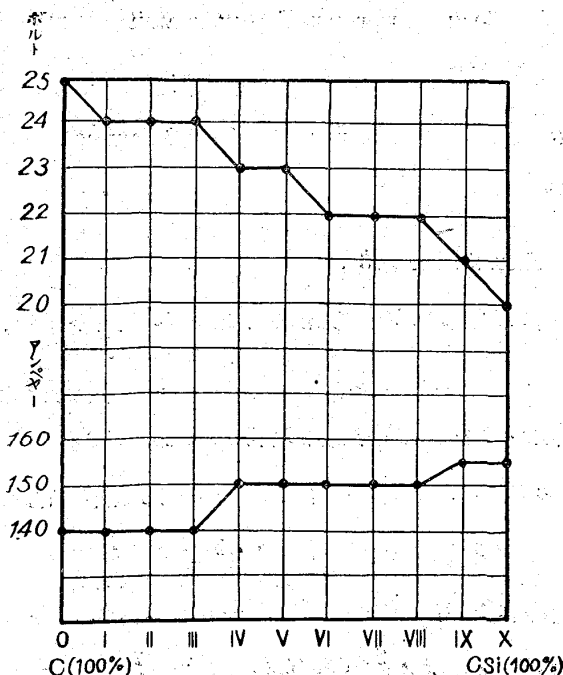
この各棒に1耗徑のアスベスト紐を0.5瓦巻きて第二表に示す割合の黒鉛及カーボランダムを3倍に稀釋せし水硝子液にて糊状となし9耗徑の硝子管を通して一定の太さに被覆した、而してこの11種の溶接棒を0 I, II...X と名づけた。

第二表 溶接棒に於る被覆劑の配合割合

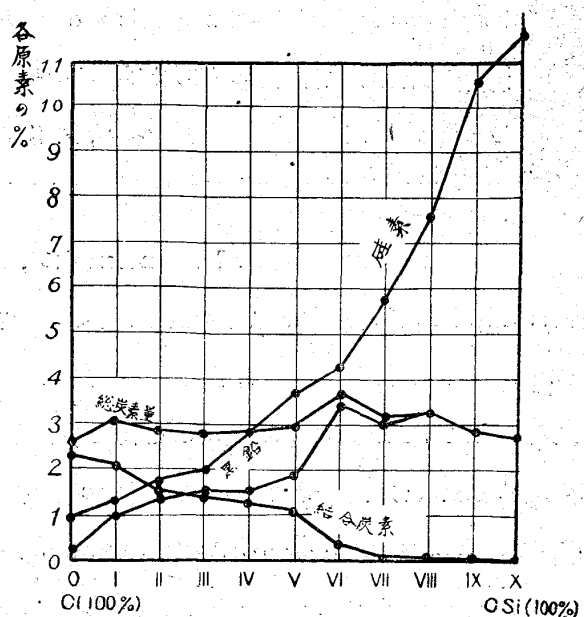
溶接棒の名稱	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	XI	X
黒鉛(百分率)	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
カーボランダム(百分率)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

(3) 各種鑄鐵の電弧溶接 上記の11本の電極を正極として用ひ、鋼鐵板上に鑄鐵を膠着せしめた、このときの電壓及電流は、第一圖に示す、この圖にて横軸は電極の種類と黒鉛及カーボラン

第一圖



第三圖



第 二 圖



ダムの百分率を示す、(第二圖第三圖も之に準ず)縦軸、電壓と電流を示す。

(4) 各種鑄鐵の顯微鏡組織 第二圖は 11 種の電極を用ひて得たる膠着鑄鐵の顯微鏡寫眞なり、この寫眞を見るに白鉄より鼠鉄鐵に到る各種の鑄鐵を得られたることを知る、この圖にて右側のは、腐蝕せざる組織を示し左側のは 2%の硝酸アルコール溶液にて腐蝕せしものなり。

第三表 各種熔接桿に由る膠着鐵の化學分析

熔接桿 の名稱	總炭素量 (%)	黒鉛 (%)	結合炭素 (%)	硅素 (%)	滿俺 (%)	磷 (%)	硫黃 (%)
0	2.546	0.221	2.325	0.14	0.090	痕跡	0.045
I	3.073	0.973	2.100	1.239	痕跡	痕跡	0.037
II	2.844	1.320	1.520	1.780	0.220	痕跡	0.036
III	2.765	1.375	1.390	2.049	0.119	痕跡	0.024
IV	2.831	1.493	1.338	2.815	痕跡	痕跡	0.019
V	2.989	1.875	1.114	3.641	0.103	痕跡	0.029
VI	3.634	3.356	0.278	4.258	0.043	痕跡	0.018
VII	3.177	3.011	0.116	5.819	0.073	痕跡	0.014
VIII	3.240	3.240	0	7.621	0	痕跡	0.022
IX	2.820	2.820	0	10.600	0	痕跡	0.022
X	2.748	2.748	0	11.580	0	痕跡	0.023

(5) 各種鑄鐵の化學分析 上記の 11 種の膠着鐵の化學分析の結果は第三表と第三圖に示す、普通の鑄鐵中にある磷や硫黃の有害作用はこの膠着鐵には考へなくてもよいことを知る。

(6) 各種鑄鐵の硬度 3,000kg の荷にて、行ひたる試験のブリネル硬度數は、第四圖に示す。

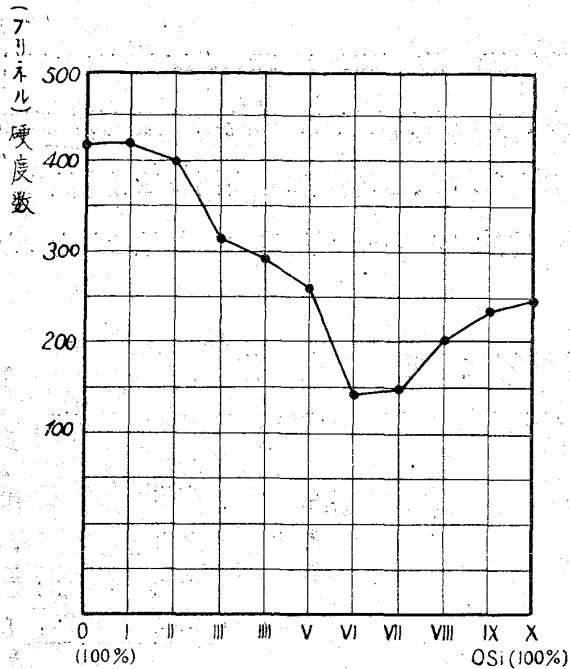
(7) 鑄鐵熔接に於ける實用上の問題

鼠鉄鐵の熔接に用ふることの出来る熔接桿は第 IV、第 V 第 VI であることを知りし爲に更に次の試験を行ひたり。

(a) 1 本の熔接桿に要する被覆劑の量第 VI 熔接桿に用ひし被覆劑を鐵棒に對して 3 種の異なる量の塗布を試みたり、即

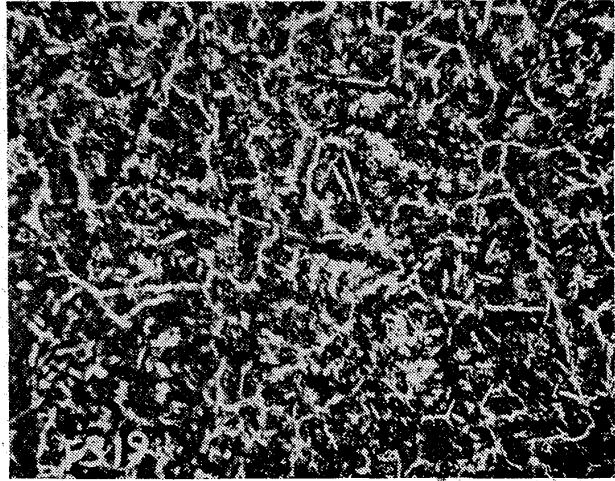
(1) 9 耗徑の硝子管を通せしもの、即前述の第 VI 熔接桿である (2) 8 耗徑の硝子管を通して塗布を行つたもので第 VI 熔接桿と名づく、このものは作業の點に於てもその結果に於ても、第 VI 熔接桿の場合よりも良好である、このことから第 VI 熔接桿に過多の被覆劑あることを知る。(3) 7 耗

第 四 圖



第 五 圖

熔接棒 \ I' を用ひし膠着鐵の顯微鏡寫眞  
× 100. 硝酸腐蝕



徑の硝子管を通して塗布せしもので之を VI' 熔接棒と名づく、このものを用ひて熔接作業を行ふ

ときは炭素多き鋼を膠着せしめる事となり、このことから第 VI' 熔接棒には被覆劑が過少なることを知る、かくして得た炭素多き膠着鋼の化學分析は第四表にあり、

第 四 表 膠 着 鐵 の 化 學 分 析

熔接棒の名稱	總炭素量 %	黒鉛 痕跡	硅素 %
VI'	1.310		1.68

その顯微鏡組織は第五圖に示す。

以上のことからこの第 VI' 熔接棒は鑄鐵熔接には被覆過少にして不適當なることを知る。

(b) 硼砂、炭酸カルシウム、炭酸バリウムの影響、熔融膠着鐵の流れを良好ならしめ従つて作業を容易ならしめん目的にて、第 VI' 熔接棒の被覆劑中に硼砂、炭酸カルシウム、炭酸バリウム等を各々 3% 加へて、熔接棒を正極にして試験せしも何等の好結果を得ざりき。(c) 豫熱の影響、豫熱の温度高ければ高き程作業は容易となることを知る。(d) 極の變更及 1本の熔接棒の融解時間、豫熱することを避けたき目的にて次の實驗を行つた、それは、第 VI' 熔接棒の各々硼砂 3% 炭酸カルシウム 3%、炭酸バリウム 3%を含む、ものを正極又は負極にして熔接作業を行ひ、電壓、電流及 1本の熔接棒の熔融するに要する時間を測定してみた此結果は第五表に示す

第 五 表 1 本の熔接棒の消耗時間及熔接の際の電壓及電流

熔接棒の名稱	時 間		電 壓		電 流	
	熔接棒正極	熔接棒負極	熔接棒正極 ヴォルト	熔接棒負極 ヴォルト	熔接棒正極 アシベキア	熔接棒負極 アンペーア
V'	3 分 30 秒	2 分 10 秒	24	20	140	150
VI' (硼砂 3% 含みしもの)	3 分	2 分 20 秒	24	20	140	150

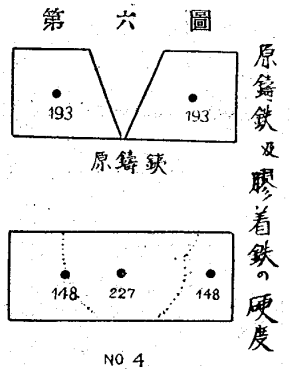
VI' (炭酸カルシウム 3% 含みしもの)	3分 10秒	2分 30秒	24	22	140	145
VI' (炭酸バリウム 3% 含みしもの)	3分	5分 30秒	24	22	140	130

これを見るに炭酸バリウム 3% を含みし被覆剤を有する熔接棒を負極に用ひて作業せし場合は他の場合に比較し 1 本の熔接棒が融解するに約 2 倍の時間を要し、作業容易にして全く豫熱を必要とせず、このバリウムを含みしものを負極として用ひしとき起る現象は甚だ面白きことと考へられる、このことは 1% 炭酸バリウムを含む場合にも同様に起る。

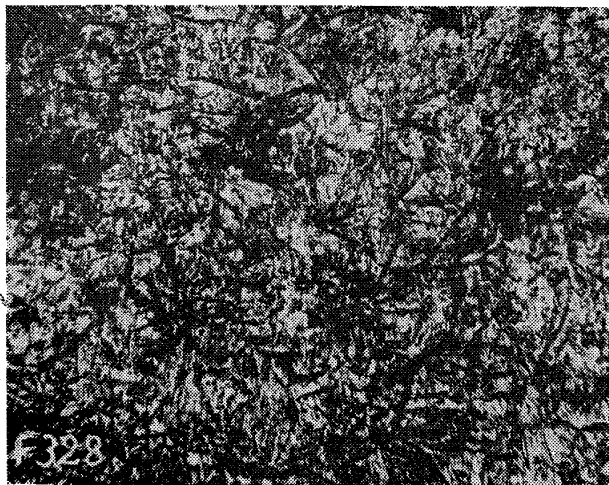
(e) 最適条件、第 IV' 第 V' 第 VI' 熔接棒の被覆剤中に各 1%

第六表 膠着鐵及原鑄鐵の化學分析

熔接棒の名稱及原鑄鐵	總炭素 %	黒鉛 %	結合炭素 %	珪素 %	滿侘 %	磷 %	硫黃 %
原鑄鐵	3.413	2.689	0.737	1.905	0.286	0.251	0.04
4	3.573	2.515	1.058	3.014	痕跡	痕跡	0.02
5	3.906	3.402	0.504	4.317	痕跡	痕跡	0.02
6	3.438	3.402	0.036	5.719	痕跡	0.202	0.02



の炭酸バリウムを加へて作りし熔接棒を第 4 第 5 第 6 熔接棒と名づけてこれらを負極として鑄鐵試験片に熔接作業を行ひたり、その時の膠着鑄鐵の化學分析は第六表に示す、硬度試験の結果は第六圖に示す、これを見るに膠着鐵と原鑄鐵の境にはセメントイトに由る堅き層を作ることなし、第 4 第 5 第 6 熔接棒を用ひて得たる膠着鑄鐵の顯微鏡組織は夫々第七圖、第八圖、第九圖に示し、是等と原鑄鐵との境の顯微鏡組織は夫々第十圖、第十一圖、第十二圖に示す、第十三圖には原鑄鐵の顯微鏡寫眞を示し、第十四圖には、熔接部の肉眼組織を示す。



第七圖

熔接棒 4 を用ひし膠着鐵の顯微鏡寫眞  
×100 硝酸腐蝕



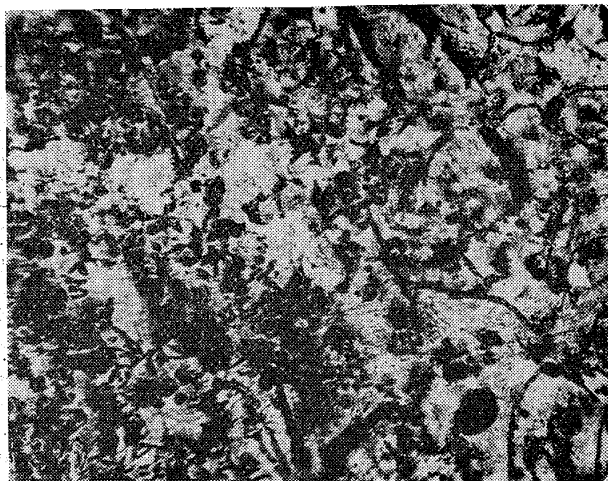
第八圖

熔接棒 5 を用ひし膠着鐵の顯微鏡寫眞  
×100 硝酸腐蝕



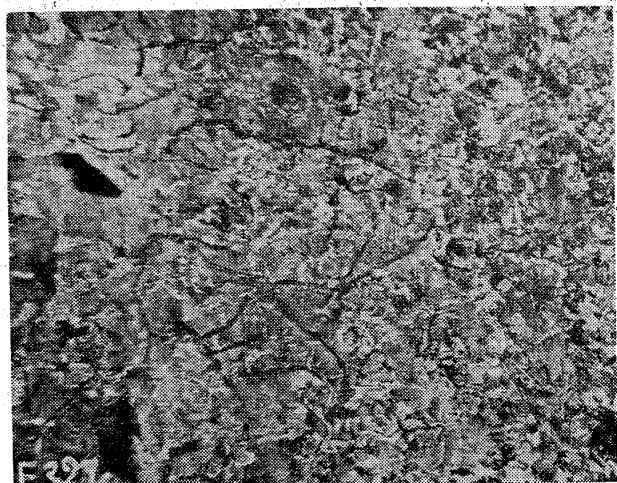
第九圖

熔接桿 6 を用ひし膠着鐵の顯微鏡寫眞  
×100 硝酸腐蝕



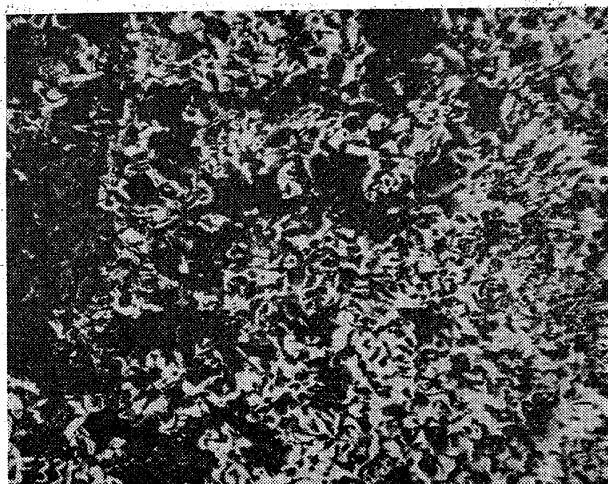
第十一圖

原鑄鐵と熔接桿 5 を用ひし膠着鐵との境の顯微鏡寫眞  
×100 硝酸腐蝕



第十圖

原鑄鐵と熔接桿 4 を用ひし膠着鐵との境の顯微鏡寫眞  
×100 硝酸腐蝕



第十二圖

原鑄鐵と熔接桿 6 を用ひし膠着鐵との境の顯微鏡寫眞  
×100 硝酸腐蝕

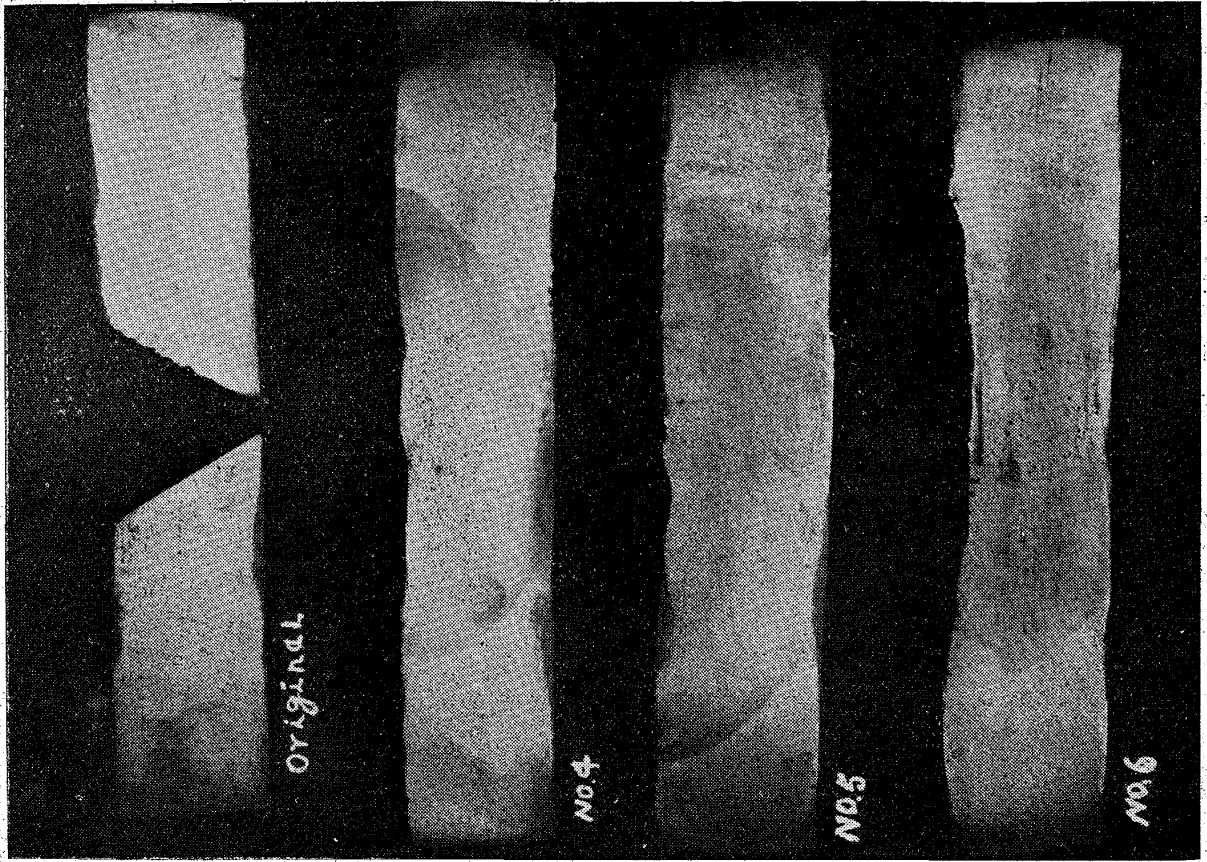


第十三圖

原鑄鐵の顯微鏡寫眞 ×100 硝酸腐蝕

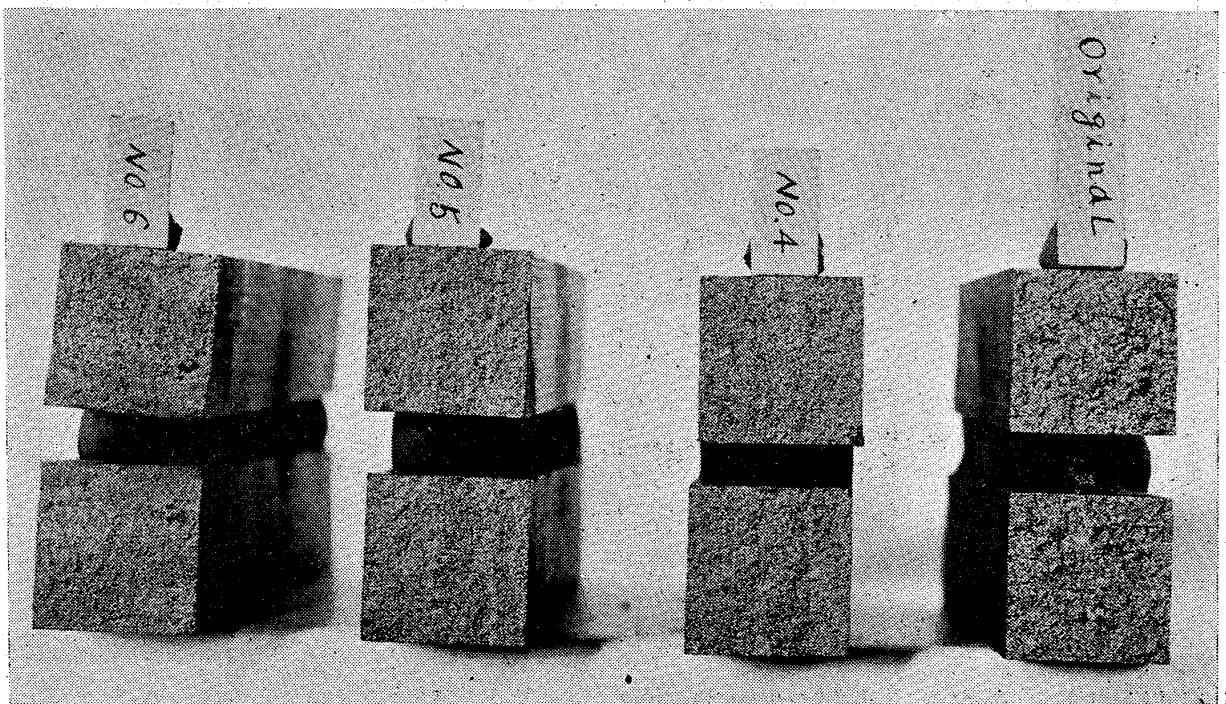
第十四圖

熔接前の原鑄鐵及 4. 5. 6. の電熔接桿に由る膠着鐵の肉眼組織腐蝕せず (實物大)

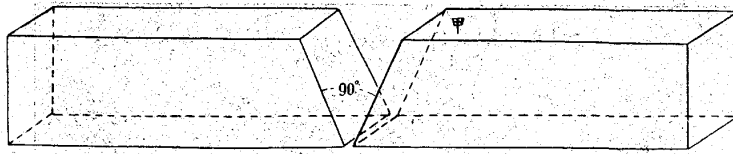


第十五圖

原鑄鐵及 4. 5. 6. の熔接桿を用いたる膠着鐵桿の屈撓試験後の破面 (實物大)



(f) 最適條件に由る膠着鐵の屈撓試験第 4. 第 5. 第 6 の熔接棒を用ひ、これ等を負極として左  
鑄鐵試驗片



に示す、鑄鐵試験片に熔接を行ひ、奥  
行 3/4" 幅 3/4"、長さ 8 吋の鑄鐵棒を切り  
取りて、支點間の幅を 6 吋として上圖の

第七表 原鑄鐵及膠着鐵の彈性率及最大内力

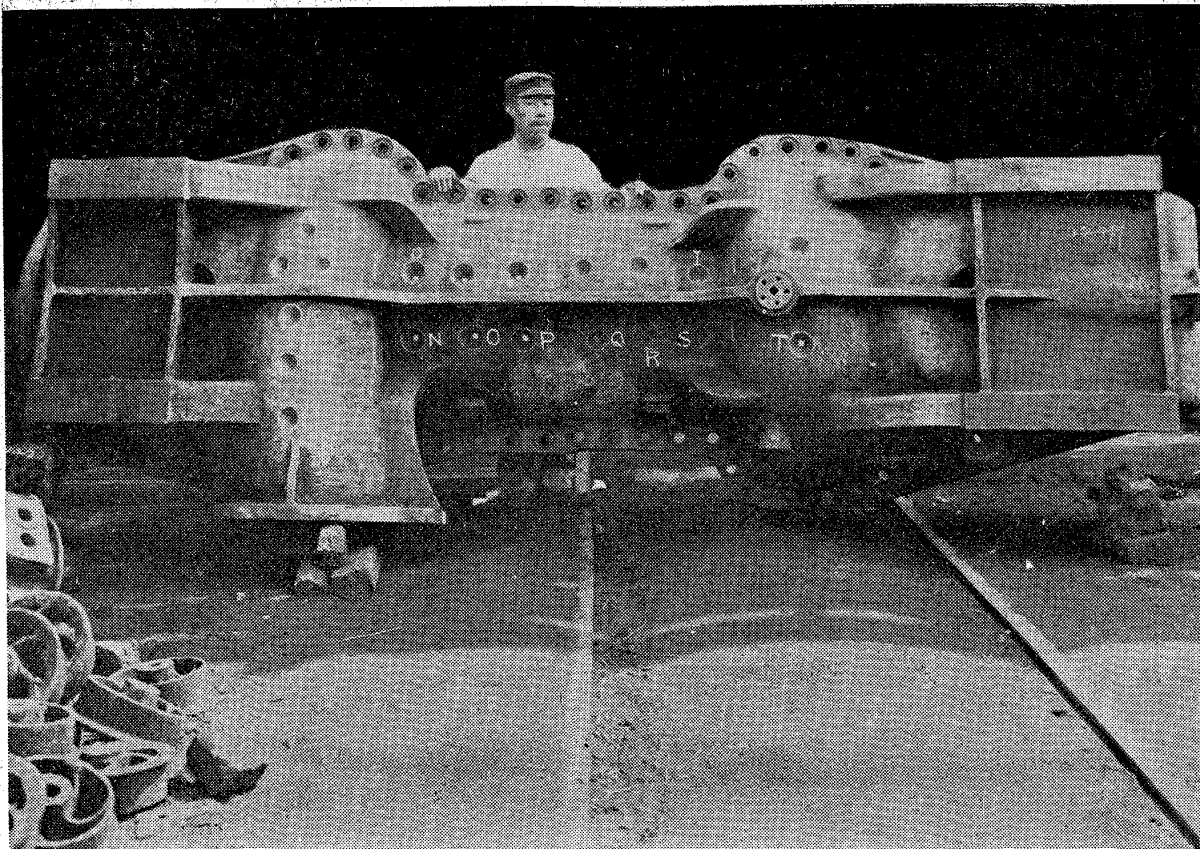
	原鑄鐵	4 による膠着鐵	5 による膠着鐵	6 による膠着鐵
彈性率 平方吋/噸	5310	5330	5320	4990
最大内力 平方吋/噸	22.4	26.2	24.3	19.1

甲部をテンションサイドとして光學鏡を用ふる方法に由り屈撓試験を行ひたり上記の結果より彈性率  
及最大内力を計算して第七表に示す、第十五圖にこれら 4 種の鑄鐵の破面を示す、

(g) 最適の條件に由る膠着鐵の水壓試験、

第十六圖に示すが如きタービンケーシングに穴をあけ第十七圖に示す如く熔接作業を行ひて水壓試  
験をなし、130 lbs/平方吋の結果を得たり、

第十六圖

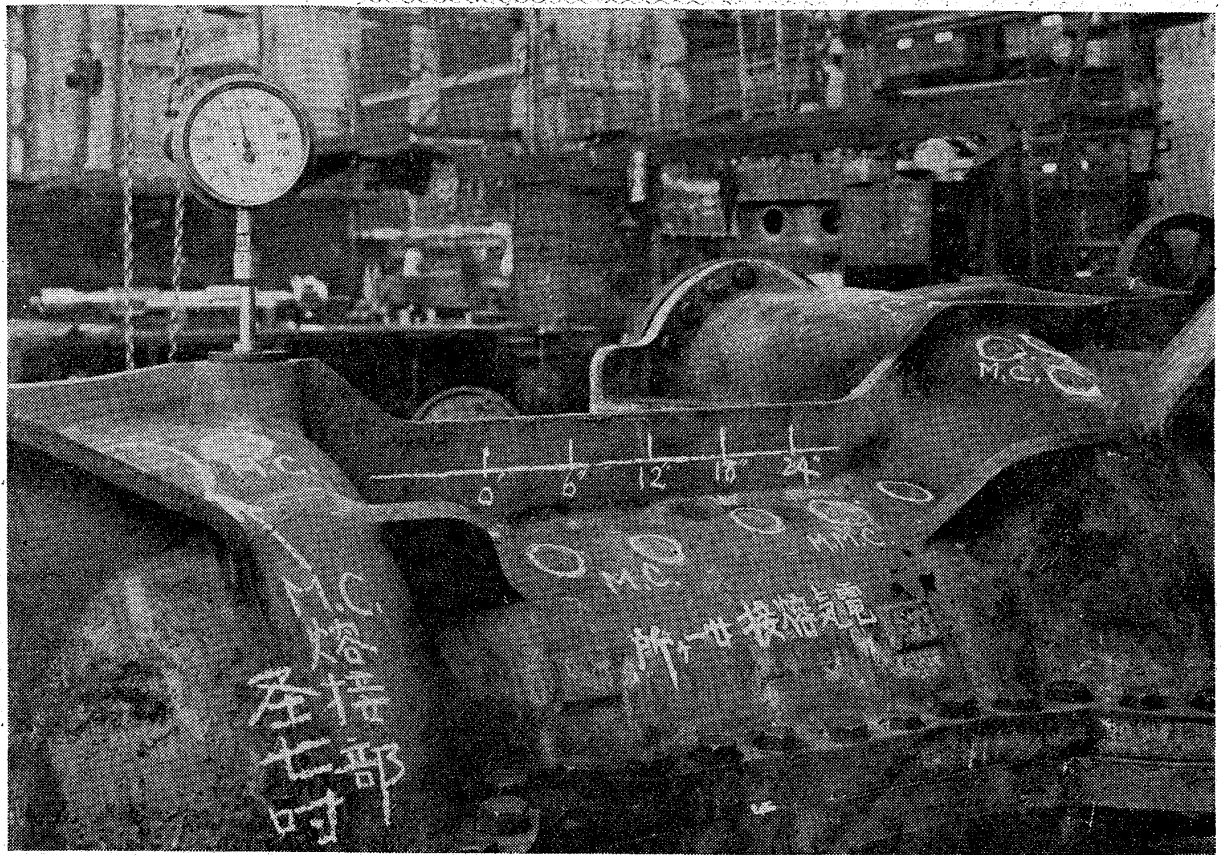


8 要 領

(a) 黒鉛とカーボランダム種の混合物を被覆劑に用ひたる熔接棒にて電氣熔接を行ひ白銑鐵よ  
り鼠銑鐵に到る、各種の膠着鑄鐵を得たり。



第十七圖



(b) これらの各種膠着鑄鐵の化學分析、硬度試験、顯微鏡試験を行ひ、各種の中より、鼠鉄の熔接に用ひ得べき熔接桿3種を選び出せり。

(c) この3種の熔接桿を鼠鉄の熔接に適用し、同時にこの3種の熔接桿の被覆劑の鐵棒に對する適當量を定め、硝酸、炭酸カルシウム、炭酸バリウムに對する影響を試験し、又極を逆にせし場合を試験し、炭酸バリウムの不思議の作用を見出し、これを利用し最もよき條件を求めたり。

(d) 即上記の各種の配合と操業方法を實驗したる後、最適條件として黒鉛とカーボランダムをそれぞれ6:4、5:5、4:6の割合に混じこれに1%炭酸バリウムを加へたるものを被覆劑に用ひ極軟鋼(徑0.49cm、長さ33cm)に0.5瓦の徑0.1cmのアスベスト紐を捲き3倍に稀釋せる水硝子液にて上記の被覆劑を糊狀にして被覆し得たる3種の熔接桿にてこれらを負極として熔接を行ふものとす。

(e) 上記の3種の熔接桿にて鼠鉄片に熔接を行ひ屈撓試験、硬度試験、化學分析、顯微鏡試験、水壓試験を行ひたり、原鑄鐵と膠着せる鑄鐵の境に硬き層を作らざること、低硫、低磷の鑄鐵を膠着し得ること及任意の組成の膠着鑄鐵が得らるゝことを知る、これ等は此の熔接桿の特長なりとす、終りに臨み本研究に御指導を給はりし依教授に深謝す。(終り)