又研究遂行に當り協力せられた助教授小林卓郎君及び
實驗遂行に當り努力せられた研究補助古郷茂君、

麻生直夫君、研究生米井滉君、與田得二君に厚く御
禮を申上げる次第である。

// 軌條フラッシュ・バット熔接法の研究

正 員 大 谷 碧*

内 容 梗 概

熔接諸元並に熔接後の熱処理法を異にする大型軌條フラッシュ・バット熔接々手の強度試験を行ひその
試験成績より判斷して、熔接諸元としては第 6 表に示す範圍の値が結果良好であつた。又熔接後高温焼
鈍すれば機械的性質は著しく向上し、實用差支なしと認められる接手部強度を示すに至つた。

The Flash Butt Welding of Rails

by M. Otani, Member.**

A b s t r a c t s

The test results about mechanical properties of flash butt welded rail joint are reported in this paper.
The welding items as in Table 6 are concluded to be successful, and high temperature annealing necessary
to secure good mechanical strengths.

I. 自 的

倉敷重工業株式會社堀之内工場に今回新設された
の 800KVA フラッシュ・バット熔接機¹⁾を使用して大型
軌條を衝合熔接する際の熔接諸元・熔接後の熱処理
法を決定するため、運輸省新潟鐵道局及び堀之内工
場と協同して本研究を行つた。

II. 試 験 要 領

1. 熔接方法 50kg, 37kg, 30kg の 3 種類軌條
につき第 1 表を示す如く種々熔接諸元を組合せ熔接
を施行して長さ 1m200 の試験軌條 36 本を作製した。
熔接諸元中變化せしめたものは主として下記の項目
である。

- (1) 豫熱回数並に時間 (表中の全熔接時間に略
々等しい)
- (2) 熔接電力
- (3) 寄り代
- (4) 寄り速度

2. 熱處理方法 熱處理の種類は次の 4 法とし
熔接せる試験軌條の半数につき施行しその結果を比
較した。

- (1) 900°C より爐中徐冷
(軌條 50-A, 37-A, 30-A)
- (2) 870°C より爐中徐冷
(軌條 50-B, 37-C, 30-B)
- (3) 870°C より空中放冷
(軌條 50-D, H, 87-G, H-I, 30-J)
- (4) 650°C より空中放冷
(軌條 50-E, K, 37-E, 30-E, G-I)

熱處理の詳細は第 1 圖に示す如くである。

3. 試験方法 抗張試験・衝擊試験及び屈曲試
験を行つて熔接部の強度を比較した。又衝擊試験片
の一部につき硬度試験・顯微鏡試験を行つた。各試
験要領は次の如くである。

(1) 抗張試験 50kg 軌條では A・B・F・H・
K・I・J・L, 37kg 軌條では A・C・E・F・G・K,
30kg 軌條では A・C・G・H 各軌條につき行つた。
試験片形狀は第 2 圖の如きもので之を各軌條につき

* 鐵道技術研究所第 2 部

** Railway Technical Research Institute

1) 先に山本一氏により報告されたもの(本會誌第 17 卷
第 3 號)

第 1 表 (1) 熔・接 要 領 (50kg 軌條)

試 験 片 番 號	50-A	50-B	50-C	50-D	50-E	50-F	50-G	50-H	50-I	50-J	50-K	50-L	
操 作 方 法	手動	手動	手動	手動	手動	手動	手動	手動	手動	手動	手動	手動	
一 次 電 壓 (V)	豫 熱	360	372	320	320	352	350	363	380	342	356	332	357
	フラッシュ	410	424	400	430	394	404	404	395	380	400	362	396
一 次 電 流 (A)	豫 熱	1680	1470	1520	1430	1860	1740	1910	1450	1880	1630	1970	1550
	フラッシュ	360	405	394	386	416	433	450	363	430	370	425	404
熔 接 電 流 (A)	豫 熱	52900	43300	44600	42000	50800	48000	52000	42600	51300	48000	53900	45500
	フラッシュ	11600	11900	11600	11300	11300	11800	12300	10700	11700	10900	11600	11900
一 次 入 力 (KW)	豫 熱	247	290	290	280	315	300	325	270	300	200	335	223
	フラッシュ	70	120	80	73	60	85	140	75	93	80	60	110
	合 計	317	410	370	353	375	385	465	345	393	280	395	333
把 握 距 離 (mm)		170	170	170	170	150	150	150	150	150	150	150	150
寄 リ 代 (mm)	フラッシュ	10	12	15	30	25	30	28	26	30	32	32	30
	アブセツト												
寄 リ 速 度 (mm/sec)		1.19	1.19	1.19	1.19	0.9	0.9	0.9	0.9	1.2	1.2	1.2	1.2
把 握 力 (ton)		18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
加 壓 力 (ton)		14	14	14	14	12	12	15	15	15	15	12	12
豫 熱 斷 續 回 數		17	15	15	12	13	13	12	15	13	14	14	30
全 熔 接 時 間 (分・秒)		5・50	5・30	5・30	4・00	4・10	4・30	4・00	5・30	4・20	4・40	5・00	8・30

第 1 表 (2) 熔 接 要 領 (37kg 軌條)

試 驗 片 番 號	37-A	37-B	37-C	37-D	37-E	37-F	37-G	37-H	37-I	37-J	37-K	37-L	
操 作 方 法	手動	手動	手動	手動	手動	手動	手動	手動	手動	手動	手動	手動	
一 次 電 壓 (V)	豫 熱	340	335	355	340	340	342	313	344	322	356	341	350
	フラツシュ	410	380	415	365	400	430	390	413	430	380	400	390
一 次 電 流 (A)	豫 熱	1340	1630	1420	1230	1440	1570	1640	1700	1810	1630	1510	1480
	フラツシュ	460	340	480	360	420	370	435	480	360	330	315	405
熔 接 電 流 (A)	豫 熱	42500	48000	45000	38000	45500	46100	48200	53700	56000	51700	44400	46500
	フラツシュ	14500	9850	15200	10500	13300	10900	12800	15200	10500	10400	9900	12700
一 次 入 力 (KW)	豫 熱	236	290	290	260	240	270	270	280	290	257	209	203
	フラツシュ	80	55	150	60	80	60	100	140	60	54	40	45
	合 計	316	345	440	320	320	330	370	420	350	311	249	248
把 握 距 離 (mm)		170	170	170	170	170	170	170	150	150	150	150	150
寄 リ 代 (mm)	フラツシュ												
	アブセツト	35	30	36	36	22	25	30	20	10	28	32	31
寄 リ 速 度 (mm/sec)		1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	0.7	0.7	1.0	1.0	1.19
把 握 力 (ton)		18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
加 壓 力 (ton)		12	12	14	14	14	14	14	12	12	12	12	12
豫 熱 斷 續 回 數		14	13	14	15	14	12	13	14	14	12	12	13
全 熔 接 時 間 (分・秒)		4・00	3・40	4・10	5・10	4・50	4・00	5・20	4・00	3・30	4・00	3・30	4・30

第1表(3) 熔 接 要 領 (30kg 軌 條)

試 験 片 番 號	30-A	30-B	30-C	30-D	30-E	30-F	30-G	30-H	30-I	30-J	30-K	30-L
操 作 方 法	手動	手動	手動	手動	手動	手動	手動	手動	手動	手動	手動	手動
一 次 電 壓 (V)	豫熱	350	348	344	371	349	338	350	340	350	350	345
	フラッシュ	362	420	435	440	398	350	430	380	420	400	390
一 次 電 流 (A)	豫熱	1400	1640	1150	1020	1230	1030	1730	1320	1400	1530	1340
	フラッシュ	302	374	390	314	465	430	485	300	360	380	280
熔 接 電 流 (A)	豫熱	44200	48300	26200	30000	38900	32500	54500	41600	44000	48200	53900
	フラッシュ	9500	10600	12600	9900	14600	13500	15300	9500	11600	11900	12400
一 次 入 力 (KW)	豫熱	220	257	252	252	250	235	390	224	230	216	325
	フラッシュ	54	63	70	65	83	59	130	40	60	70	95
	合 計	274	320	322	317	333	294	430	264	290	286	420
把 握 距 離 (mm)		170	170	170	170	170	170	170	170	175	175	175
寄 リ 代 (mm)	フラッシュ	28	30	28	26	20	25	15	30	28	25	28
	アブセット											
寄 リ 速 度 (mm/sec)		1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	0.7	0.7	1.0
把 握 力 (ton)		18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
加 壓 力 (ton)		12	12	14	14	12	12	14	14	12	12	12
豫熱・斷續回數		9	11	9	8	10	11	9	11	14	12	13
全 熔 接 時 間 (分・秒)		2・40	2・40	2・40	2・15	3・30	3・20	3・00	3・40	4・10	3・20	3・50

Fig. 1 熱 處 理 要 領

曲 線	摘 要	軌 條 番 號
1	900°C 爐 中 徐 冷	50-A 37-A 30-A
2	870°C //	50-B 37-C 30-B
3	870°C 空 中 放 冷	50-D,H 37-G,H,I 30-J
4	650°C //	50-E,K 37-E 30-E,G,I

Fig. 2 抗張試験片

Fig. 3 試験片採取要領

頭部より2箇宛削り出した(第3圖)。此の際熔接線は標點間隔の丁度中央となる如く注意した。

(2) 衝撃試験 抗張試験片を採取した軌條から第4圖に示すシャルピー衝撃試験片を50kg 軌條に對しては頭部及び底部より各1箇、37・30kg 軌條に對しては頭部より1箇宛削り出した(第3圖)。切欠の位置を正確に熔接線と一致させるため試験片側面を研磨腐蝕してその位置をたしかめた上で之を削つた。

Fig. 4 衝撃試験片

(3) 屈曲試験 37kg 軌條 B・H・I・J・L, 30kg 軌條 B・D・E・F・I・J・K・L につき第5圖に示す如く支點間距離を1mとし軌條頭部より熔接線上に荷重をかけて屈曲試験を行い破斷荷重と破斷時の撓量を測定した。試験片の熔接部は仕上げずそのままの屈曲試験を行つた。

(4) 硬度試験 37kg 軌條 A・E・G・K の衝撃試験片につき熔接線附近の顯微鏡組織及び Vickers 硬度を測定した。

Fig. 5 屈曲試験要領

Ⅲ. 試験成績

第2表に抗張試験成績・第3表に衝撃試験成績・第4表に屈曲試験成績・第5表に硬度試験成績を示す。

第2表(1)・抗張試験成績

No.	抗張力 kg/mm ²	伸 %	断面収 %	断面状態
50 kg 軌條				
50-A-1	25.6	1.4	0.3	不熔着部アリ
2	60.3	4.0	5.0	小不熔着部アリ
50-B-1	22.9	1.7	1.9	不熔着部アリ
2	19.3	1.1	0.6	不熔着部アリ
50-F-1	82.2	6.8	6.8	Gl
2	81.8	6.5	10.3	Gl
50-H-1	81.9	8.8	19.3	Gs F
2	77.7	7.3	6.4	Gs
50-K-1	62.8	15.8	34.3	Gm F
2	61.6	15.5	37.8	Fsh
50-I-1	76.5	8.5	(8.6)	(熔接線外ニテ切斷)
2	77.6	13.0	20.4	Gl
50-J-1	48.6	3.1	7.5	不熔着部アリ
2	48.1	3.7	2.9	不熔着部アリ
50-L-1	59.4	4.2	6.1	Gl Bh
2	32.3	3.1	6.0	Gl Bh

1. 抗張試験成績 (1) 熱処理を行わないものは熱処理を施行したものに比し熔接部の延伸性が劣つて居る。破斷面を見ても組織は粗大であつて脆性破斷して居るものが大部分である。650°C 空中放冷のものは粒子は粗大なまゝであるがその延伸性は十分良好となつて居る。870°C 及び 900°C で焼鈍したものは抗張力はやゝ低下して居るが相當延伸性にとみ且組織も微細化されて居て、熔接々手としての安全性をましてゐる。温度 870°C と 900°C の差及び爐冷空冷の差による影響はない様である。

(2) 操作としては寄り代不足・豫熱不足及び電力過大は危険であつて、寄り代・豫熱不足の際は接手に不熔着部を生じ又電力過大なときは接手部組織は

第2表(2) 抗張試験成績

No.	抗張力 kg/mm ²	伸 %	断面紋 %	断面状態
37kg 軌條				
37-A-1	65.0	15.0	24.0	Fsh
2	60.3	12.4	35.2	Fsh
37-C-1	68.1	16.4	35.5	Fsh
2	68.8	15.5	35.4	GsF
37-E-1	57.1	4.8	12.1	Gl
2	63.3	7.1	13.4	Gl
37-F-1	31.2	1.3	1.3	不熔着部アリ
2	61.2	3.0	0.4	小不熔着部アリ
37-G-1	—	—	—	—
2	67.8	16.2	17.5	Gm
37-K-1	79.2	14.7	(32.8)	(熔接線外ニテ切斷)
2	79.1	9.2	18.7	Gl
30kg 軌條				
30-A-1	58.2	20.1	38.4	Fsh
2	58.1	20.9	41.6	Fsh
30-C-1	66.2	20.1	(35.0)	(熔接線外ニテ切斷)
2	65.0	18.8	34.1	Gs F
30-G-1	52.2	10.3	20.7	F
2	55.1	10.7	(15.7)	(熔接線外ニテ切斷)
30-H-1	66.7	10.2	21.5	Gs
2	65.3	8.8	12.9	Gs

(註) 断面状態ノ符合ハ Gs (粒狀粒子小) Gm (粒狀粒子中) Gl (粒狀粒子大) F (纖維狀) Sh (剪斷狀) Bh (氣孔)ヲ示ス

第3表 衝撃試験成績

No.	衝撃値 kg-m/cm ²	備考
50 kg 軌 條		
50-A-I	0	試験片製作中切斷 試験片製作中切斷
2	0	
50-B-I	1.0	不熔着部アリ
2	0.9	
50-F-I	0.5	
2	1.0	
50-H-I	2.2	
2	1.0	
50-I-I	1.0	
2	—	
50-J-I	—	
2	1.0	
50-K-I	1.0	
2	0.7	
50-L-I	1.5	
2	0.6	
3.7 kg 軌 條		
37-A	3.2	不熔着部アリ
37-C	3.8	
37-E	0.8	
37-F	0.7	
37-G	0.7	
37-K	0.5	
30 kg 軌 條		
30-A	3.3	
30-C	0.5	
30-G	0.7	
30-H	1.2	

(註) 試験時気温ハ 50kg 30kgニ對シテハ約 5°C 37kgニ對シテハ約 18°C

第4表 屈曲試験成績

No.	破断力 ton	撓量 mm	No.	破断力 ton	撓量 mm
37-B	46.970	42	30-D	47.000	56
37-H	49.475	12	30-E	29.100	22
37-I	43.375	33	30-F	23.500	18
37-J	62.750	97(不破斷)	30-I	33.500	62
37-L	55.000	77(不破斷)	30-J	21.920	41
30-B	32.950	55	30-K	32.850	11
			30-L	42.350	60

荒れて粗大となりその延伸性は甚しく低下する。特に接手の不熔着部は外觀検査では不明なことが往々あり且強度上致命的な弱點となることから極めて危険である。

(3) 第2圖抗張試験片の切斷位置は熔接線に丁度一致するものが大部分であつて、然らざるものも熔

接線の部分が切斷時細く、びれ該部が一番抗張力が低い。

2. 衝撃試験成績 抗張試験成績と同様焼鈍せるものは然らざるものに比し成績は良く衝撃値は大となる傾向を示して居る。870°C 及び 900°C で焼鈍したものの衝撃値は極めて良好とはいひ難いが實

用に供して危険はないものと思はれる。

3. 屈曲試験成績 屈曲試験に於ては接手部の形状（即ち左右軌條の合せ具合等）外觀では判定されない不熔着部或は疵の有無により結果が非常に左右され熔接諸元及び熱處理の影響は打消されて終り即ち 37-H-I, 30-F-K には第 6 圖に示す如き不熔着部或は小疵があり、又 30-E は熔接線における左右軌條面の喰違い量が約 5mm に達し、之等の場合は何れも撓み量は低下し成績不良である。

Fig. 6 破断面の缺陷

又前述の如く熔接部は仕上げなかつたから一般断面に比し断面積が大であるにも拘らず特別のものを除き何れも熔接線に關聯して破斷して居ることからも熔接線が熔接軌條の弱點であることが分る。

第 5 表 硬度試験成績

No.	熱處理	Vickers 硬度	No.	熱處理	Vickers 硬度
37-K	行ハズ	1 212	37-G	870°C 空冷	1 155
		2 245			2 212
		3 224			3 206
		4 217			4 201
		5 217			5 199
		6 216			6 200
		7 216			7 211
37-E	650°C 空冷	1 156	37-A	900°C 爐冷	1 167
		2 226			2 187
		3 220			3 181
		4 223			4 185
		5 222			5 182
		6 217			6 189
		7 217			7 182

硬度測定位置

4. 硬度試験及び顯微鏡試験成績 熔接せるまゝのものは片側約 10mm 宛粒子著しく粗大化した部分がある。該部は熔接時の最高温度が A₃ 變態點以上に達した部分に相當する譯で、粗大な γ 粒界は

そのまゝ残留し内部はウィードマン組織をなす。

650°C にて低温焼鈍せるものはウィードマン組織が崩れパーライトが粒状化して居り粒子境界は粗大であるとは言え熔接せるまゝのものよりその組織は相當改善されて居る。

之に對し高温焼鈍せるものは標準のパーライト状態であつて且粒子も微細化し組織良好である。只爐の測定温度より爐中の軌條内部温度が多少低く充分組織が微粒化して居らないものがあり（例えば 37-G）熱處理に際して注意を要する。該熱處理温度を正確に保てば 870°C で充分で且空冷と爐中冷却の差は殆どなく空中冷却で差支ない。

熔接線の直上、幅 2~3mm は熔接の結果相當脱炭して居ることが認められ硬度は低下して居る。抗張試験時該部の抗張力が低かつたのもそのためである。

5. 試験結果の検討 試験結果を検討して次の如く結論することが出来る。

(1) 焼鈍を行えば抗張力がやゝ低下する不利はあるが接手部の延伸性・衝撃値共増大しその安全性を高めるから、熔接軌條に對しては之を施行すべきであると思われる。焼鈍温度は約 870°C 且空中放冷して差支ない。650°C では機械的性質の改善は充分でない。

(2) 試験成績から判斷される所では、各種軌條に對する熔接諸元としては大體第 6 表範圍の値であればよい。

(3) 屈曲試験片において不熔着部等の小疵或は左右軌條の合せ具合不揃等は試験結果を著しく不良にする。即ち熔接諸元の選定及び熱處理法が正しくとも熔接施行が粗雑であつたならば充分な安全性を期待し得ない。

(4) 前記の熔接諸元により綿密に良心的な工事を施工し高温焼鈍を行えば本法により接合せる熔接軌條は實用差支なき強度を有すると認められる。

2) 設計者山本一氏は本實驗結果に對して次の如き所見を寄せられた。

- (1) 熔接は自動で行ふこと。
- (2) そのために電源電壓が變化せざる如く特に注意すること。
- (3) 寄り代はフラッシュ 15mm アブセット 5mm 合計 20mm 以下としたい。
- (4) フラッシュ速度 1.63mm/sec 以下ではアブセットの前に接合面の温度が下つて危険である。
- (5) クラムプが濡らざる如き加壓力を確認すること。
- (6) 熔接機が大容量であるから過熱しすぎない様に注意を要する。

3) 但し之は限られた數の試験成績からの判斷であり更に良好な熔接操作を見出すべく研究を進める必要があるのは勿論である。

第6表 適 當 な る 熔 接 諸 元

項 目	軌 條	50 kg	37 kg	30 kg
一 次 入 力 (KW)	熱	300~340	230~280	220~260
	フラッシュ	60~90	60~90	50~80
寄 リ 代	mm	30~32	30~32	28~30
寄 リ 速 度	mm/sec	1.2	1.2	1.2
全 熔 接 時 間		4'20''~5'00''	4'00''~5'00''	2'30''~3'30''

Ⅲ. 結 論

1. 熔接諸元及び熱処理法を異にせる試験軌條の強度試験結果より、適當と思われる熔接諸元及び熱処理法を決定した。

2. 軌條接手部の熔接線は他の部分に比し弱いが熔接諸元及び熱処理法を誤らなければ實用差支ない

と思われる機械的性質を有する。

3. 熔接施行に際しては接手部が良好な形状を保つ如く充分注意するを要する。

最後に本實驗を施行し得たのは新潟鐵道局及び堀之内工場小島佐次郎氏の熱心な御協力によるものであつたことを記し深甚なる感謝の意を表する。

12 鑄鐵ガス熔接棒の研究 (第1報)

正 員 田 村 元*

正 員 塩 原 健 次 郎**

内 容 摘 要

鑄鐵瓦斯熔接の際熔着鐵の地を Ferrite を多くし、黒鉛を可及的に多く出るものを得る目的で本研究を行つた。第一報にては (Si + Al) が 3, 4, 5, 7% なる場合の試験を行つた結果

- (1) (Al + Si) = 3.0~4.3% が熔接棒を作製し易い。
- (2) Al 2% 以上となると熔接操作が難しくなる。
- (3) (Al + Si)% が増す程黒鉛が多くなり且つ形状は細く一様となる。
- (4) Al を加へると機械加工は母材と同様で困難ではない。
- (5) 母材との「なじみ」は何れも良好である。

なることが判つた。

Study of the Gas Welding Rod of Cast Iron. (1st Rep.)

Gen Tamura, Member. *

Kenjiro Schiobara, Member. **

a b s t r a c t

The research on gas welding of cast iron has been Carried on aiming a rapid forming of a greater deal of graphite on the deposit metal increasing ferrite on it.

* 三菱重工川崎機器製作所

** 同 上