

(137) フラッシュバット溶接部の機械的性質ならびに冶金学的考察

(大型軸材のフラッシュバット溶接に関する研究-I)

神戸製鋼所中央研究所

西原 守・中野 平・○木下修司

Mechanical Properties and Metallurgical Study of Flash-Butt Weld Zone.
(Study of flash-butt welding of a large shaft of forged steel-I)

Mamoru NISHIHARA, Taira NAKANO and Shushi KINOSHITA.

I. 緒 言

最近米国などで大型鍛鋼軸材を各 part ごとに作り、それらをフラッシュバット溶接で組立てて、製作する方

法が報告されている。この場合溶接部の機械的性質および冶金学的諸性質が問題であるので、これらを考慮して適切な溶接条件を確立する必要がある。以上の観点に立つてフラッシュバット溶接部についての諸試験を行なつたので、その結果について報告する。

II. 供 試 材

供試材はクランク軸材としてもつとも典型的な S40C と SCM4 の 2 鋼種とし、これを塩基性 10t 電弧炉にて溶製、1.6t または 2.5t 鋼塊としたのち鍛造、機械加工を行ない 65mmφ とした。

Table 1 はその化学成分を示す。試験片は 65mmφ × 150mm とし、各面は並仕上 (W) とした。

III. 試 験 方 法

試験はドイツ、シーメンス社製完全自動フラッシュバット溶接機を用いた。試験に当つては、フラッシュバット

Table 1. Chemical compositions of specimens tested.

Steels	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo
S40C*1	0.42	0.31	0.55	0.017	0.013	0.19	0.12	0.11	—
SCM4*2	0.39	0.34	0.82	0.012	0.014	0.12	—	0.91	0.21

*1: 2.5t ingot, *2: 1.6t ingot.

Table 2. Flash-butt welding conditions.

Specimens		Preheating		Flashing		Upsetting	
Marks	Steels	Non-automatic (°C)	Automatic preheating rate (mm/s)	Flashing speed (mm/s)	Flashing allowance (mm)	Upsetting force (kg/mm ²)	Upsetting allowance (mm)
1-1	S40C	650	2.7	0.94	7.5	7.1	6
1-2	S40C	650	2.7	0.94	7.5	7.1	6
1-5	S40C	800~900	2.7	0.94	9	10	8
1-6	S40C	800~900	2.7	0.94	8	10	7
1-7	S40C	800~900	2.7	0.94	7	10	6
1-8	S40C	800~900	2.7	0.6	9	10	7
1-9	S40C	800~900	2.7	0.6	9	10	8
1-10	S40C	800~900	2.7	1.5	9	10	7
1-11	S40C	800~900	2.7	1.5	9	10	8
1-12	S40C	800~900	2.7	1.1	9	10	7
1-13	S40C	800~900	2.7	1.1	9	10	8
1-14	S40C	800~900	2.7	1.1	9	10	9
2-1	SCM4	650	2.7	0.94	7.5	7.1	6
2-2	SCM4	650	2.7	0.94	7.5	7.1	6
2-5	SCM4	800~900	2.7	0.94	9	10	8
2-6	SCM4	800~900	2.7	0.94	8	10	7
2-7	SCM4	800~900	2.7	0.94	7	10	6

Table 3. Results of bending tests.

Marks	S40C										SCM4		
	1-5	1-6	1-7	1-8	1-9	1-10	1-11	1-12	1-13	1-14	2-5	2-6	2-7
Results	○	○	×	○	○	×	○	×	×	×	○	○	×

Note: ○=good, ×=not good.

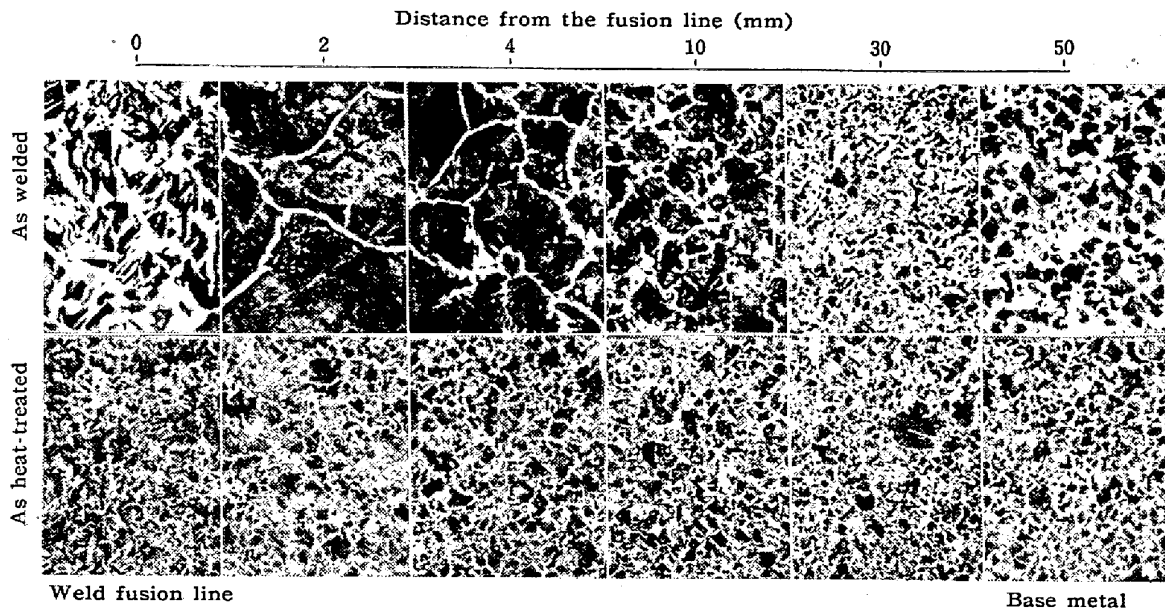


Photo. 1. Microstructures of flash-butt weld zone in S40C steel. ($\times 100$) (7/10)

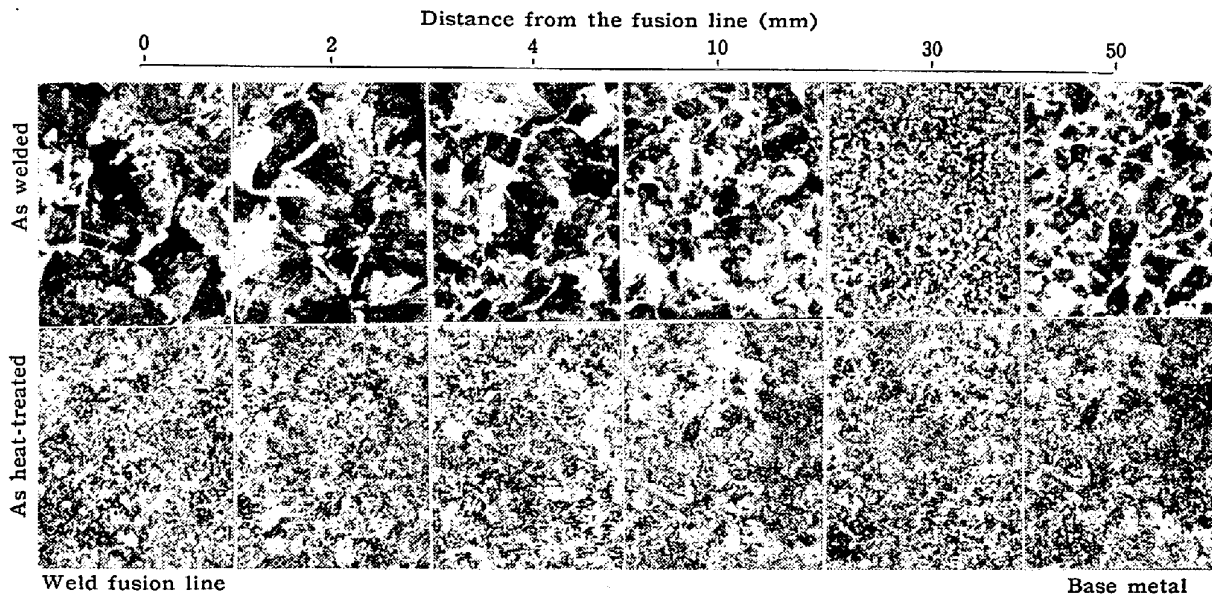


Photo. 2. Microstructures of flash-butt weld zone in SCM steel. ($\times 100$) (7/10)

ト溶接の成否を決定する溶接条件を検討し、その後顕微鏡組織、硬度分布、機械的性質、脱炭層などについて試験した。なお、溶接後の熱処理として S40C に対しては $850^{\circ}\text{C}/2\text{h}$ 、空冷後 $650^{\circ}\text{C}/4\text{h}$ 、空冷 (引張強さ $55\sim 60\text{ kg/mm}^2$)、SCM4 に対しては $850^{\circ}\text{C}/2\text{h}$ 、油冷後 $665^{\circ}\text{C}/4\text{h}$ 、空冷 (引張強さ $80\sim 90\text{ kg/mm}^2$) を行なった。

IV. 試験結果並びに考察

(a) 溶接条件について

Table 2 は溶接条件を示す。予熱温度が低いとき、あるいはフラッシュ速度が過大の場合は昇温不足のため接合不良を来す。また押付代が過小の場合も接合不良をひ

き起すが、押付代はフラッシュ代と関係があり、押付代を単独に増加させてもフラッシュ代により実際の押付代は制約を受ける。このことから、予熱温度 $800\sim 900^{\circ}\text{C}$ 、押付力 10 kg/mm^2 、フラッシュ速度 $0.9\sim 1.0\text{ mm/s}$ 、フラッシュ代 9 mm 、押付代 8 mm 程度が適当であることを認めた。

(b) 硬度分布について

Fig. 1 は熱処理 (■参照) の前後における縦断面の代表的な硬度分布を示す。熱影響部の硬度上昇は熱処理によりほぼ解消される。なお、接合部における硬度低下は脱炭層の存在によるものと考えられる。

(c) 顕微鏡組織について

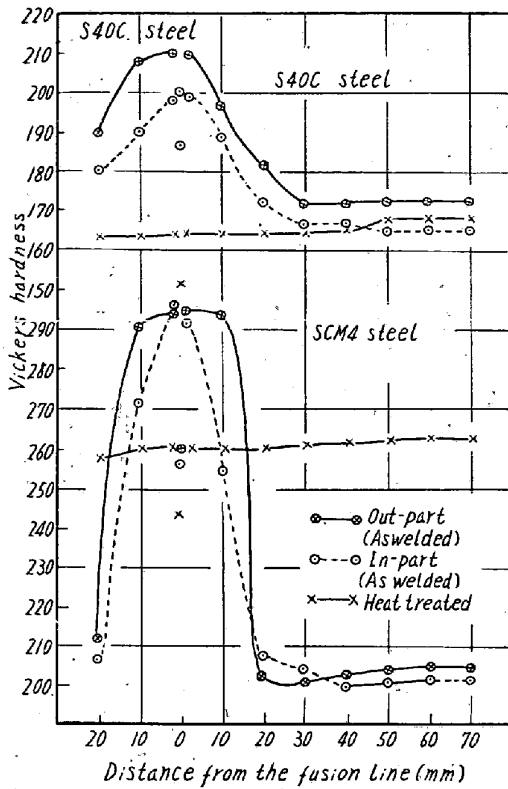


Fig. 1. Typical hardness trace through a longitudinal section of S40C steel and SCM4 steel.

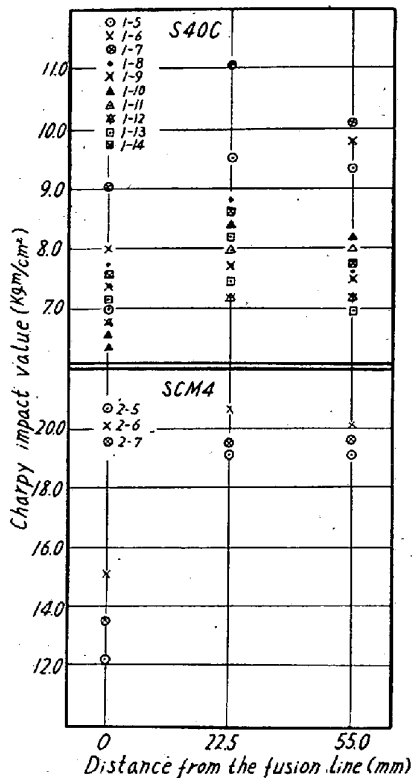


Fig. 2. Results of impact tests of S40C and SCM4 steels.

S40C, SCM4 共接合部近傍では過熱組織が認められ、かなり結晶粒が粗大化しているが、熱処理によりほとんど完全に改善された。Photo. 1, Photo. 2 にこれを示す。

(d) 曲げ試験について

曲げ試験は S40C については JIS 5号試験片を用い JIS 2248 (SF 55 規格) により、SCM4 については JIS G3524(溶接接手曲げ試験) により実施した。Table 3 はその結果を示す。ここで 1-7, 2-7 の不良の原因は押付代の不足、その他はフラッシュ速度の過大による昇温不足のための接合不十分と考えられる。

(d) シャルピー衝撃試験について

シャルピー衝撃試験は U-notched standard 試験片を用いて実施した。Fig. 2 はその結果を示す。S40C, SCM4 とともに接合部では母材に較べて、若干の衝撃値の低下が認められた。

(e) 脱炭層について

接合部における脱炭層の存在は重大な問題である。この試験では、小試験片を 850°C から水冷することにより得られた完全マルテンサイトの炭素含有量による硬化変化をマイクロヴィツカース硬度計にて調べ、それにより脱炭層の中、最高脱炭量を測定した。それによれば、巾約 2mm, 最高脱炭量約 0.1% の脱炭層が存在するが、これは 1100°C/10h, 1000°C/15h, 900°C/30h の拡散焼鈍によつてほぼ完全に消失することが認められた。なお、脱炭層の中、最高脱炭量と溶接条件との関係についてはフラッシュ速度、押付代の増加は脱炭層の中、最高脱炭量共減少の傾向に導くことを認めた。

V. 結 言

(1) 溶接のままでは熱影響部の顕微鏡組織、硬度分布にいちじるしい変化が認められ、硬度はその部分で急激に増加するが、熱処理によつて顕微鏡組織、硬度分布とも母材とほぼ同一となる。

(2) 曲げ並びに衝撃試験では接合部は母材に較べて悪い結果を示したが、これは脱炭層の存在に起因し、脱炭層の存在は試験片に切欠効果を与えるものと推察せられる。

(3) 接合部の脱炭層は巾約 2mm, 最高脱炭量約 0.1% であるが、この程度の脱炭層は 1100°C/10h, 1000°C/15h, 900°C/30h の拡散焼鈍でほぼ完全に消失する。