これに(8)式を代入すれば、

$$V = a + bx_0 + \frac{C + dx_1}{I^n} + \left(b + \frac{d}{I^n}\right) \sqrt{B^2 + \frac{v^2}{k^2}} \sin(\varphi + kt) \quad (12)$$

第1項：電極降下に依る項

第2項：陽光柱の長さや材料に依る項

第3項：電極の消費に依りアーク長が長くなり、電流の変化することによる項

第4項：self-regulation による項

ということになり、適当な実験に依り確かめることができる。

§6. 結 言

本研究は熔接アークに普通に現れるアーク電圧の ripple の現象を取上げ、これが単なる automatic welder に依る振動であるとか、金属の spattering に依る ripple であるとかという従来の解釈に対して、アークの、より本質的なものに連るといふ考えの下に、アークの self-regulation を仮定してその裏付けとなるべき理論に適する様な実験を綿密周到に行ったに過ぎないが、その云わんとする所は、どこ迄も、熔接アークの self-regulation の存在を肯定して、更に進んで一般アークに対しても、この存在を証明しようという企てにある。

結論を要約すれば、

- i) アークの self-regulation は存在する様に思われる。
- ii) self-regulation に依るアーク電圧の ripple は正弦波をなしている。
- iii) その周波数は電流に比例し、電極材料特に被覆材の種類に関係する。
- iv) その振幅は steady-state である限り、電流には余り関係しないが、被覆材に依存する。

以上の外、一般アークへの適用に関しては、今後の横討に譲るが、self-regulation の存在に就いては、既に実験的に証明される段階にあることを付け加えておく。

拙筆に当り、実験中終始御指導御鞭撻を頂いた杉原技官に満腔の謝意を表すると共に、御協力を惜しまれなかった木村技官、大村、菜池兩氏に深謝する次第である。

文 献

- 1) C. E. Jackson & A. E. Shrubsall, Energy Distribution in Electric Welding, Weld. Jour. May (1950) p. 231.
- 2) Gilbert E. Doun, Cathode Energy of the Iron Arc, Transact. A. I. E. E. April (1930) p. 723.
- 3) Wolfgang Finkelburg, The Physical Mechanism of Low and High Current Arc and their Relation to the Welding Arc, A. I. E. E. Transact p.804 (1951).
- 4) Wolfgang Finkelburg, The High Current Carbon Arc and its Mechanism, Jour. Appl. Phys. Vol. 20 (1949) p. 468.
- 5) Engel und Steenbech, Electricische Gasentladung s. 119. s. 131.
- 6) Loch, Fundamental pro. of El. Disch. in Gases. p. 605.
- 7) 安藤, 被覆熔接棒の熔接電弧現象 (I) 熔接学誌 11—6 (昭16) 188
- 8) 〃 (II) 11—7 (〃) 221
- 9) 〃 (III) 11—8 (〃) 259
- 10) 〃 (IV) 11—9 (〃) 313
- 11) 〃 (V) 11—10 (〃) 353
- 12) A. Müller & W. J. Greene & G. R. Rothchild, Characteristics of Inert-gas Shielded Metal-Arcs, Weld. Jour. Aug. (1951) p. 717.
- 13) B. H. List & T. B. Jones, Hissing Arc and Radio Frequency Self-generated Oscillation in D. C. Carbon Arc, E. E. Aug. (1953) 683.

熔接が鋼材の切欠脆性に及ぼす影響について (第2報)*

大 谷 碧** 太 田 省 三 郎**

Effect of Welding on the Notch Sensitivity of Mild Steel (2nd Report)*

By M. Otani,** S. Ota**

Abstract

Welded Kahn tear test piece was used to evaluate the effect of submerged arc welding on the notch sensitivity of structural mild steel plates. The saw cut was located alongside the deposited bead to determine the fracture transition temperature of heat affected zone. Welded plates generally showed higher transition temperature than unwelded plates, ranging from 6 to 20°C in 13 mm thick

and 5 to 15°C in 23 mm thick ones of rimmed steels, from 0 to 12°C in killed steels, 23 mm thick. These adverse effects of submerged arc welding were almost the same as manual arc welding. But, generally speaking, as these effects of welding were comparatively slight, it could be concluded that the notch sensitivity of mild steel plates was but little increased by submerged arc welding so far as the fracture transition was concerned.

I. は し が き

第1報においては、アーク溶接による変質部に発生した割れが、この変質部に沿って伝播する場合の遷移温度を、Kahn 引裂試験片を応用して求めた結果を報告した。之に対し本報は、ユニオンメルト溶接した場合の脆化現象を、同一試験片を用いて比較検討したものである。

II. 試 験 用 鋼 材

実験に用いた鋼材は、第1報の試験に用いたと同じ4製鉄所製の国産リムド鋼及びキルド鋼合計11チャージである。鋼材記号その他は第1報の場合と同様とする。

III. 試 験 片

第1表に示すような JIS G3523 規格1種に該当する心

Table 1

Composition of Welding Rod	
Compositions (%)	
C	0.04
Si	0.02
Mn	0.31
P	0.017
S	0.019
Cu	0.13

Table 2

Composition of Flux	
Compositions (%)	
SiO ₂	50
CaO	12
MnO	25
Al ₂ O ₃	6
MgO	5

Table 3 Properties of Weld Metal

Compositions (%)		Mechanical properties	
C	0.13	Tensile strength (kg/mm ²)	43.6
Si	0.16		
Mn	0.55	Elongation (%)	34.0
P	0.033		
S	0.026	Contraction of area	55.4
Cu	0.29		

Table 4 Welding Conditions

Item	Plate thick.	13mm	23mm
Current (A)		730~750	750~820
Arc volt. (V)		34~ 36	35~ 37
Weld. speed (mm/min)		450	450

Fig. 1 Kohn tear test piece for welded plate

線および第2表の成分を有する鉄研 T-13 ユニオンメルト・フラックスを使用して溶接を行った。かゝる心線とフラックスの組合せにより得られる全溶着鉄の分析成分ならびに機械的性質は、第3表に示すごとくである。

まず第1図に示すような長さ 900mm 幅 150mm の鋼板上に、第4表の溶接条件で鋼板表面上に長いビードを一層置いた後、これより Kahn 引裂試験片を採取した。この試験片は、第1報と同様に、溶着鉄に隣る母材変質部に切欠きを設け、その部分の遷移温度を求めんとするものである。アーク溶接の場合に準じて、ビード面はこれが板面と平になるように削りとった。

IV. 顕微鏡及び硬度試験

ビードに直角な断面を削り出して顕微鏡試験片を作り、溶接部の組織を調査した。溶接部は軟鋼をユニオンメルト溶接した場合の標準組織を示しており、いずれも異常なく、また各鋼材間に差は認められなかった。顕微鏡組織の数例は写真Aのごとくである。

第2図は、マイクロ硬度試験機により測定した溶接部の硬

* 原稿受付 昭和28年9月

** 正員、鉄道技術研究所 Member, Railway Technical Research Institute.

B - 13

C - 23

K - 3

Photo. A Micro-structure of heat affected zone ($\times 67$) ("H" indicates heat affected zone; "D" deposited metal.)

度である。アーク溶接とくらべて変質部の最高硬度がやや低く、また溶着鉄硬度はかなり低いことが認められる。

V. 試 験 成 績

1. 試 験 方 法

試験方法はアーク溶接の場合と全く同様であって、試験片を所定の各種温度に加熱または冷却し、50ton アムスラ試験機により引裂試験を行い、その最大荷重 (P_M)、最大荷重

Fig. 2 Vickers hardness of welded plate (D...deposit metal, H... heat affected zone, M...mother plate)

STEEL B23 (AFTER UNIONMELT WELDING)

までの吸収エネルギー (W_M)、最大荷重後の吸収エネルギー (W_{B-M})、剪断破面率 (S) 等を測定し、 W_{B-M} と S よりそれぞれ遷移温度 (T_{rB} 及び T_{rS}) を決定した。吸収エネルギーは、試験機に附属した自記装置により計測した。試験片の温度は、第1図に図示するごとく切欠きより約

Fig. 3 Tear test results of welded plate (No. B-23)

Fig. 4 Tear test results (Rimmed steels, 13mm thick.)

Fig. 5 Tear test results
(Rimmed steels, 23mm thick.) Fig. 6 Tear test results
(Killed steels, 23mm thick.)

10mm 上方の板厚中央にあけた径 3mm 深さ 10mm の孔中に熱電対を差込んで計り、最大荷重時の温度を以て試験温度とした。

2. 実験結果

第3図は試験成績の1例であって、鋼材 B-23 (板厚

23mm のリムド鋼)におけるユニオンメルト溶接の影響を示すものである。 W_{B-M} と S のいずれによっても、求めた遷移温度 (T_{FE} 及び T_{FS}) はほぼ同一な値となった。最大荷重時の平均応力 $\sigma_M (=P_M/\text{切欠き位置での断面積})$ が温度低下とともに上昇することは、アーク溶接の場合と

Table 5 Transition Temperatures of Steels determined by Kahn Tear Test (After Unionmelt Welding)

No.	Plate thick (mm)	Unwelded(B) or welded (W)	Transition		Temperatures(°C)	
			T_{rB}	ΔT_{rB}	T_{rS}	ΔT_{rS}
(Rimmed steels)						
A13	13	{ B W	-7 8	15	-7 14	21
A23	23	{ B W	19 24	5	15 28	13
B13	13	{ B W	16 22	6	16 22	6
B23	23	{ B W	23 38	15	23 41	18
C13	13	{ B W	14 24	10	15 24	9
C23	23	{ B W	41 51	10	41 55	14
D13	13	{ B W	19 39	20	19 39	20
D23	23	{ B W	38 47	9	38 46	8
(Killed steels)						
K 1	23	{ B W	8 8	0	14 12	-2?
K 2	23	{ B W	5 17	12	8 17	9
K 3	23	{ B W	5 5	0	5 5	0

(Note) ΔT_r means the difference of T_r between B and W

同様であるが、各温度における σ_M の値はアーク溶接とは逆に、母材よりやや低い場合が多い。第3図では、 W_M と温度の関係の傾向が比較的明らかにあらわされているが、一般に測定点は相当ばらついていて、試験温度に対する W_M の明確な関係を求め難い。これは第1報において説明したごとく、試験片の加工精度が測定値に大きな影響を与えるからである。

第4・5・6図は、それぞれ 13mm, 23mm リムド鋼及び 23mm キルド鋼溶接部の W_{B-M} ~ 温度曲線である。これらの曲線から溶接部の遷移温度 (T_{rB}) を求めて、その値を第5表に示した。表中には剪断破面率 (S) より決定した遷移温度 (T_{rS}) をも併せて記しておいたが、 T_{rB} と T_{rS} はほとんど一致している。なお母材の遷移温度値は、第1報で求めたものを使用した。

第7図はユニオンメルト溶接部の遷移温度を、母材及びアーク溶接部の遷移温度と比較したものである (第1報の第14図参照)。この図から明かなように、一般にユニオンメルト溶接部は脆化して、母材よりも遷移温度が高くなることが認められ、かつその程度は一般にアーク溶接の場合より多少大きいようである。

Ⅵ. 考 察

前述のごとく、本実験においては、変質部に発生した割れが之に沿って伝播する場合の遷移温度を求めたものである。溶接部のかかる破壊現象に関しては試験成績より次のように結論することができる。

1. ユニオンメルト溶接した母材変質部の遷移温度 (T_{rB}) の上昇度は、リムド鋼におき厚さ 13 mm の板で 6~20°C, 23 mm の板で 5~15°C, キルド鋼において 0~12°C である。これをアーク溶接の場合とくらべて見ると、ユニオンメルト溶接による脆化の方が、多少甚だしい傾向のようではあるが、両者は大体類似のものと認められる。アーク溶接とユニオンメルト溶接の熱影響部の比較については、N. Grossman 氏による静的曲げ試験²⁾及び増淵氏等の実験³⁾等があるが、いずれも本実験による結果よりも両者の差が甚だしいようである。その理

由は試験方法の相違によるものと考えるべきであろう。特に前者の場合は、明らかにいわゆる Ductility Transition Temp.⁴⁾ を求めて居り、Kahn 試験片により求められる Fracture Transition Temp.⁴⁾ とは異った溶接の影響を受けることがむしろ当然であろう。

アーク溶接と同様に、ユニオンメルト溶接による変質部遷移温度の上昇度は、母材の遷移温度の高低とは無関係であり、多少の例外を除いて、ほぼ 10°C 強程度と考えて近似的には大過がないようである。したがって、本実験で取扱った範囲の鋼材に関する限り、ユニオンメルト溶接の熱影響は比較的軽微であって、母材の切脆脆性の順序を根本的に変更するものではないといえるであろう。

2. 第2図の硬度試験成績に示す変質部の硬度増加は僅かであって、かつこの増加度と変質部の遷移温度との間に関連性は認められない。

3. 試験片の破断型式はアーク溶接したものと同じであり、変質部が最弱点であることを暗示している。

Ⅶ. 結 論

本報告は、先に第1報において分類したごとき溶接部の種々な破壊のうちで、割れがユニオンメルト溶接による変質部を伝播する場合の遷移現象を論じたものである。ユニ

Fig. 7 Relation between transition temperature (T_{FE}) and Mn/C ratio

オンメルト溶接により横ビードを置いた Kahn 引裂試験片のビードに沿い切欠きを設けて、変質部の遷移温度を測

定すると、上昇度は母材の優劣とは無関係で、近似的には平均約 10°C 強と考えてよく、その脆化はアーク溶接の場合と同様に、比較的軽微なものと判断された。従ってユニオンメルト溶接の変質部に沿って破壊が進行する場合には、その遷移温度は母材の遷移温度からほぼ推定し得ることが判明した。

本研究は、造船用鋼材研究会より試験用鋼材の支給を受け、同研究会ならびに運輸省研究補助金の交付を得て行ったものである。また御指導を賜った造船協会電気溶接研究委員会の委員各位、ならびに実験の一部を担当し御協力下さった田梅静一氏に対し、併せて感謝の意を表するものである。

文 献

1. 大谷, 太田, “溶接が鋼材の切欠き脆性に及ぼす影響について (第1報)”, 溶接学会誌, 1953年8月 p.12~20
2. N. Grossman and P. R. Shepler, “The Effect of Welding Technique on Brittle Transition Temperature”, Weld. J., June 1947, p. 321-s ~331-s.
3. 増淵, 楠田, 田村, “鋼材の切欠き脆性に及ぼす溶接の影響”, 溶接学会誌, 1952年1月, p. 2~9
4. C. J. Osborn, et al, “Comparison of Notch Tests and Brittleness Criteria”, Weld. J., Jan. 1949, p. 24-s~34-s.

溶接残留応力に関する研究 (第4報*)

— 局部加熱による残留応力の除去 —

小 林 卓 郎**

Research on Welding Residual Stresses (Report 4)*

— Stress relieving by local heating —

By T. Kobayashi**

Abstract

The welding residual stresses in both directions, parallel to and perpendicular to the welded edge, were measured by the X-ray diffraction method at six points over the surface of mild steel rectangular plates, which had a weld bead placed along one edge, as shown in Fig. 1.

As it was found that the longitudinal stresses in the zone from the point 3 to 5 were in compression, the zone was heated to 110° to 370°C . Progressively from one end to another by a gas flame. The changes in residual stresses due to the local heating are shown in Fig. 3 to Fig. 15.