4. 結 言

熔接速度を決定する上に於て考慮すべき事項は極める多く、實際作業に當つて採用すべき速度は其の各々の場合に應じ正確な數値を資料として決定すべきである。筆者等の得た數値は其の一端に過ぎないが、これ等を總括して述べる。

- ①各直徑の熔接棒に就き熔接速度に對して最も重要な關係を有するものは電流値である。各熔接速度に於て熔接棒に通ずる電流値は熔着金屬の連續性に著しき影響を與へると共に熔込量アンダーカット等に対しても著く影響する。
- ②母板を豫熱することはビードの連續性を良好にし、熔接速度の向上を期する上に於て極めて有効である。而して豫熱効果は $400^{\circ}\sim 500^{\circ}\text{C}$ 以上に於て著しい。且つ豫熱温度の上昇と共にアンダーカットの發生が少くなる。
- ③板厚の差異は母板の熱容量に關係するためビードの連續性、幅等に影響を與へる。即ち熔接速度が變化し、熔着金屬の冷却速度の差が著しく

なればビードの連續性や幅の相異は顯著に現れる。但し板厚の差がアンダーカットに及ぼす影響は僅少である。

- ④熔接作業には一般に母板面は清淨なることが望まれるが、被覆熔接棒の種類によりては切剖面よりも黒皮の儘の方が熔接速度も高められ、又熔着金屬面が美麗に仕上げられる。

尙本實驗に於ては電源として交流のみを用いたが、熔接速度に關する實驗としては熔接棒被覆劑の異なるために生ずる種々の影響、芯線材質の影響等を考慮する必要がある、直流を電源とする場合に於ても基礎的な數値を求める必要がある。更に殘留應力、機械的性質等の方面よりも研究しなければならない。

本文は熔接速度に關する實驗の一端に過ぎないが、これ等の實驗結果が今後の熔接速度ひいては高能率熔接研究に於ける基礎的數値の一部となれば筆者等の幸とする所である。

尙本研究は文部省科學研究費の援助によつたことを附記して置く。

熔接される板の温度分布に關する研究 (第2報)

正 員 工 藤 仲

威 雄 *

正 員 増 淵

興 一 **

Temperature Distribution of Welded Plates. Part 2.

Takeo Naka, Member, Dr. Eng.

Kouichi Masubuchi, Member.

Abstract

In Part I the theoretical solution for the temperature distribution of welded plates under unstationary states is exhibited.

Now we observed the actual temperature distribution of welded plates using thermo-couples, compared it with the calculated one, and obtained the conclusion that this theoretical solution approximately coincides with the actual temperature distribution.

The experimental and the theoretical temperature distributions of welded plates are shown in Figs. 4, 5, 6 and 7.

* 京大教授 Professor of the Imperial Univ. of Tokyo, the First Faculty of Engineering.

** 東大第一工學部船舶工學科 大学院特別研究生

1. 實驗の目的 Object of the Experiment

著者等は第 1 報で熔接される板の温度分布その他を熱傳導論上から論ずる際には所謂準定常状態について考へるよりは寧ろ不定常状態にあるものとして論すべきであるとの見解を抱き、之によつて冷却係數を入れた線形微分方程式の解としての温度分布の表現式を示した。此の式では熱傳導率と温度傳播率とを温度に無關係に一定として解いたが、板の熔接時に於ては温度變化が場所的にも時間的にも極めて大きいために實際を表すには多少無理がある上に、板と外界との温度差に比例して板の表面から熱の損失があると假定して冷却係數なるものを係用してゐるので、局部的な温度變化を論ずるには相當考慮すべき餘地のあることは勿論であるが、それでも尙從來一般に用ひられてゐる解析方法よりは遙かに合理的であると考へるし、板の温度變化を概観的に表すものとしては十分であると思ふ。本報告は斯様に求めた理論解を實測値と比較對照したもので之によつてこの理論式の妥當性を概括的に知ると共に更に理論の適用に當つて注意すべき事項を調べ、且つ温度によつて變化する諸係數値の撰定の方法を吟味したものである。

2. 實驗装置及び實驗方法

Experimental Apparatus and Method of Experiment

試験板は厚さ 3.4mm 一邊の長さ 200mm なる正方形の黒皮付壓延鋼板である。これの中央に約 5cm のビード熔接する。無限板についての理論解を實證するのにこの程度の有限板を用ひても特に周邊の状況を論ずるのでなければ別段差支へは生じない。

温度の測定は銅コンスタンタン熱電對によつた。その位置は Fig.1 の如く、こゝに直径 3.2mm 深さ約 2mm の孔を 4 箇所穿ち、之に直径 1mm 長

さ約 1m の熱電對の熱接點を銀蠟付したものである。實驗中板は 3 箇のボルトで支持した。實驗装置の一般配置を圖示する。(Fig. 2)

1,2,3 & 4 ARE THERMO-COUPLES

Fig. 1 Test Plate.

Fig. 2 Arrangement of the Experimental Apparatus.

NOTE -

- 1 MILLIVOLT-METERS
- 2 ICE-BOX
- 3 THERMO-COUPLES
- 4 SEAT
- 5 TEST PLATE
- 6 ELECTRODE
- 7 AMPMETER
- 8 VOLT-METER
- 9 WELDING MACHINE

Fig. 3 Calibration Curve of the Cu-Constantan Thermo-couple.

電極棒としては G.E.-F 径 3.2mm 薄塗布棒を用いた。極性は直流、棒一極、日直製作所製直流單式電弧熔接機を用いた。

計時はストップウォッチにより、熔接開始後 1 分間は 3 秒毎、その後 1 分間は 5 秒毎に熱電對の起電力を讀んでゐる。之等を Fig. 3 の溫度起電力因により溫度に換算した。斯くして測定點に於ける溫度變化を實測することが出来る。

測定點の熔接中の溫度を理論式より求めるために測定點の位置、ビードの實長、電弧電壓、電弧電流を測定することが必要である。位置の表示は直角座標により、熔接開始點を原點、熔接線を x 軸とする。之と實測値との比較を以下に述べよう。

3. 實驗結果 Experimental Data

實驗は 4 箇の試験板によつた。熔接條件及び熱

Table 1 Welding Conditions

Specimen	V	I	L	T	t_0
A	15	100	42	2.0	25.7
B	15	110	5.0	2.6	25.6
C	15	105	2.25	1.2	23.7
D	15	110	5.0	1.5	26.0

Notice :

V ; Arc voltage	volt
I ; Current intensity	amp
L ; Length of bead	cm
T ; Time interval of welding	sec
t_0 ; Room temperature	°C

Table 2 Positions of Thermo-couples

Specimen	Thermo-couple	x cm	Position y cm
A	A-1	0.40	1.10
	A-2	2.84	1.40
	A-3	failed	failed
	A-4	2.70	-1.55
B	B-1	-0.25	0.95
	B-2	2.25	1.50
	B-3	4.85	1.00
	B-4	2.25	-1.50
C	C-1	-0.20	1.40
	C-2	2.40	1.80
	C-3	4.70	1.30
	C-4	2.30	-1.20
D	D-1	0.35	1.10
	D-2	failed	failed
	D-3	5.25	1.05
	D-4	2.80	1.50

Table 3 Temperature Rise of the Specimen A

Time after the welding is commenced sec	Temperature rise of thermocouples °C	A-1	A-2	A-4
0	0	0	0	0
3	4.0	4.5	3.0	3.5
6	12.4	10.0	8.5	7.5
9	16.0	30.5	21.0	18.0
12	18.0	87.0	6.0	3.0
15	19.0	13.0	18.0	15.0
18	19.0	20.0	21.5	18.0
21	18.0	23.0	22.0	19.0
24	18.5	25.0	22.0	19.0
27	17.0	25.0	23.0	19.0
30	17.0	25.0	23.0	19.0
33	16.0	25.0	22.0	18.0
36	16.5	24.0	21.5	17.5
39	15.5	24.5	21.5	17.5
42	15.0	23.5	21.5	17.5
45	14.0	22.0	20.5	16.5
48	14.0	21.0	19.0	15.0
51	13.0	20.0	18.0	14.0
54	13.5	19.5	17.5	13.5
57	12.5	18.0	17.0	13.0
60	12.5	17.0	16.0	12.0
63	11.8	16.0	15.0	11.0
66	11.2	15.0	14.0	10.0
69	10.5	14.0	13.0	9.0
72	10.1	13.0	12.5	8.5
75	9.7	12.5	12.5	8.5
78	9.3	11.5	11.0	7.5
81	8.8	11.0	10.0	7.0
84	8.3	10.5	9.5	6.5
87	7.9	9.0	9.5	6.0
90	7.5	8.5	9.0	5.5
93	7.0	8.0	8.5	5.0
96	6.5	7.5	8.0	4.5
99	6.0	7.0	7.5	4.0
102	5.5	6.5	7.0	3.5
105	5.0	6.0	6.5	3.0
108	4.5	5.5	6.0	2.5
111	4.0	5.0	5.5	2.0
114	3.5	4.5	5.0	1.5
117	3.0	4.0	4.5	1.0
120	2.5	3.5	4.0	0.5

電對の位置座標を夫々 Table 1 及び 2 に示す。

Table 3 は試験板 A についての溫度上昇の實測値である。

4. 實驗結果の解析 Analysis

第 1 報にのべた理論によれば、 b cm 板厚の板に於て原點より熔接を開始し、 x 軸の正の方向に電弧電壓 V volt, 電弧電流 I amp, 熔接速度 v cm/sec にて熔接を行つた時各點の溫度上昇は θ °C 次式で表すことが出来る。

$$\theta = \frac{0.24\pi VI}{4\pi b\lambda} \cdot F \quad (1)$$

上式中の F は位置と時刻とに關聯し次の様な内容をもつ無次元函數である。

(1) 熔接繼續中の場合

$$F = e^{-\frac{v}{2k}t} S_0(\gamma)$$

こゝに t は熔接開始より計つた時刻である。

(2) 熔接終了後の場合

$$F = e^{-\frac{v}{2k}t} \alpha(T+\tau) S_{*r}(r)$$

こゝに T は熔接時間、 τ は熔接終了後より計つた時刻である。

尙 λ と κ とは温度常數、 α は熔接條件から定まる常數で、 ξ 、 ω 及び γ は位置並に時間の函數である。又は η 熔接熱の電弧熱に対する割合である。(1) 式の右邊の分數函數は温度の次元を持ち、單位時間の與熱量に比例する。 F は温度分布曲線の形を規定するものである。

軟鋼の温度常數は温度によつて可成り變化するから之等を一定として理論式を用ひる時は實際の温度狀態を考慮して之等の値を定めねばならぬ。本研究では主として熔接中及び熔接終了直後の温度分布を對象としてゐるので相當高温に於ける値をとらなくてはならない。電弧、熔着金屬及び測定點の度と關係位置とを考へて 600°C に於けるこれら常數の値即ち熱傳導率 $\lambda=0.094\text{Cal/cm/sec/}^{\circ}\text{C}$ 及び温度傳播率 $\kappa=0.0065\text{cm}^2/\text{sec}$ を採用した。^①

各試験板について計算値とを比較すると夫々 Figs. 4, 5, 6 及び 7 となつて、計算値(細線)と實驗値(太線)とが略一致してゐることが分る。

理論式に於ける熔接熱比 η は計算値と實驗値とを比較して定めた。各試験板について採用した η の値は Table 4 に示す如くであり、その平均値は 0.630 となつてゐる。之は第 1 報に論じた η の値即ち 0.60~0.65 に合致してゐるものである。

① 本論文附録参照

② 第 1 報では η を有効併數 (effective faction) と稱してゐたが之を熔接熱比 (welding heat factor) と改める。

Figs. 4 Temperature Rise of the Specimen A

Figs. 5 Temperature Rise of the Specimen B

Figs. 6 Temperature Rise of the Specimen C

Figs. 7 Temperature Rise of the Specimen D

Table 4 Values of η

Specimen	η
A	0.568
B	0.631
C	0.629
D	0.690
Mean value	0.630

5. 結 言 Conclusion

この実験より次のことを知ることが出来る。

(1) 板の熔接による温度分布の不定常状態は第1報にのべた理論式によつて近似的に表すことが出来る。

(2) この場合温度状態に応じて理論式の温度常数を撰定せねばならぬ。熔接中又は直後を表すには 600°C に於ける之等の値を用ひればよからう。

(3) 熔接終了後ある程度時間が経過して熱電対の温度が最高温度に達してから後は計算値の方が実験値よりも速く冷却して行く。之は温度常数の撰定に關するものである。冷却中に於ても理論式により實際の温度を表すためには温度常数の取り方を一層複雑にするを必要とし、之に關する事項は別に論じよう。

附 録 Appendix

参考のために熱電対 A-4 について 100°C , 200°C , 400°C 及び 600°C に於ける熱常数の値を用ひて計算を行ひ実験値と比較すると Fig. 8 の如くなる。Fig. 8 に於て太線は実験値、細線は計算値であつて、a, b, c 及び d は夫々 100°C , 200°C , 400°C 及び 600°C に於ける常数の値を採用して得られた結果である。Fig. 8 を見ると 600°C に於ける値を採用したものが最もよく実験値とその曲線形が一致してゐることが分る。

Figs. 8 Temperature Rise of the Thermocouple A-4

③ 常数の値は第1報 Table 2 参照

會 報

熔接講習會（東京）に關する報告

熔接研究委員會委員長

講習會準備委員會委員長

仲 威 雄

1. 講習會を計畫する迄

熔接學會の研究部門を擔當する熔接研究委員會が、各分科會主査並に委員の絶大な努力によつて、熔接關係の從來の規格、仕様書等に對しても可成り畫期的な改訂が提案され又實際日本規格に取り入れられる様になつて來た、同委員會の委員

長として自分は、この際會員の諸君に此の實狀を報告し、成案を得る迄の研究経過や出来上つた規程の運用法等を詳細に語る機會を得たいと考へてをつた。この考へは幸ひ學會理事會に取上げられ今回の講習會の形で實現されることになつたのである。

講習會は東京、名古屋、大阪、四國、九州、北陸と順次開催し昭和22年の9月より23年の3月迄の間に一應打上る豫定であつた。併作ら理事會としては、學會として初めてのこの一聯の企畫に時置と費用の點から若干の不安を抱かない譯には行かなかたのである。數度の理事會に於て、殆どこ