鋼材の熔接諸条件と冷却時間 (第3報)*

— 被覆アーク熔接の場合の冷却時間の推定 —

稲垣道夫**

Welding Conditions of Steels and Cooling Time near the Fusion Line (Report 3)*

— Estimation of Cooling Time in Case of Manual Arc Welding with Covered Electrodes —

By M. Inagaki**

Abstract

In case of manual arc welding carbon steels or high tensile steels (low alloy steels) with covered electrodes, the cooling time (S sec.) from 800°C to 500°C near fusion line can be calculated by the following experimental formula,

$$S = \frac{1.35(60EI/v)^{1.5}}{\beta(600 - T_0)^2 \left\{ 1 + \frac{2}{\pi} \tan^{-1} \left(\frac{t - 14.6}{6} \right) \right\}}$$

where, E : arc voltage, Volt I : welding current, Amp. v : proceeding rate of bead, cm/min. T_0 : preheating temperature in case of local heating by a flame, $^{\circ}\text{C}$ t : plate thickness, mm
 β : constant $\begin{cases} 1 & \text{for bead on a plate or final layer of butt joint,} \\ 2 & \text{for T-fillet joint.} \end{cases}$

Namely, the cooling time is determined mainly by arc energy per unit bead length $J=60EI/v$, preheating temperature T_0 and plate thickness t . The other variables, that is, kinds of steel and covered electrode, kind of welding current, AC or DC, and others, have only small effects on the cooling time and it is considered that deviations of measured points from the mean line decided by the above mentioned main factors are due to these small effects. The above formula is applicable at the center parts of a bead, when the bead length and plate width are comparatively larger.

Next, according to the formula, a very convenient nomograph which is used practically was constructed.

I 緒 言

第1報¹⁾においては、連続冷却変態図を得るために用いた小試片および熔接部の fusion line 附近の冷却曲線の形状、冷却速度および冷却時間について述べた。また被覆アーク熔接棒の種類および交流、直流の相違が冷却時間に及ぼす影響について実測した結果を報告した。第2報²⁾においては鋼板の種類および鋼板寸法の影響について述べた。そして結局、熔接部の fusion line 附近の 800°C (は γ - A_3 変態点) から 500°C までの冷却時間に影響を及ぼす主要因子としては、接手の型式、板厚、ビードの単位長さ当りのアークでのエネルギー消費量および予熱温度であるので、これら個々の因子と冷却時間との関係を、被覆アーク熔接の場合について総括した。本報においては、被覆アーク

ク熔接につきこれらすべての主要因子を含めた一つの実験式を求め、この実験式から冷却時間を容易に推定する方法を提示した。

他の多くの研究者は熔接した板の温度を、位置と時間の函数として求めた。また fusion line 附近のある一定の温度における冷却速度を求めた。木原、鈴木、金谷^{3),4),5)}の諸氏は被覆アーク熔接の場合について、熔接諸条件から fusion line 附近のある一定の温度、特に 540°C における冷却速度を容易に推定する方法を、極めて手際よく案出した。そして 540°C における冷却速度から鋼材の熔接変質部の最高硬度を推定した。また Cottrell, Bradstreet⁶⁾ は 300°C における冷却速度を熔接後変質部の冷却途中に起る割れに関係づけ、この温度における冷却速度を熔接諸条件から推定する実験式を提案した。しかし fusion line 附近の点が 800°C から 500°C まで冷却する時間を推定する方法については、いまだ研究されていないようである。

著者は別報において、熔接用諸鋼材の連続冷却変態図を

* 原稿受付 昭和33年7月30日 (昭和33年度熔接学会秋季学術講演会において発表)

** 正員、名古屋大学工学部 Member, Faculty of Engineering, Nagoya University.

求めているが、この連続冷却変態図と関連して、熔接部の fusion line 附近の点の 800°C から 500°C までの冷却時間を推定する方法を確立しておくことは、第 1 報において述べた如く、実用的に極めて価値あるものと信ずる。

II 冷却時間と 1cm 当りアーク・エネルギー —消費量との関係式

板幅約 120 mm 以上の炭素鋼板または高張力鋼（低合金鋼）板中央に、被覆アーク熔接棒で比較的長いシングル・ビードを置く場合、ビード長中央附近の fusion line に近接した部分の 800°C から 500°C までの冷却時間と 1cm

Fig. 1 Relation between cooling time from 800°C to 500°C near fusion line and arc energy per unit bead length, in case of bead deposited on a plate at room temperatures

置く場合には、この直線からはずれる傾向がある。各板厚について直線の勾配 n を求めて、これらを平均すると 1.5 となる。したがって次式が得られる。

$$S = a \left(\frac{60EI}{v} \right)^n, \quad n = 1.5 \quad (1)$$

すなわち、

$$\log S = 1.5 \log \left(\frac{60EI}{v} \right) + \log a \quad (2)$$

ここに a は比例係数であって、板厚によって変化する。この値は後に掲げる Fig. 6 において、一定の $J = \frac{60EI}{v}$ に対する曲線について任意の板厚に対する冷却時間 S を求め、これらを (2) 式に代入して、決定することができる。そこで板厚 $t = 4$ mm, 8 mm, 12 mm, 16 mm および 20 mm について、それぞれ $\log a$ を決定し、(2)式を用いて S と $60EI/v$ との関係曲線を図示すると、Fig. 2 が得られる。ある板厚の鋼板に室温で、被覆アーク熔接棒を用い熔接電流 I Amp, アーク電圧 E Volt, ビード進行速度 v cm/min で、シングル・ビードを置く場合の fusion line 附近の 800°C から、500°C までの冷却時間は、この Fig. 2 によ

り当りアーク・エネルギー消費量との関係の測定結果は、第 2 報²⁾、Fig. 8 (板厚 16 mm については、同報 Fig. 11) に示した通りである。この測定点の分散は、主として被覆アーク熔接棒の種類および交流、直流正極性、直流逆極性の相違によるものである。これらの測定点の平均曲線から冷却時間 S sec と $J = 60EI/v$ Joule/cm との関係

を求め、両者を対数目盛に plot すると、Fig. 1 が得られる。これによると、対数 S と対数 J との間にはほぼ直線的関係がある。たゞし板厚 20 mm の鋼板上に大電流、低速度でビードを

Remarks: —Value of $\log a$ were calculated from experimental data of Fig. 6.

Fig. 2 Relation between cooling time from 800°C to 500°C near fusion line and arc energy per unit bead length, obtained by its experimental formula, in case of bead deposited on a plate at room temperatures

り推定することができる。

III 冷却時間と板厚との関係式

ビード長がある程度以上に長い場合には、ビード長中央附近の冷却時間は板長にあまり影響されない。また板幅が約 120 mm 以上でその中央にビードを置くときは、板幅の影響は僅少である²⁾。したがって板長、板幅をこのように選ぶときは、冷却時間は鋼板寸法のうち板厚のみの函数となる。

Cottrell, Bradstreet⁶⁾ は変質部の 300°C における冷却速度 R °C/sec について、次の実験式を提示した。

$$\frac{1}{\sqrt{R}} = \frac{P + 1000N}{54(300 - T_0)(1 + \frac{300 - T_0}{1000})(N + 0.5)} \quad (3)$$

ここに P はビード 1 in 当りのアーク・エネルギー Joule/in, N は熔接接手の Thermal severity number⁷⁾,

2 方向の熱流に対して $N = 4(t + b)$,

3 方向の熱流に対して $N = 4(t + 2b)$,

t は CTS 試験における上板の厚さ in., b は下板の厚さ in.

実際の熔接接手については、例えば 1/2 in の板の中央にビードを置く場合には、 $N = 4$ となる。

T_0 は板の初めの温度。

また T_0 が約 20°C の室温の場合には次式を得た⁷⁾。

$$\frac{1}{R} = \left(\frac{48P}{N \times 10^6} + 0.05 \right)^2 \quad (3')$$

そこでいま冷却時間 S sec と板厚 t mm との関係が、
仮りに次式で表わされるとする。

$$S = a + \frac{b}{t} + \frac{c}{t^2}, \quad a, b, c \text{ は定数} \quad (4)$$

(4)式が実測値にあてはまるかどうかを、調べてみよう。

(4)式に従って、横座標に $\frac{1}{t}$ をとり、縦座標に S をとって

図示した曲線上の一点を $(\frac{1}{t_0}, S_0)$ とし、 $\frac{1}{t} = X + \frac{1}{t_0}$,
 $S = Y + S_0$ とすれば、

$$Y + S_0 = a + b(X + \frac{1}{t_0}) + c(X + \frac{1}{t_0})^2$$

$$= (a + \frac{b}{t_0} + \frac{c}{t_0^2}) + (b + \frac{2c}{t_0})X + cX^2.$$

したがって $Y = (b + \frac{2c}{t_0})X + cX^2$ または

$$\frac{Y}{X} = b + \frac{2c}{t_0} + cX \quad (5)$$

すなわち横座標に X をとり、縦座標に $\frac{Y}{X}$ をとれば、

(5)式は直線であり、点 $(\frac{Y}{X}, X)$ はこの直線上の点である。

$J = 17300$ Joule/cm の場合には、Fig. 6 の測定値から
 $t_0 = 4$ mm をとれば、 $S_0 = 30$ sec であり、

$$\frac{Y}{X} = \frac{S - S_0}{\frac{1}{t} - \frac{1}{t_0}} = \frac{S - 30}{\frac{1}{t} - 0.25},$$

$$X = \frac{1}{t} - \frac{1}{t_0} = \frac{1}{t} - 0.25$$

となる。このような $\frac{Y}{X}$ および X を両座標にとって測定
値を図示すれば、Fig. 3 の $J = 17300$ Joule/cm に対する
関係が得られる。そして板厚約 20 mm 以下については、
直線関係となる。 $J = 28000$ Joule/cm の場合にも同様に直
線関係が得られる。したがって板厚約 20 mm 以下の測定
値については(4)式が成り立つことがわかり、一般に次のよ
うに書くことができる。

Fig. 3 Relation between $\frac{Y}{X}$ and X for $\frac{Y}{X} = b +$

$$\frac{2c}{t_0} + cX, \text{ where } Y = S - S_0, X = \frac{1}{t} - \frac{1}{t_0}$$

Fig. 4 Determination of a constant k_1 , when a general formula is,

$$S = k_1 \left(-10 + \frac{433}{t} - \frac{810}{t^2} \right)$$

$$S = k_1 \left(-10 + \frac{433}{t} - \frac{810}{t^2} \right) \quad (6)$$

(6)式において k_1 は主として、ビード 1 cm 当りのアー
ク・エネルギーによって定まる定数で、この値を Fig. 4
の直線の傾斜によって求めると、 $J = 17300$ Joule/cm の場
合には $k_1 = 0.63$ となり、 $J = 28000$ Joule/cm の場合には
 $k_1 = 1.27$ となる。

木原、鈴木、金谷の諸氏⁵⁾は $T = 700^\circ, 540^\circ$ および
 300°C における冷却速度 R $^\circ\text{C}/\text{sec}$ について、次の実験
式を提示した。

$$P = \left(\frac{T - T_0}{\beta \cdot I/v} \right)^{1.7} \cdot \left\{ 1 + \frac{2}{\pi} \tan^{-1} \left(\frac{t - t_0}{\alpha} \right) \right\}, \quad \frac{^\circ\text{C} \cdot \text{in.}}{\text{Amp. ipm.}} \quad (7)$$

$$R = 0.35 \cdot P^{0.8}$$

ここに t_0 および α は定数で、fusion line 附近のある
点の一定温度 $T^\circ\text{C}$ により次のように定める。

$T^\circ\text{C}$	700	540	300
$t_0(\text{in})$	0.39	0.56	0.78
$\alpha(\text{in})$	0.08	0.16	0.39

また P はパラメーターで、 β の値はビード置きの場合
1, すみ肉ビードの場合 0.8 である。

そこで 800°C から 500°C までの冷却時間 S sec. と板
厚 t mm との関係については、次式で表わされるとする。

$$S = \frac{k_2}{1 + \frac{2}{\pi} \tan^{-1} \left(\frac{t - t_0}{\alpha} \right)} \quad (8)$$

この式において板厚 $t = \infty$ のときは、 $T_{t=\infty} = \frac{k_2}{2}$. 実測
によれば $J = 17300$ Joule/cm のとき $T_{t=\infty}$ は約 5sec であ
るので、このときの k_2 は約 10 である。(8)式を書き直す
と、

$$\tan \frac{\pi}{2} \left(\frac{k_2}{S} - 1 \right) = \frac{t}{\alpha} - \frac{t_0}{\alpha} \quad (9)$$

もし(8)式が成立つものとするれば、(9)式から $\tan \frac{\pi}{2} \left(\frac{k_2}{S} - 1 \right)$ と t との間に直線関係が存在する筈である。そこで第2報²⁾, Fig. 9 の $J=17300$ Joule/cm の場合の S と t との関係の平均曲線から、 S と t を求め、 k_2 をそれぞれ 10, 9.5 および 9.7 として、 $\tan \frac{\pi}{2} \left(\frac{k_2}{S} - 1 \right)$ の値と t の値とを Fig. 5 のように plot すると、 k_2 が 9.7 の場合に直線関係が得られる。その直線関係から $k_2=9.7$, $\alpha=6$ および $t_0=14.6$ を求めることができる。Fig. 5 によると、 t が約 20 mm 以上では k_2 の値が僅かに異っても、(9)式の直線関係が成り立たなくなる。しかし k_2 を適当にえらべば、すべての板厚に対する実験式として(8)式を適用することができる、一般に次のように書くことができる。

Fig. 5 Determination of constants k_2 , α and t_0 in a formula $\tan \frac{\pi}{2} \left(\frac{k_2}{S} - 1 \right) = \frac{t - t_0}{\alpha}$, for $J = 17300$ Joule/cm

Fig. 6 Comparison of experimental data and its formula of cooling time as a function of t mm, in case of bead deposited on a plate at room temperatures

$$S = \frac{k_2}{1 + \frac{2}{\pi} \tan^{-1} \left(\frac{t - 14.6}{6} \right)} \quad (10)$$

実験式(6)または(10)から計算された曲線と実測値とを比較すると、Fig. 6 が得られる。これによると、両者は極めてよく一致していることがわかる。そして(6)式を用いる場合には板厚約 22 mm 以下について適用し、それ以上の板厚に対する冷却時間は、板厚約 22 mm のときの値と類似していると考えればよい。

(10)式において k_2 は $J = \frac{60EI}{v}$ によって定まる常数で、これを第2報²⁾, Fig. 8 の測定値から種々の J について

Remarks : — Values of k_2 were calculated

from experimental data of Fig.8 in Report 2.

Fig. 7 Relation between cooling time from 800°C to 500°C near fusion line and plate thickness, obtained by its experimental formula, in case of bead deposited on a plate at room temperatures

Fig. 8 Examples of thermal cycle, and relation between cooling time and cooling rate

求め、(10)式を用いて冷却時間 S sec と板厚 t mm との関係曲線を図示すると、Fig. 7 が得られる。

IV 冷却時間と予熱温度との関係式

ある温度 T における冷却速度 R は、第1報¹⁾、(6)式にしたがえば、 $R = -k(T - T_0)^n$ と書くことができる。そこで 800°C から 500°C までの冷却時間 S についても T を適当に選べば、次式で表わされると考えられる。

$$S = k(T - T_0)^{-n} \quad (11)$$

ここに k は常数、 T_0 は板の初めの温度すなわち予熱温度である。この際 T の値を何度にも選ぶか問題になる。これについて少し検討しよう。

Fig. 9 Relation between cooling time and $(600 - T_0)$, in case of bead deposited on a plate after preheating by flame, where T_0 : Preheating temperature, $^\circ\text{C}$

いて仮りに $T = 600^\circ\text{C}$ を選び、第2報²⁾、Fig. 10 の著者の測定値につき、 S と $(600 - T_0)$ との関係を両対数目盛に plot すると、Fig. 9 が得られる。これによると、板厚 14 mm についてもまた 20 mm についても直線関係が得られ、 n の値は平均して丁度 2 となる。したがって実験式として次式を得る。

$$S = k(600 - T_0)^{-2} \quad (12)$$

V 熔接諸条件と冷却時間との関係実験式およびノモグラフ

前述の主要因子と冷却時間との関係式を総合して、主要な熔接諸条件をすべて含めたパラメーター P_1 を次式で表すことができる。

$$P_1 = \frac{(60EI/v)^{1.5}}{(600 - T_0)^2} \times \left\{ \frac{250}{t} - 10 \left(1 - \frac{9}{t} \right)^2 \right\} \quad (13)$$

そこで(13)式を用い、前述までの測定値のすべて、すなわち約150個の測定値について P_1 を計算し、冷却時間 S sec と P_1 の値とを両対数目盛に plot すると、Fig. 10 が得

$$P_1 = \frac{(60EI/v)^{1.5}}{(600 - T_0)^2} \times \left\{ \frac{250}{t} - 10 \left(1 - \frac{9}{t} \right)^2 \right\}$$

Fig. 10 Summary of relation between cooling time and parameter P_1 , in case of bead deposited on a plate

られる。これによると測定値の平均については、直線関係が得られしかもその傾斜は丁度 1 で、比例係数は $1/10$ となる。したがって冷却時間と熔接諸条件との間の実験式としては、次の式が得られる。

$$S = \frac{(60EI/v)^{1.5}}{(600 - T_0)^2} \times \left\{ \frac{25}{t} - \left(1 - \frac{9}{t} \right)^2 \right\} \quad (14)$$

Joule/cm
°C·mm

ただし $t \leq 22$ mm.

Fig. 11 Summary of relation between cooling time and parameter P_2 , in case of bead deposited on a plate

(14)式は板厚 t が約 22 mm 以下について適用することができ、板厚が 22mm 以上についての冷却時間 S sec は板厚 22 mm についてのそれに近似している。(14)式では各項の幂数が 2 または 1.5 で簡単であるため、これによって冷却時間を計算することは比較的容易であり、この点(14)式は便利である。

板厚と冷却時間との関係式については、(6)および(10)の 2 つの式が示されており、したがって(10)式を用いたパラメーター P_2 は次式で表わされる。

$$P_2 = \frac{(60EI/v)^{1.5}}{(600 - T_0)^2 \cdot \left\{ 1 + \frac{2}{\pi} \tan^{-1} \left(\frac{t - 14.6}{6} \right) \right\}} \quad (15)$$

そこで上述と同様にして、 S と P_2 との値を両対数目盛に plot すると、Fig. 11 に示すような一本の直線関係が得られる。この直線の勾配は 1 であり、比例係数は 1.35 である。したがって冷却時間と熔接諸条件との間の実験式は次式となる。

$$S = \frac{1.35(60EI/v)^{1.5}}{(600 - T_0)^2 \cdot \left\{ 1 + \frac{2}{\pi} \tan^{-1} \left(\frac{t - 14.6}{6} \right) \right\}} \quad (16)$$

Joule/cm
°C·mm

(16)式はすべての板厚に対して適用することができる。(14)式または(16)式は、鋼板上にビードを置いた場合であるが、これはまた突合せ接手の最終層を置く場合に相当する。

Fig. 12 には、種々の熔接接手の場合につき、冷却時間 S sec と $J = \frac{60EI}{v}$ Joule/cm との関係を両対数目盛で示した。これらはすべて板厚 16 mm の鋼板を室温で熔接したものである。これによるといづれの熔接

接手の場合も n の値はほぼ一定で前述同様 $n = 1.5$ と置くことができる。そして板厚 t mm および予熱温度 T_0 °C についても前述と同様な関係式で示されるとすると⁵⁾、 T 型隅肉接手の場合には冷却時間 S_T sec は、Fig. 12 からビード置きの場合のそれ S の丁度 $\frac{1}{2}$ となり、次式で示される。

$$S_T = \frac{S}{2} = \frac{0.67(60EI/v)^{1.5}}{(600 - T_0)^2 \cdot \left\{ 1 + \frac{2}{\pi} \tan^{-1} \left(\frac{t - 14.6}{6} \right) \right\}} = \frac{1.35(0.63 \times 60EI/v)^{1.5}}{(600 - T_0)^2 \cdot \left\{ 1 + \frac{2}{\pi} \tan^{-1} \left(\frac{t - 14.6}{6} \right) \right\}} \quad (17)$$

Fig. 12 Relation between cooling time and arc energy per unit bead length, in cases of various weld joints

Fig. 13 Nomograph for calculating cooling time in case of manual arc welding process with covered electrode

(16)式および(17)式を用いて、実際に冷却時間 S および S_T を計算することは比較的面倒であるので、実用上便利なノモグラフを作成した。このノモグラフを Fig. 13 に示す。これは(16)式および(17)式で計算して得られたもので、その読み方は次のようにする。

まず使用した熔接電流 I Amp., アーク電圧 E Volt, ビードの進行速度 v cm/min から、ビード 1 cm 当りのアーク・エネルギー $J = 60EI/v$ Joule/cm を計算し、その値を Fig. 13 の左側の目盛から読みとる。この際、鋼板上にビードを置いた場合または突合せ接手の最終層を置いた場合には左の列の目盛を、また T 型隅肉接手の場合には右の列の目盛を使用する。次に鋼板の板厚を、一番右側の目盛から読みとり、これと J の値とを直線で結び、これと冷却時間 S の左側のスケールとの交点の目盛を読めば、この熔接条件で室温で熔接した場合の冷却時間が得られる。例えば Fig. 13 の(1)の直線のように、 $J = 1800$ Joule/cm, 板厚 $t = 10$ mm, 室温で鋼板上にビードを置いた場合には、冷却時間 S は 16.5 sec となる。次に、鋼板を火焰で局部予熱した場合には、さらに予熱温度 T °C スケールを使用し、上述 S の左側スケールの目盛の読みと予熱温度とを直線で結び、これと S の右側スケールとの交点の目盛を読めば、その温度に予熱した場合の冷却時間が得られる。例えば(2)の直線のように、200°C で予熱した場合には、室温で熔接した場合に冷却時間が 16.5 sec であったものが 37 sec になる。

VI 結 論

炭素鋼、高張力鋼（低合金鋼）を被覆アーク熔接する場合、熔接部の fusion line 附近の 800°C から 500°C までの冷却時間 S sec は、次の実験式によって求めることができる。

$$S = \frac{1.35(60EI/v)^{1.5}}{\beta(600 - T_0)^2 \cdot \left\{ 1 + \frac{2}{\pi} \tan^{-1} \left(\frac{t-14.6}{6} \right) \right\}}$$

ここに E : アーク電圧, Volt, I : 熔接電流, Amp.,

v : ビード進行速度, cm/min

T_0 : 火焰による不均一加熱の場合の予熱温度, $^{\circ}\text{C}$.

t : 板厚, mm

β : 常数で鋼板上にビードを置く場合または突合せ接手の最終層を置く場合には 1, T 型隅肉接手の場合には 2.

すなわち冷却時間は主として, $J=60EI/v$ Joule/cm, 予熱温度 $T^{\circ}\text{C}$ および板厚 t mm によって定まる。その他例えば鋼種、被覆アーク熔接棒の種類および使用電流の交流、直流の相連などもまた冷却時間 S に影響し、これらの差異が Fig. 11 の平均直線からのバラツキの因となっている。上式はビード長および板幅が比較的大きい場合のビード中央附近に対して適用される。

上式を用いて実用上極めて便利なノモグラフを作成した (Fig. 13)。このノモグラフによって熔接諸条件から直ちに冷却時間を推定することができる。すなわち Fig. 13 において, J 目盛と板厚 t 目盛とを直線で結び、室温の場合の S 目盛との交点を読めば、その場合の冷却時間が得られる。またこの目盛と T_0 目盛とを直線で結び、予熱の場合の S 目盛との交点を求めれば、その予熱温度に対する冷却時間が得られる。

終りに臨み本研究は、昭和30年度科学研究費交付金による名古屋大学機関研究（関口教授担当、文部省課題番号 9067）「高張力鋼の熔接感受性の軽減ならびに熔接亀裂の防止に関する基礎的研究」の一環として、行われたものであることを附記する。

本研究遂行に当り、終始御懇篤なる御指導御鞭撻を賜った関口春次郎教授に深甚なる感謝の意を表する。

文 献

- 1) 稲垣道夫, “鋼材の熔接諸条件と冷却時間(第1報), A. 冷却曲線, 冷却速度, 冷却時間について, B. 被覆棒および電流の種類が冷却時間に及ぼす影響”, 本誌, 27 (1958), No. 12.
- 2) 稲垣, “同上(第2報), 被覆アーク熔接の場合の測定結果の総括”, 本誌, 28 (1959), No. 1.
- 3) 木原博, 鈴木春義, 金谷文善, “鋼の熔接硬化に関する研究(第1報), 冷却速度の測定”, 本誌, 26 (1957), No. 2, 83-90.
- 4) 木原, 鈴木, 金谷, “同上(第2報), 冷却速度と硬度”, 本誌, 28 (1957), No. 7, 442-446.
- 5) 木原, 鈴木, 金谷, “同上(第3報), 各種構造用鋼の熔接硬化とその推定”, 本誌, 27 (1958), No. 1, 36-42.
- 6) C.L.M. Cottrell, B.J. Bradstreet, “A Method for Calculating the Effect of Preheat on Weldability,” British Welding J., (1953), No. 5, 305-309.
- 7) C.L.M. Cottrell, “Controlled Thermal Severity Cracking Test Simulates Practical Welded Joints,” Welding J., 32 (1953), No. 6, 257-s/272-s.

Svarotchnoe proizodstvo (熔接生産) No. 11 (1957) 目 次

10月革命40周年記念日までの熔接技術	1
Liubauskii K.V. & Iarovinskii L.M. — 機械工業におけるアーク熔接	4
Nikolaev G.A. — 建築構造の熔接	9
Rykalín N.N. & Okerblom N.O. — 熔接現象の理論的發展における幾つかの方向	13
Paton B.E. — フラックスによる自動熔接	17
Peterov A.V. — 保護ガス被包アーク熔接	21
Sokolov E.V. — アーク熔接および肉盛用電極棒	24
Kochanovskii N. Ia. — アーク熔接機	27
Gelman A.S. — 抵抗熔接の現状と発達経過	31
Shashkov A.N. — 40年間に於けるガス焰加工	35
Voshtchanov K.P. — 補修作業における熔接	38
Nikolaev V.B., Dmiroev P.T., Kazennov Iu. I. & Xarchenko A.B. — 第一原子力発電所リアクター附属パイプの熔接	42
Klimbitskii Z.L., Melnikov L.A. & Iashutkin G.F. — 蒸気タービンダイヤフラムの炭酸ガス被包自動熔接	46
VH11 Avtogen — 酸素—フラックス切断機 UR×S を有する工場の参考のために	49

(益 本)