

溶接変形の熱弾塑性パラメータによる検討

大阪大学 工学部 溶接工学科

佐藤 邦彦

寺崎 俊夫

・市橋 豊紀

溶接構造物の施工上、もっとも重要な問題の一つとして溶接変形の管理がある。軟鋼手溶接の変形に関する著者の一人が系統的に取り扱っているが¹⁾、溶接構造用材料の多様化、溶接技術の進歩に伴い、変形の系統的な取り扱いが必要となっている。本報告は変形の整理パラメータとして著者の一人が導き、現在よく使用されているパラメータ²⁾（「従来のパラメータ」と呼ぶ）と熱弾塑性パラメータ³⁾を実験により比較している。使用材料の材料定数と溶接方法をTable 1に示す。実験は200×200×8mm（板厚）の試験片にビード溶接を行ない、横収縮率と横曲り変形角を測定した。

溶接start部と終了部のビード不連続はtab板で除いた。溶接方法を変化させた結果をFig. 1, 2に示す。Fig. 1は従来のパラメータで整理したものである。（η：熱効率 I：電流 V：電圧 v：溶接速度）Fig. 2は熱弾塑性パラメータで整理したものである。（参考文献(2)参照）従来のパラメータで整理したものは実験値のバラツキが大きく溶接方法が変化すると実験曲線も変化している。熱弾塑性パラメータで整理したものはバラツキが少ない。また、横収縮はTigを除いて一本の曲線に乗っている。横曲り変形はピーク値まで一本の曲線に乗り、ピーク後三本の曲線にわかれている。三本の曲線に分離するのは溶け込み形状の相違による。photo. 1に示すようにTigは板厚方向に熱が集中的に与えられるため、横収縮は手溶接、Migに比べて入熱の小さい所で45°直線に近付く（45°直線は瞬間平面熱源を与えた場合に熱膨張量がすべて横収縮になるとして求めている。）横曲り変形も同様にしてピーク後での小さな値で小さくなる。Migのspray typeはフィンガー形状を示し、T型溶け込み形状となる。このため、フィンガー形状の底部を含む断面は横曲り変形に寄与しないが、肩部の領域が手溶接より広がっているため横曲り変形は大きくなってしまい、またvが大きくなるとフィンガー形状が顕著になり、横曲り変形角はさがりにくい。以上より、熱弾塑性パラメータを使うと溶接方法の相異は溶け込み形状の相異として取り扱える事がわかる。Fig. 3, 4に材料が変化した場合を示す。

Fig. 3は従来のパラメータで整理したものである。材料の相異と溶接変形曲線に明確な対応がない。Fig. 4は熱弾塑性パラメータで整理したものである。材料の相異は降伏応力が零となる温度の無次元量T_Mであらわされ、溶接変形はT_Mの順番になっている。これにより、実験式

$$\begin{aligned} \text{横収縮 } \delta/\epsilon_{Y_0} h &= a T_0^2 + b T_0 & T_0 \leq C \\ \delta/\epsilon_{Y_0} h &= T_0 & T_0 > C \end{aligned}$$

但し、

$$\left\{ \begin{array}{l} a = -9.26 \times 10^{-4} T_M + 2.62 \times 10^{-2} \\ b = 9.3 \times 10^{-3} T_M + 1.38 \times 10^{-1} \\ C = 1.852 T_M + 2.76 \times 10 \end{array} \right.$$

$$\text{横曲り変形 } \theta/\epsilon_{Y_0} = n T_0 / [(T_0 - l)^2 + m]$$

但し、 $l = 0.33 T_M + 8.01$ $m = 40.47 T_M - 51.61$ $n = 8.18 (T_M - 4.04)^2 + 66.6$
が導かれる。上式より、溶接変形未知材料の変形はT_Mが与えられると求まる。
Fig. 3, 4の曲線は上式より導いたものである。

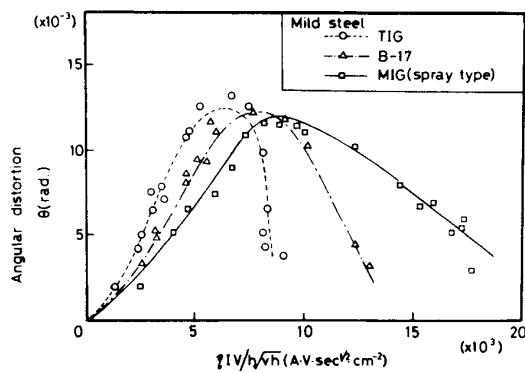
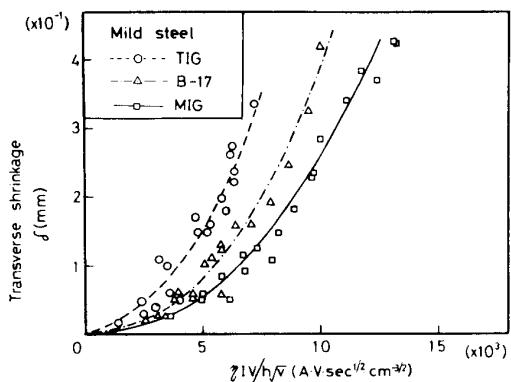


Fig. 1

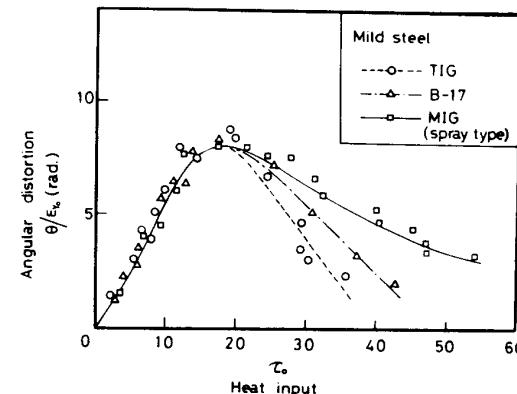
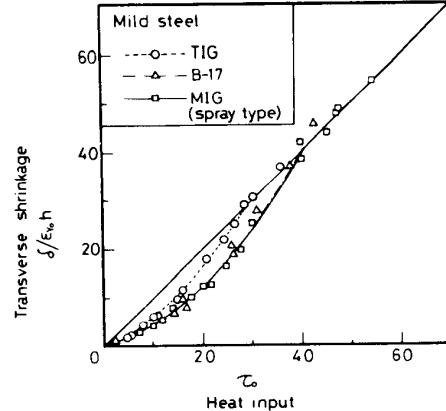
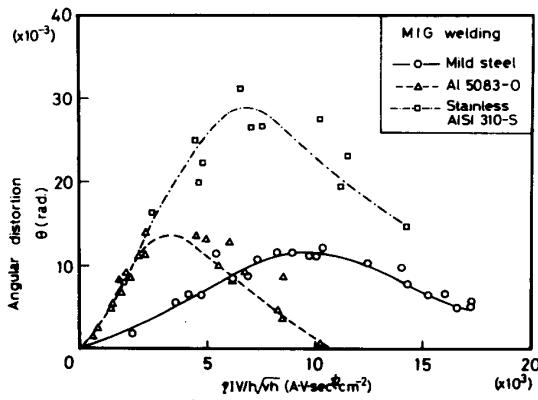
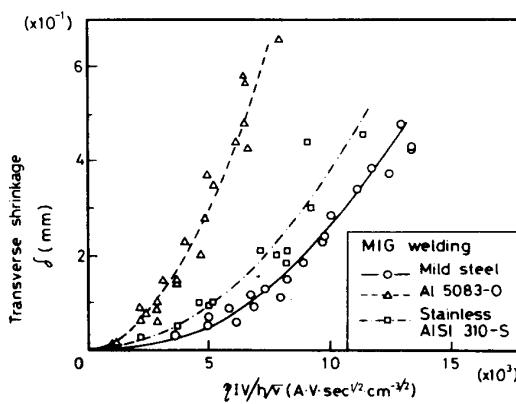
Photo. 1 $\tau_0 = 30.5$ 

Fig. 2

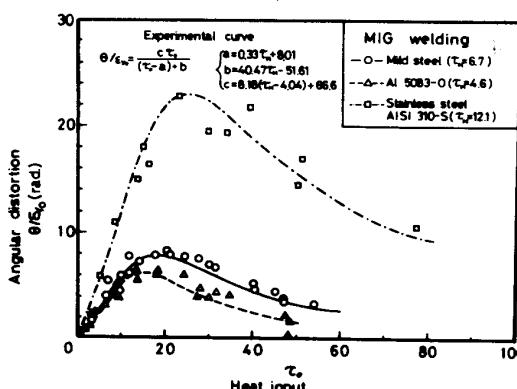
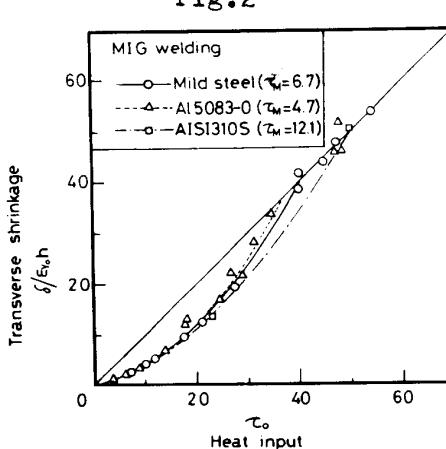


Table 1 Variables

	Mild Steel	Al5083-O	AISI310S
C (cal/ $^{\circ}$ C·gr)	0.13	0.23	0.12
ρ (gr/cm ³)	7.8	2.64	8.03
E (kg/mm ²)	21,000	7,100	20,400
σ_y (kg/mm ²)	31	14.8	28
E_0 (σ_y/E)	1.48×10^{-3}	2.11×10^{-3}	1.38×10^{-3}
T_M ($^{\circ}$ C)	830	430	950
$\tau_M(\tau_0 E_0 / \sigma_y)$	6.7	4.6	12.1
α ($^{\circ}$ C ⁻¹)	1.2×10^{-5}	2.38×10^{-5}	1.75×10^{-5}
η	Mig Covered arc Tig	0.7 0.8 0.65	0.7

C : Specific heat
 ρ : Density
 E : Young modulus
 σ_y : Yield stress at 0° C
 E_0 : Yield strain at 0° C
 T_M : Temperature at $\sigma_y=0$
 α : Coefficient of thermal expansion
 η : Thermal efficiency

- 1) 佐藤 「ビード溶接による横収縮、横曲り変形と溶接条件の関係」 溶学25巻4号1956年
- 2) 佐藤 「溶接応力・歪・変形に関する熱弾塑性パラメータについて」 本稿