熔着金属の機械的性質 (第2報)*

—— ワンパスファイレット熔接棒についての切欠脆性 ——

松原十四生** 中山 浩**

Mechanical Properties of Weld Metal (Report 2)*

—— Notch Sensitivity on Various One-Pass Fillet Welding Electrodes ——

By T. Matsuhara** and H. Nakayama**

Abstract.

Impact tests were conducted at various temperatures on many impact specimens with V notch taken from one-pass weld metal obtained by one-pass welding using the various kinds of one-pass fillet welding electrodes.

Tests results reported in this paper indicate that transition temperatures of one-pass weld specimens are close to room temperature and higher than that of base metal.

I 緒 言

近年熔接工数節減のため熔接棒はますます太くなり、一層熔接で完了する機会が多くなってきた。特に隅肉熔接においては殆ど大部分この熔接方法が採用されている。従つて使用上から考えると、熔着金属の性質は一層熔接における熔着金属についても究明しておく必要がある。

予備試験 (第1報)† において樹状晶の発達した一層熔接の熔着金属と微細な多層熔着金属においては衝撃値に格段の相異のあることを報告した。

本報においては 0.3%C 鋼を使用した高酸化鉄系熔接棒、普通線材を使用した高酸化鉄系及び鉄粉系熔接棒の3種のワンパス・ファイレット熔接棒について、一層熔着金属の衝撃試験片の衝撃値について比較検討を行った。

II 実験方法

棒径 6.4% および 5% の熔接棒を用いて水平隅肉熔接

Fig. 1 Dimensions of impact specimens

Fig. 2 Location of impact specimens in bead-on-plate weld of multipass weld.

を行つた場合、脚長 7~8% のビードが得られる。これより採取し得る衝撃試験片は厚さ 5% であると考え、Fig. 1 の如き断面 10%×5% の衝撃試験片を採用し、Fig. 2 に示す如く多数の衝撃試験片を取り種々の温度で破壊を行つた。使用熔接棒は国産の高酸化鉄系 (0.3%C 鋼心線) 高酸化鉄系 (軟鋼心線) および鉄粉系の三種を選んだ。第一表に使用熔接棒の詳細を示す。使用母材は造船用鋼板 (SS

* 原稿受付 昭和31年12月27日 (昭和32年度熔接学会春季學術講演会において発表)

** 正員 東京熔接棒株式会社 Member, Tokyo Yosetsubo Co. Ltd.

† 熔接学会誌 Vol. 26, (1957), No. 9, p. 563

Table 1 Electrodes Used

Mark	Brand	Coating type	Core wire	Electrode diameter (mm)
A		High iron oxide type	0.3%C steel	6.4
B		〃	〃	6.4
C		〃	〃	6.4
D		〃	SWY 11	6.4
F		〃	〃	6.4
F		〃	〃	6.0
G		Iron powder	〃	5.0
H		〃	〃	5.0
I		〃	〃	5.0

Table 2 Chemical Composition of Steel Plate

Classification	JIS mark	Chemical composition					
		C	Si	Mn	P	S	Cu
Rolled steel plate for general construction	SS 41	0.15	0.01	0.49	0.012	0.011	0.28

-41) を主体とした。第 2 表に鋼板の化学分析値を示した。

A. 試験片寸法の衝撃値および脆化面積に及ぼす影響

まず Fig 1 に示す衝撃試験片 (断面 $10\% \times 5\%$) と従来行われている衝撃試験片 ($10\% \times 10\%$) との関連性を調べた。熔接は多層盛を行い Fig. 2 に示す如く熔着金属より断面 $10\% \times 10\%$ および $10\% \times 5\%$ の衝撃試験片を各々 10 個採取し、種々の温度で破壊を行った。高酸化鉄系 (0.3%C 心線) についての衝撃値および脆化面積と温度との関係を Fig 3 および 3', 高酸化鉄化系 (軟鋼心線) のそれを Fig. 4 および 4' に、鉄粉系の結果を Fig. 5 および 5' にそれぞれ示す。

Fig. 3 Effect of specimen size of multi-pass weld on charpy impact value (Electrode C. High iron oxide type. 0.3%C steel core wire.)

Fig. 3' Effect of specimen size on brittle area of multi-pass weld impact specimen (Electrode C. High iron oxide type. 0.3%C steel wire)

Fig. 4 Effect of specimen size of multi-pass weld on charpy impact value (Electrode. D. High iron oxide type. Mild steel core wire)

Fig. 4' Effect of specimen size on brittle area of multi-pass weld impact specimen (Electrode. D. High iron oxide type. Mild steel core wire)

Fig. 5 Effect of specimen size of multi-pass weld on Charpy impact value (Electrode I. Iron powder type. Mild steel core wire)

Fig. 5' Effect of specimen size on brittle area of multi-pass weld impact specimen (Electrode I. Iron powder type. Mild steel core wire)

結果を総括すると、各熔接棒について略々同じ様な傾向を示し、衝撃値についてみれば試験片の大きさが $\frac{1}{2}$ になると衝撃値が低温において著しく上昇する。そして $10\% \times 10\%$ 試片の衝撃値が $2.6 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{cm}^2$ を示す点における $10\% \times 5\%$ 試片の衝撃値は 5 乃至 6 を示し著しく改善されている。

次に衝撃試験片の断面の脆化面積についてみれば、試片の大きさが $\frac{1}{2}$ になると脆化部が小になり、脆化部の面積が全断面の50%を占める時の温度は各被覆系について略々同じ値を示し、 $10\% \times 10\%$ 試験片では約 -40°C 、 $10\% \times 5\%$ 試片では約 -20°C を示している。すなわち三種の熔接棒について試片の大きさが $\frac{1}{2}$ になると、その衝撃値は値は低温において著しく良好となり、脆化が起り難いことが推定される。

B. 一層熔接における熔着金属の衝撃値および脆化面積に及ぼす試片採取方法の影響。

次に高酸化鉄系熔接棒 ($0.3\% \text{C}$ 銅心線) を用いて衝撃試験片の採取位置が衝撃値ならびに脆化面積に及ぼす影響を及ぼすかを検討するため下向熔接および水平隅肉熔接を一層熔接にて行い、それより Fig 7 および 7' の如き位置から衝撃試験片を採取した。この場合下向熔接における試験片採取位置を Fig 6 に示す。しかる後上記と同様にして衝撃試験を行い、同時に脆化面積を調べ両者の差異

Fig. 6 Location of impact specimens in bead-on-place weld

Fig. 7 Effect of specimen position on impact values of one pass weld impact specimens (Electrode A. High iron oxide type. Mild steel core wire)

Fig. 7' Effect of specimen position on brittle area of one pass weld impact specimens (Electrode A. High iron oxide type. Mild steel core wire)

を比較検討した。図示の如く、衝撃値においては殆んど差異が認められず、脆化面積についても殆ど差異がないものと推定される。

C. 熔着金属の衝撃値および脆化面積に及ぼす熔接方法（一層および二層熔接）の影響

Fig 6 に示す如き 10%×150%×300% の試験板に深さ 6% の溝を切削し、各被覆系熔接棒を使用し、一層および二層にて熔接を行った。衝撃試験片は図の如く 10ヶ採取し、試片の大きさは 10%×5% とした。高酸化鉄系（軟鋼心線）についての衝撃値および脆化面積の結果を Fig 8 および 8' に示す。衝撃値についてみれば二層熔接を行ったものは一層熔接棒を行ったものに比し、全温度界域に亘って著しく高い値を示し、低温においては母材（SS-41）よりも良好な結果を示した。脆化面積についてみると、脆化部が全断面の 50% を占める温度は二層熔接部では約 -30°C、

Fig. 8 Effect of welding procedure one pass & two pass weld on impact value of weld metal (Electrode A. High iron oxide type. Mild steel core wire)

Fig. 8' Effect of welding procedure one pass and two pass weld on brittle area of impact specimens (Electrode A. High iron oxide type. 0.3% core wire)

一層熔接部試片が約 +30°C、母材が約 0°C となり、一層熔接部は低温において極めて著しい脆化を示している。

次に高酸化鉄系熔接棒（0.3% C 鋼心線）の結果を Fig. 9 および 9' に示す。これについても上記と略々同様の傾向が見られる。同様に熔接棒 C, D, E, F, G, H, I のそれぞれについての結果をそれぞれ Fig 10, 10', Fig 11, 11', Fig 12, 12', Fig 13, 13', Fig 14, 14', Fig 15, 15', Fig 16, 16' に示す。

各被覆系についてみると、衝撃試験片においては二層熔接試験片は一層熔接試験片に比し全温度界域に亘って著しく高い値を示し、特に低温においては良好な値を示し、低い遷移温度を示していることがわかる。そしてその殆どものは低温においては母材（SS-41）よりも良好な値を示しているが、高温においては母材（SS-41）より低い値を示すものも若干認められた。脆化面積についてみれば衝撃

Fig. 9 Effect of welding procedure (one pass & two pass weld) on impact value of weld metal (Electrode B. High iron oxide type 0.3% C steel core wire)

Fig. 9 Effect of welding procedure (one pass & two pass weld) on brittle area of impact specimens

(Electrode B. High iron oxide type. 0.3%C steel core wire)

Fig. 10 Effect of welding procedure (one pass & two pass weld) on impact value of weld metal
(Electrode C. High iron oxide type. 0.3%C steel core wire)

Fig. 10' Effect of welding procedure (one pass & two pass weld) on brittle area of impact specimens
(Electrode C. High iron oxide type. 0.3%C core wire)

Fig. 11 Effect of welding procedure (one pass & two pass weld) on impact value of weld metal
(Electrode D. High iron oxide type. Mild steel core wire)

Fig. 11' Effect of welding procedure (one pass & two pass weld) on brittle area of impact specimens
(Electrode D. High iron oxide type. Mild steel core wire)

Fig. 12 Effect of welding procedure (one pass & two pass weld) on impact value of weld metal
(Electrode E. High iron oxide type. Mild steel core wire)

Fig. 12' Effect of welding procedure (on brittle area of impact specimens)
(Electrode E. High iron oxide type. Mild steel core wire)

Fig. 13 Effect of welding procedure (one pass & two pass weld) on impact value of weld metal
(Electrode F. High iron oxide type. Mild Steel core wire)

Fig. 13' Effect of welding procedure (one pass & two pass weld) on brittle area of impact specimens
(Electrode F. High iron oxide type. Mild steel core wire)

Fig. 14 Effect of welding procedure (one pass & two pass weld) on impact value of weld metal
(Electrode G. iron powder type. Mild steel core wire)

Fig. 14' Effect of welding procedure (one pass & two pass weld) on brittle area of impact specimens
(Electrode G. iron powder type Mild steel core wire)

Fig. 15 Effect of welding procedure (one pass & two pass weld) on impact value of weld metal
(Electrode H. iron powder type. Mild steel core wire)

Fig. 15' Effect of welding procedure (one pass & two pass weld) on brittle area of impact specimens (Electrode H. iron power electrode. Mild steel core wire)

Fig. 16 Effect of welding procedure (one pass & two pass weld) on impact value of weld metal (Electrode I. iron powder type. Mild steel core wire)

Fig. 16' Effect of welding procedure (one pass & two pass weld) on brittle area of impact specimens (Electrode I. iron powder electrode. Mild steel core wire)

値を相似たことがいえるが、大体において脆化面積が全断面面積の50%に達する温度差は約 20°C であり、一層熔接においては著しく高温側に移動している。そして母材は略両者の中間に位することが認められた。

D. 一層熔接における熔着金属の衝撃値および脆化面積に及ぼす熔接棒被覆の影響。

上記の結果を総括し、一層熔接における熔着金属の衝撃値および脆化面積が熔接棒の種類によっていかに影響されるかを検討してみた。それを Fig 17, および 17' に示す。

Fig. 17 Charpy impact values of one pass weld specimens

Fig. 17' Brittle area of one pass weld impact specimens

図示の如くいずれの熔接棒の一層熔接においても、その衝撃値は母材 (SS-41) のそれに及ぼす低い値を示している。脆化面積についてみると、脆化面積が全断面面積の50%を占める温度は高いいずれの場合にも母材よりも脆化しやすい状態にある。そして特定の被覆系式を使用したものが必ずしも悪いとは限らない。

E. 二層熔接における熔着金属の衝撃値および脆化面積に及ぼす熔接棒被覆の影響。

同様に二層熔接における被覆系の影響について検討した結果を Fig 18, および 18', に示す。この場合は一層熔接

Fig. 18 Charpy impact values of two pass weld specimens

Fig. 18' Brittle area of area weld impact specimens

Fig. 19 Charpy impact values of one pass fillet weld

Fig. 19' Brittle area of one-pass fillet weld impact specimens

の場合に比し低温側においては全部の熔接棒について衝撃値は母材 (SS-41) よりも高い値を示している。そして遷移温度も一層熔接に比して約 60°C 低温側にあり良好な結果を示している。脆化面積についても略々同様の事がいえ、50%脆化の際の温度は母材 (SS-41) よりも全部の熔接棒について低い値を示した。

F. ワンパス、フイレット熔着鋼の衝撃値

ワンパス、フイレット熔着部より Fig 19 の如く衝撃試験片を採取し、種々の温度で破壊を行い、同時に各被覆系による相異を検討した。前図と同様に母材の衝撃値より甚だ不良なることを示している。

G. 切欠のない衝撃試験片の衝撃値

以上一層熔接におけるノッチのある試験は母材より著しく不良であることがわかったがいままし切欠の如き欠陥なしに熔接し得るものとすれば、その場合の一層熔着金属の衝撃値はいかに相異するかを調査してみた。第3表にVノッチを入れない切欠のない試片についての衝撃値を示す。試験機の関係上試験温度は -40°C のみについて行った。この場合においても一層熔着金属の衝撃値は母材に比し甚

だ不良で、二層熔接を行うと母材に匹敵するものが現われる。

被覆式による格段の相異は認められず、むしろ被覆剤の配合比による影響の方が顕著であると考えられる。

いままし切欠のない熔着金属ができれば母材に比し劣るとはいえ相当高い衝撃値を持つことを示している。

III 結 言

ワンパス、フイレット熔接棒による熔着金属について、実際の使用面より考慮した機械的性質の一端を調査した。

本試験には一層熔接を行った熔着金属の衝撃試験を行うため、断面 10%×5% の特殊な形の試験片を採用し、各種の被覆式式のワンパス、フイレット熔接棒による熔着金属の試験を行った。

実験の結果次のことが判明した。

1. 本試験片による衝撃値は低温側において著しく良好となり、従来の試験片による場合と関連性がある。
2. 本試験に採用した試験結果は実際の隅肉熔接部より採取したものと大差ない。

Table 3 Impact Values of Specimens Without Notch (Cross section of specimen: 5%×10%)

Mark	Brand	Coating type	Core wire	Coating diameter (m/m)	Testing temp (°C)	Charpy Impact Value (No Notch) (kg·m/cm ²)	
						One pass weld	Lower part of two pass weld
A		Highiron oxide type	0.3%C steel	6.4	-40	31.4	33.0
B		〃	〃	6.4	〃	33.2	35.4
C		〃	〃	6.4	〃	21.8	36.8
D		〃	SWY 11	6.4	〃	26.4	75.0
E		〃	〃	6.4	〃	15.6	22.0
F		〃	〃	6.0	〃	16.4	24.4
G		Iron powder type	〃	5.0	〃	21.0	60.6
H		〃	〃	5.0	〃	12.6	27.6
I		〃	〃	5.0	〃	21.4	24.2
L		Base metal (SS-41)				58.6	

3. 一層熔着金属の遷移温度は常に常温にあり母材より遙かに高温である。

4. この上にさらに一層熔接を行うと、下層部の熔着金属の遷移温度は母材より低温となる。

5. 一層盛熔着金属の衝撃値は被覆系式による大差は認め

られない。むしろ個々の被覆剤配合および心線成分の相異による変化の方が大きい。

終りに臨み本実験を行うに当り、当社取締役清水尚氏より終始御指導、御鞭撻を賜りましたことに対しまして深甚なる謝意を表します。

炭酸ガス関口線材アーク熔接法について (第5報)*

— 送給ガス中の酸素の効果 —

関口 春次郎** 益 本 功**

On the Carbon Dioxide-Sekiguchi's Filler Wire-Arc Welding Process (Report 5)*

— Effects of oxygen mixed in the supplied gas —

By H. Sekiguchi** and I. Masumoto**

Abstract

The C. S. Arc Welding Process does not produce so much quantity of slag as the submerged arc welding process or manual arc welding process with coated electrode, because this process needs no flux. But since the filler wire for this process contains much quantities of deoxidizers, the quantity of deoxidation-product is comparatively large. And the product, risen up from the molten weld metal, remains partly on the surface of bead.

In case of the multi-pass-welding of thick plates, it is desirable to remove completely this small amount of slag. This slag can be removed by a chipping-hammer, and it is not easy to remove the slag by wire-brushing only. If it will be able to controll the composition of deoxidation-product, the covering and the removal-facility of slag may be improved.

In this process, it is unable to controll the properties of weld metal by flux as in cases of the submerged arc welding process and manual arc welding process.

* 原稿受付 昭和31年12月26日 (昭和23年度熔接学会春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