塗装面に対する熔接施工について*

吉田俊夫** 松永和介** 金谷文善** 小野靖彦**

Weldability of Steel Coated with Various Paints*

By T. Yoshida,** W. Matsunaga,** F. Kanatani** and Y. Ono**

Abstract

In order to investigate the weldability of mild steel coated with various paints, we made some experiments and obtained the following summaries ;

1. In manual welding (low hydrogen type and ilmenite type) and semi-automatic welding (high iron powder type), several kinds of paints, including wash primer, iron oxide, zinc chromate and new paint (oleoresinous) whose film thickness not exceeding 2 mils, had little effect on the ease of arc start, arc stability, bead appearance and on the result of the radiographic inspection.
2. Every paint film having thickness of not less than 5 mils had significant effect on the weldability of mild steel.
3. Paint films were very harmful in submerged arc welding, irrespective of kinds of paints or film thickness.
4. According to the Lehigh restraint tests, a 2-mil coat of wash primer and new paint (oleoresinous) had no effect but iron oxide and zinc chromate caused a slight rise of crack sensitivity.
5. 2-mil coat of four kinds of above-mentioned paints has no detrimental effect on V-notch Charpy impact values of deposited metals, though wash primer lowered them a little.
6. Viewing from what we stated above, we may say that wash primer, iron oxide, zinc chromate and new paint (oleoresinous) films, not exceeding a film thickness of 2 mils, have no detrimental effect on the weldability of mild steel in manual welding and semi-automatic welding.

1 緒 言

船体を構成する鋼材を有機塗膜によって防食する場合塗装前処理の中最も重要で塗装初果を非常に大きく左右する要素は Descaling であるが、このいわゆる「錆落とし」は同時に最も工数を要するばかりでなくその Grade の指定および指示された Grade の維持のコントロールがむずかしい。更に腐食環境のきびしい個所にミルスケールを残して塗装した場合、激しい電気化学的腐食を誘発する危険性もまた知られる通りである。

我々はこの Descaling をショット・ブラスターにより機械的に均一に確実に施工した後直ちに Primer を塗装することにより、次のような利益を得ることができる。

(イ) 塗装前処理の完全化。

(ロ) Storage または Handling, Construction 中の鋼材の防食

(ハ) 現場における錆落としおよび Primer (1 回目) 塗装に要する外業工数の省略 (但し部分的な補修は必要)

(ニ) Priming Coat の Holiday Work の解消による防食の完全化 (特にビーム、スチフナー、フレーム等の背面) が労せず実現できる。

この場合必然的に塗装面に対する熔接施工といった問題が生じて来る。

塗装面に対する熔接施工の可否に関する研究はすでに各方面において行われ、厚さ 3mil (0.08mm) 程度のある種の塗膜、例えば Iron Oxide や Zinc Chromate 等では、接手の熔接性になんら悪影響をおよぼさないとの結論も出されている。

筆者らはこれらの研究を参考とし、充分な防錆能力を持ちしかも熔接性を損わない塗装方法を調査することを目的として次のような実験的研究を行った。すなわち先ず 8 種の防錆塗料について塗膜厚さ、熔接方法を変えて下向隅肉熔接を行い、作業性、ビード外観、気泡発生の有無を調査した。次にこの調査により比較的優れた結果が得られた 4 種の塗料についてさらにリーハイ式拘束亀裂性試験および熔着金属の標準 V シャルピー衝撃試験を行い、塗料が亀裂性と熔接接手性能におよぼす影響も合わせて調査した。なお静的機械強度には熔接部に気泡その他の欠陥が存在しない限り塗料の影響が現われないことが多くの実験で明らかとなっているので静的機械試験は省略した。

2 工 作 性 試 験

試験材は、ショットブラストをかけ塗装を行った後、

Fig. 1 に示す形状に組立て仮付を行った。使用した塗料

* 原稿受付 昭和33年 7月31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、川崎重工業株式会社 Member, Kawasaki Dockyard Co., Ltd.

Table 1 Chemical Composition of Paints Tested

Paint	Chemical composition (%)															Vehicle
	C	Al	MgO	CaO	SiO ₂	TiO ₂	ZnO	K ₂ O	H ₃ PO ₄	CaCO ₃	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	ZnCrO ₄	PbCrO ₄	Pb ₃ O ₄	
Wash primer	0.5	—	1.9	—	2.4	—	—	—	21.0	—	—	—	8.1	32.1	—	34.0
Iron oxide	—	—	—	—	—	—	5.8	—	—	49.2	—	11.5	—	—	—	33.5
Aluminum (Oleoresinous)	—	28.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	71.7
Aluminum (Vinyl)	—	42.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	57.3
Zinc chromate (Oleoresinous)	—	—	4.0	1.1	6.1	10.2	13.1	—	—	—	—	3.5	36.9	—	—	26.1
Red lead	—	—	9.3	—	19.8	—	—	—	—	—	5.3	1.7	5.7	6.6	26.3	25.3
New paint (Oleoresinous)	—	—	2.4	0.3	5.1	44.3	—	0.6	—	—	1.6	19.5	—	—	—	—
New paint (Vinyl)	6.8	—	1.4	0.3	3.4	27.1	—	0.6	—	—	1.4	—	—	—	—	59.3

Table 2 Welding Processes

Welding process	Rod		Flux name	Classification		Welding condition		
	Name	Dia.		JIS	AWS	Current	Voltage	Speed
Manual I	LB-26	6 mm	—	D 4316	E 6016	280~300 amp.	24~27 volt	230~250 mm/min.
Manual II	B-17	6 mm	—	D 4301	—	270~290 amp.	30~33 volt	320~350 mm/min.
Spring*	SW-27	5 mm	—	D 4327	E 6027	230~250 amp.	35~40 volt	210~240 mm/min.
Submerged arc	Lincoln L-60	4.8 mm	Lincoln-weld 780	—	—	700 amp.	30 volt	460 mm/min.

Note : Spring weld is a kind of semi-automatic welding processes.

は8種類であり、各々について2Mil(0.05mm), 5Mil(0.13mm), 10Mil(0.25mm), 20Mil(0.51mm)の厚さに塗装した。塗料の名称と成分をTable 1に示す。

組立てを終った試験材に対してTable 2に示す4種の溶接を塗料の種類および膜厚の組合せにつき各1個づつ下向姿勢で行い、各々につきその工作性を調査した。

3 工業性試験結果

工作性試験はアークのスタート、アークの安定性、ビードの外観およびX線透過試験によりその判定を行った。

試験結果はTable 3の通りである。工作性試験結果より詳細な結論を得ることは困難であるが大要以下の如く考えられる。

(1) 手溶接とスプリング溶接では、塗膜厚さ2Mil程度

Fig. 1 Test specimen for weldability test

の場合は塗料の影響はほとんど見られない。

- (2) 塗膜厚さ5Mil以上になると、満足な溶接は困難となる。
- (3) 塗装面に対するサブマージドアーク溶接は塗膜の厚さに無関係に施工困難である。
- (4) 塗料の種類が溶接工作性の良否に与える影響に関しては、Wash Primer, Iron Oxide, Zinc Chromate等が比較的良好と考えられる。

4 亀裂性試験

工作性試験において塗料の影響が殆んどみられなかったものについて、塗膜が溶接部の拘束割れにおよぼす影響を調査するために、リーハイ式拘束亀裂性試験を行った。試験片は拘束度8のもの(周縁に切り込み型スリットのないもの)を使用した。試験に供した塗料の種類および溶接法はTable 4に示す通りである。

5 亀裂性試験結果

塗装を行わない試験片で予備試験を行いFig. 2の結果が得られた。この結果よりManual I(低水素系手溶接)

Fig. 3 Result of Lehigh restraint tests for painted specimens

Fig. 4 Test specimen for V-Charpy impact test, whose groove faces, backing strip and deposited metal were recoated with 2 mils of various paints before welding next layer

エネルギー遷移温度の基準とした。Fig. 7 に溶接法と塗料の各組合せに対する平均吸収エネルギー遷移温度と剪断破面率遷移温度を示す。この試験の結果から次のようなことがいえる。

- (1) 低水素系手溶接による熔着金属の衝撃値では塗料の影響はほとんど見出すことが出来ない。
- (2) イルミナイト系手溶接では、Wash Primer を塗装したものは塗膜のない場合に較べて衝撃値が低く、Iron Oxide, Zinc Chromate を塗装したものは衝

撃値が高い。

- (3) 高鉄粉系スプリング溶接では、Wash Primer を塗装したものが特に衝撃値が低い。

- (4) 低水素系溶接棒による熔着金属は一般にイルミナイト系あるいは高鉄粉系に較べて高い衝撃値を有する。

- (5) 以上の結果からみて、Wash Primer 塗装にやや問題があるが、その他の塗装は塗膜厚さ2Mil程度では熔着金属の衝撃値

Fig. 2 Summaries of Lehigh restraint tests showing the effect of various electrodes

Fig. 5 Results of standard V-notch Charpy impact tests of weld metals, deposited in 2 mils painted groove joints

Table 5 Paints and Welding Processes Applied in V-Charpy Impact Test

Welding process	Electrode		Classification		Welding condition			Paint
	Name	Dia.	JIS	AWS	Current	Voltage	Speed	
Manual I	LB 26	6 mm	D 4316	E 6016	260~320 amp.	24~27 volt	200~250 mm/min.	No paint
Manual II	B 17	6 mm	D 4301	—	250~300 amp.	30~33 volt	250~300 mm/min.	Wash primer (2-mil)
Spring	SW 27	5 mm	D 4329	E 6027	230~250 amp.	35~40 volt	210~240 mm/min.	Iron oxide (2-mil)
								Zinc chromate (oleo.) (2-mil)
								New paint (oleo.) (2-mil)

Fig. 6 Result of V-notch Charpy impact tests for unpainted specimens

に悪影響を与えぬと考えてよいであろう。

8 分散分析法による衝撃試験結果の解析

衝撃試験結果では、衝撃値のもつかなりのばらつきのために、はっきりした結論を得ることは困難であった。ここでは衝撃試験結果を統計的に扱うことによって検討を加えた。衝撃試験結果の解析にはいろいろな方法が考えられるが、熔接棒、試験温度、塗料を変動要因とすることによって 3 元配置法による分散分析を行うことができる。衝撃試験は同一条件につき 3 個づつ行っているのでデータの繰返し数は 3 である。

初めに分散分析法の手順に従い検定を行った。検定においては、熔接棒、試験温度、塗料の各変動要因によるばらつきの程度、および各要因の組合せによるばらつきの程度とを実験誤差によるばらつきの程度と比較し、それぞれの有意性を判定した。計算の過程はすべて省略し、分散分析表から得られた結論のみを述べれば次の通りである。

- (1) 熔接棒により衝撃値が変わると断言してもさしつかえない。(危険率 1% 以下)
- (2) 試験温度により衝撃値が変わると断言してもさしつかえない。(危険率 1% 以下)
- (3) 塗料により衝撃値が変わると断言してもさしつかえない。(危険率 1% 以下)

Fig. 7 Summaries of standard V-notch Charpy impact tests of deposited metals, showing the effect of various paints on their notch toughness

- (4) 熔接棒と試験温度の組合せによる交互作用があると断言してもさしつかえない。(危険率 1% 以下)
- (5) 熔接棒と塗料の組合せによる交互作用があるとはいえない。(危険率 5% 以上)
- (6) 試験温度と塗料の組合せによる交互作用があるとはいえない。(危険率 5% 以上)

この研究のテ

- Electrode
- A_1 : Low hydrogen type
 - A_2 : Ilmenite type
 - A_3 : High iron powder type
- Paint
- C_1 : No paint
 - C_2 : Wash primer (2 mils)
 - C_3 : Iron oxide (2 mils)
- Temperature
- B_1 : -20°C
 - B_2 : 0°C
 - B_3 : 20°C
- C_4 : Zinc chromate (2 mils)
 C_5 : New paint (Oleo.) (2 mils)

Fig. 8 Summaries of analysis of variance

ーマからみて重要な結論は(3)および(5)であるが、後者によって判定すれば特定の熔接棒と塗料の組合せを考慮する必要はないようである。

次に有意と認められた熔接棒、試験温度、塗料の各水準について母平均を推定し Fig. 8 の結果を得た。母平均の推定値は絶対値自体はあまり意味のないものであるが、各要因が衝撃値に与える影響の程度を知るめやすとなるものである。

Fig. 8 の結果からみると、低水素系熔接棒による熔着金属はイルミナイト系ある

いは高鉄粉系に較べてはるかに高い衝撃値を有している。塗料によってもある程度の差は生じているが熔接棒の影響程に顕著なものではない。

最後に Fig. 8 に示した母平均の間に差があるかどうかを検討してみた。検定結果のうち重要と思われるものを列挙すれば次の通りである。

- (1) 低水素系熔接棒による熔着金属はイルミナイト系あるいは鉄粉系に較べて明らかに高い衝撃値を有している。
 - (2) イルミナイト系熔接棒による熔着金属と鉄粉系によるものとの間には差があるとはいえない。
 - (3) Wash Primer を塗装した場合は、塗膜のない場合よりも衝撃値が明らかに低い。
 - (4) Iron Oxide あるいは New Paint (Oleo.) を塗装した場合は、塗膜のない場合と差があるとはいえない。
 - (5) Zinc Chromate を塗装した場合は、塗膜のない場合よりも衝撃値が高い。
- (2)(4)は有意差のないもの、(5)は有意なもの、(1)(3)は高度に有意なものである。

9 結 論

塗装面に対する熔接施工について、作業性、外観、気泡の有無を調査する工作性試験、亀裂感度を調査する亀裂性試験および接手性能を調査する衝撃試験を行った。各々の試験の結果得られた結論は次の通りである。

- (1) 作業性、ビード外観およびX線透過試験により行った熔接工作性の観点から見れば低水素系手熔接、イルミナイト系手熔接および高鉄粉系スプリング熔接では塗膜厚さ 2Mil (0.05mm) 程度では塗料はあまり有害な影響をおよぼさなかった。なかでも Wash Primer, Iron Oxide, Zinc Chromate, New Paint (Oleo.) などとはほとんど影響がなかった。

塗膜厚さが 5Mil (0.13mm) 以上になると、塗料の

種類、熔接法のいかに拘わらず満足な熔接施工は困難となる。

サブマージドアーク熔接においては塗料は塗膜厚さに無関係に有害である。

- (2) 亀裂性試験結果によれば厚さ 2Mil の Wash Primer と New Paint (Oleo.) は亀裂感度にほとんど影響を与えない。Iron Oxide と Zinc Chromate は亀裂感度を多少上昇させる。
 - (3) 厚さ 2Mil の Wash Primer を塗装した場合、熔着金属の衝撃値は明らかに低下しており Zinc Chromate を塗装した場合は上っているが、その理由は明確でない。
- なお Iron Oxide および New Paint (Oleo.) を塗装した場合は衝撃値にほとんど影響を与えない。
- (4) 各々の試験結果を総合すると、厚さ 2Mil 以下の Wash Primer, Iron Oxide, Zinc Chromate, New Paint (Oleo.) 等の塗膜は、試験により程度の違いはあるが、接手の熔接性に致命的な影響を与えることはないように思われる。
 - (5) 塗料の種類が亀裂性におよぼす影響と衝撃値におよぼす影響が必ずしも一致せずむしろ相反する性質を示していることについては今後なお研究の必要が認められる。

後 記

この実験を行うにあたり日本油脂佐藤信夫研究課長に御協力を頂いたことを追記し謝意を表する次第である。

文 献

- 1) Effect of Zinc Chromate Paint on Welding, C.T. Gayley. The Welding Journal 21 (9) Research Suppl. 653-s to 663-s (1942)
- 2) Studies on the Effects of Red Lead Paints on the Quality of Metal-Arc Welds in Structural Steel, R.W. Bennett, R.D. Williams and C.B. Voldrich.