

參 考 文 獻

1. 全孝重, 林永福: 디젤기관着火失敗가 크랭크軸系 비틀림振動에 미치는 影響의 理論的 考察, 韓國船用機關學會誌, Vol.10, No.3, pp.262-274, (1986).
2. 全孝重, 金義珩: 內燃機關크랭크軸系 縱振動에 關한 研究(第1報: 크랭크軸의 縱剛性係數와 縱自由振動計算), 韓國船用機關學會誌, Vol.5, No.1, pp.34-51, (1981).
3. 全孝重, 金永柱, 金義珩: 內燃機關크랭크軸系 縱振動에 關한 研究(第2報: 크랭크軸系 縱振動的 共振振幅計算), 韓國船用機關學會誌, Vol.6, No.2, pp.69-91, (1982).
4. 全孝重, 王之錫, 金義珩: 船用디젤기관의 크랭크軸系 縱振動特성에 關한 研究, 韓國船用機關學會誌, Vol.7, No.2, pp.22-28, (1983).
5. Dorcy S.F: Strength of Marine Engine Shafting, Trans. NEC Inst., Vol.58, pp.293-294, (1936).
6. Draminsky P. et al: Axial-schwingungen von Kurbelwellen, MTZ, II.2, S.49-53, (1942).
7. Anderson G. et al: Axial Vibrations and Measurement of Stress in Crankshaft, Int. Shipb. Prog., (1963/7).
8. Guglielmotti A., et al: Recherches Experimentales pour l'etude des Vibrations Axiales des Vileberquins, CIMAC Conference, pp.633-692, (1962).
9. Johnson A.: Machinery Induced Vibrations, Trans. Inst. Mar. Eng., pp.121-167, (1963).
10. Lazan B.H.: Damping of Materials and Members in Structural Mechanics, Pergamon Press, (1968).
11. 日本 海事協會, 船舶振動設計指針, pp.268-273, (1981).
12. 金永柱: 船用 디젤기관 크랭크軸系의 縱振動 起振力에 關한 研究, 韓國 海洋大學大學院 論文集 第4輯, pp.285-314, (1982).
13. 全孝重: 船舶動力傳達裝置, 大和出版社, pp.167-175, pp.236-246, (1986).

아아크熔射時 不活性개스에 의한 被膜密着強度 向上에 관한 研究

余 旭 鍾

A Study on the Improvement of Coating Film Adhesion
Strength in Arc Spraying by Using the Inert Gas.

Wook - jong Yeo

〈自1945 次〉

Abstract

1. 序 論

2. 實驗方法

2.1 熔射裝置

2.2 熔射材 및 試驗片

2.3 被膜密着強度 試驗方法

3. 實驗結果 및 考察

3.1 熔射霧圍氣에 따른 粒子 및 境界面の 變化

3.2 熔射霧圍氣에 따른 酸化物 分布狀態 變化

3.3 熔射霧圍氣에 따른 密着強度的 變化

4. 結 論

參考文獻

A Study on the Improvement of Coating Film Adhesion Strength
in Arc Spraying by Using the Inert Gas

Uk-Jong, Yeo

*Dept. of Marine Mechanical Engineering, Graduate School
Korea Maritime University*

Abstract

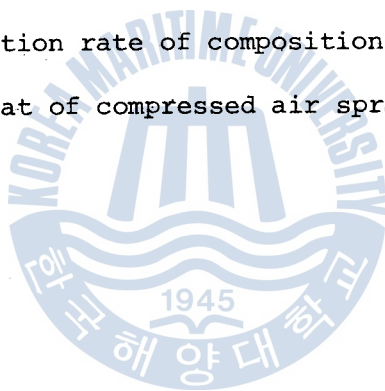
The metal arc spraying is one of the most useful surface treatment process in which a spraying material is heated to the molten state by electric arc and then sprayed by compressed air in atomized form onto a prepared substrate.

However, it is pointed out in this metal arc spraying method that the oxides or oxide film which is inevitably formed during the molten particles fly in air, lower the adhesion strength. Consequently, it is desire to reduce the oxides or oxide film as possible to obtain the higher adhesion strength.

In this study, the experiments were carried out for the purpose of establishment of the arc spraying method which reducing the oxides or oxide film by using the inert gas as the carrier gas of atomizing particles.

Main results obtained are as follows;

1. Oxides and oxide film which lower the adhesion strength are largely reduced by using the inert gas as the carrier gas of atomizing particles, and adhesion strength of coating film are improved.
2. The coating film characteristics appeared to be no difference between the case of inert gas arc spraying in air environment and that in argon gas environment.
3. Inert gas arc spraying using argon as the carrier gas has higher reduction rate of composition element in coating film than that of compressed air spraying.



1. 序 論

金屬은 그 使用 環境에 있어서 必要時間 所期の 性能을 維持하는 것이 要求된다. 主로 構造物에서 보면 風雨에의 露出, 船舶에 있어서 海水와의 接觸, 化學機械에 있어서 貯藏 혹은 使用中의 各種藥品에 의한 腐蝕, 各種 原動機部에 대한 여러가지 流體나 燃燒개스에 의한 에로우전(erosion), 機械部品에 있어서 相對接觸에 의한 損傷등 諸機械器具의 壽命을 支配하는 因子는 無數하다. 또한 最近의 技術革新에 따라 諸機械, 裝置類의 大型化, 高速化, 高能率化가 進行되어 이들 部品, 部材들은 더욱 苛酷한 條件下에서 使用되게 되었다. 이에 對處하기 위해 部品, 部材에 耐摩耗性, 耐熱性, 斷熱性 및 耐融性 등을 付與하는 表面處理技術의 하나로서 熔射法의 實用이 廣範圍하게 擴大되었다. 그리고, 高度技術時代의 到來와 더불어 部品の 機能向上 또는 機能部の 保護 등을 目的으로 하는 熔射도 行하여지게 되었다.

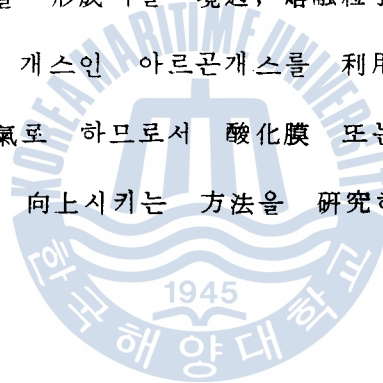
아아크熔射는 電氣아아크를 熱源으로서 金屬材料를 熔融하고 그 熔融金屬을 壓縮空氣에 의해 素材表面에 噴射하여 表面에 所期の 金屬被膜을 形成시키는 것이다.

이 方法은 가스熔射나 플라즈마熔射 등의 他 表面處理法에 비해 作業성이 良好하고, 比較的 高品質의 被質性能을 低廉한 費用으로 얻을 수 있는 特徵이 있으므로 腐蝕防止, 摩耗防止, 再生修理, EMI/RFI (電子石防碍 / 라디오 指數防碍)防止, 耐熱膜形成 및 金型製作

등 活用分野도 多樣해 最近 그 用途가 점차 擴大되고 있다.¹⁻⁹⁾

그러나, 이러한 아아크熔射의 境遇, 高溫의 熔融粒子가 空氣中을 飛行함으로 불가피하게 形成되는 酸化物 또는 酸化膜으로 인해 母材와 被膜사이의 密着特性이 低下하여 큰 問題點으로 指適되고 있다.

따라서 本 研究에서는 陽·陰極와이어의 送給速度를 單獨으로 制御할 수 있는 直流式 아아크熔射機를 利用하여 軟鋼板 위에 스테인레스鋼 被膜을 形成시킬 境遇, 熔融粒子를 噴射하는 carrier 개스로써 不活性 개스인 아르곤개스를 利用하고 또한 熔射霧圍氣를 아르곤개스霧圍氣로 하므로써 酸化膜 또는 酸化物의 生成을 防止하여 被膜特性을 向上시키는 方法을 研究하고자 한다.



2. 實 驗 方 法

2.1 熔射裝置

本 實 驗에 利 用한 定電壓 特性의 直 流 式 아아크 熔射裝置의 外 觀은 Photo. 1의 樣과 같 是 裝置는 Fig. 1에 表 示 如하 是



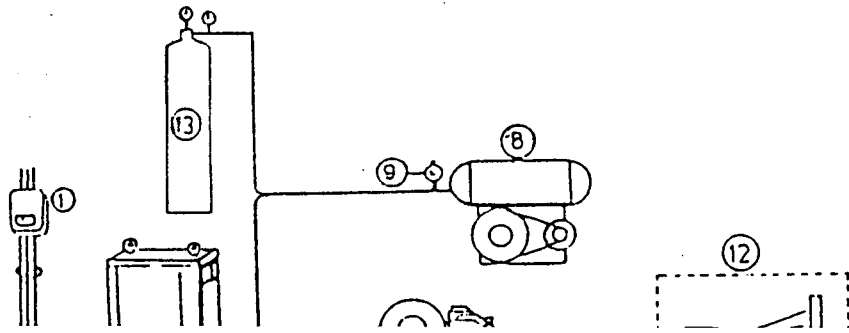
- | | |
|--------------------|--------------------|
| 1. DC power supply | 8. Roll wire |
| 2. Voltmeter | 9. Air compressor |
| 3. Ammeter | 10. Pressure gauge |
| 4. Negative cable | 11. Air filter |
| 5. Control cable | 12. Pressure gauge |
| 6. Positive cable | 13. Arc spray gun |
| 7. Wire feeder | |

Photo. 1 Arc spray system



- | |
|-------------------|
| 1. Specimen |
| 2. Pressure gauge |
| 3. Vent cock |

Photo. 2 Argon chamber



2.2 熔射材 및 試驗片

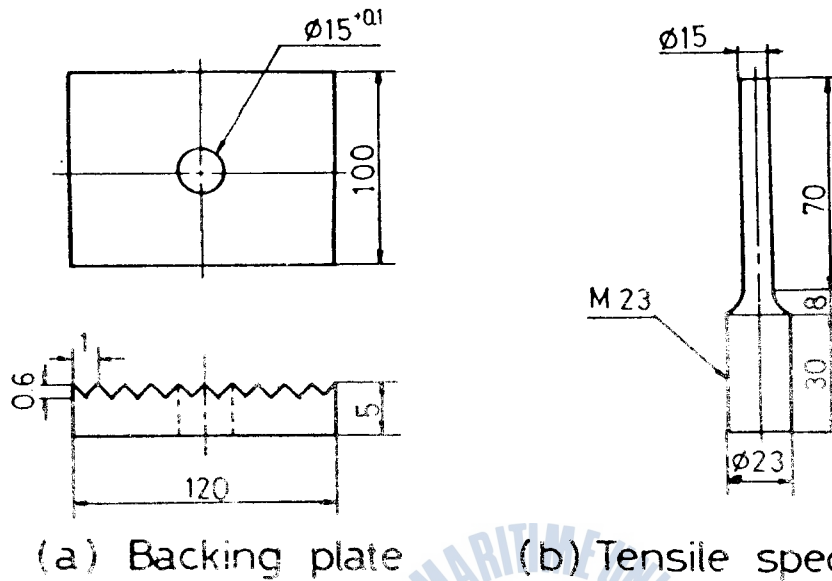
本 實驗에서는 熔射材로서 耐蝕성과 耐摩耗성이 優秀한 直徑 1.2 mm의 ER 308 L 오오스테 나이트系 스테인레스 와이어를 使用하였고, 母材와 試驗片은 一般 軟鋼材인 SS-41 鋼材를 使用하였다.

그 各各의 化學的 成分과 機械的 性質을 Table 1에 나타내었다.

Table.1 Chemical composition and Mechanical properties

Materials	Chemical composition (Wt %)								Mechanical properties	
	Mn	Cr	Si	Ni	C	P	S	Fe	TS(kg/mm ²)	El (%)
ER 308 L	1.90	20.6	0.32	10.2	0.02	-	-	Res.	61	45
SS 41	0.54	-	0.22	-	0.19	0.02	0.015	Res.	43	28

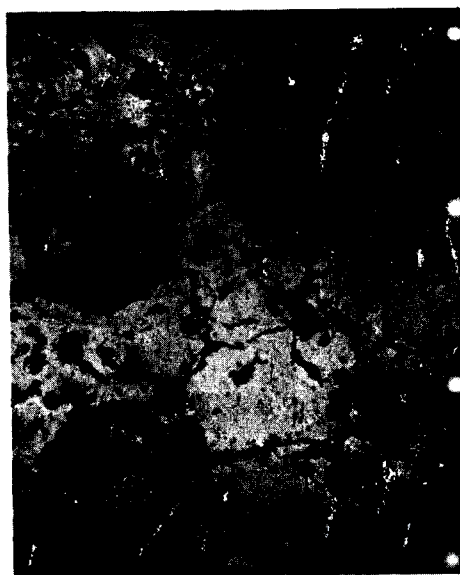
또한 母材와 試驗片의 形狀 및 치수는 Fig.2에서 보이고 있다. Fig.2 (a)는 母材로서 5 × 100 × 120 mm가 되게 機械加工하여 그 中心에 直徑 15 mm의 구멍을 뚫고, 그곳에 (b)와 같은 形狀으로 加工된 引張試驗片을 挿入하여 母材 上面과 試驗片 上面을 一致 시킨 후, 그 表面을 (a)의 下側과 같은 形狀으로 세이퍼加工하여 粗面化 하였다. 그러한 연후에 이 表面 上部에 被膜 두께가 약 2 mm가 되게끔 熔射를 행한 후 實驗하였다.



(a) Backing plate (b) Tensile specimen
Fig.2 Shape of backing plate and specimen

2.3 被膜密着强度의 試驗方法

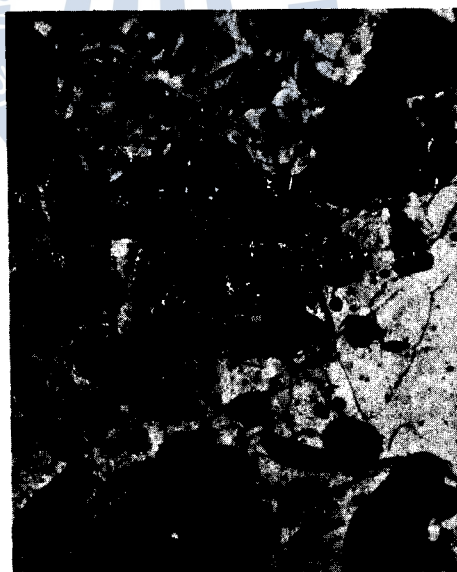
實驗에 使用된 被膜密着强度 試驗裝置는 本 研究室에서 制作한 것으로서, 外觀 및 概略圖는 各各 Photo.3, Fig.3에서 表示한 바와 같고 워엄 및 워엄기어를 利用한 機械式 原理로 作動되도록 하였다. Fig.2에서 보인 母材와 試片의 組合體를 Fig.3의 被膜密着强度試驗機의 上部에 裝置한 후, 熔射被膜과 試片이 破斷될 때까지 引張하고 그때의 破斷應力을 被膜密着强度로 하였다.¹³⁾



(a) Air



(b) Ar (In Air)



(c) Ar (In Chamber)

Photo. 5 Configuration of impact-grains on various spray conditions.(On glass: x37.5)

Photo. 5 는 各各의 熔射條件에 있어서, 熔射粒子들의 퍼짐성 密着性등을 調査하기 위해 3 mm의 두께의 유리위에 2 pass로 熔射한 후, 그 表面을 光學顯微鏡으로 擴大 撮影한 寫眞이다.

寫眞에서 알 수 있는 바와 같이, 壓縮空氣로 熔射을 행한 (a)의 場合에 粒子들이 均一하고 球形의 形狀을 띠고 있다. 이 場合에 熔射한 被膜은 均一하고 密着性이 良好함을 보여주고 있다. 그러나, 챔버內 아르곤 熔射인 (c)의 境遇는 다시 粒子의 크기가 작아지고 球形의 粒子들이 元來 모습 그대로 存在하고 있음을 알 수 있다. 이러한 理由는 아르곤 개스가 약 5 kg/cm^2 의 壓力으로 噴射되는 까닭에 小型의 챔버內에 어느 정도의 內壓이 걸리게 되고, 이로 인해 飛行 熔融粒子의 抵抗性이 增加하여 衝突時 粒子의 速度 低下에 起因한 것이라 思料된다.

Fig. 4 는 세 가지 熔射를 開始하고부터 2 分間, 母材裏面溫度를 測定하기 위해 裏面中央에 백금-로듐 熱電對를 附着하여 測定한 結果이다. 熔射開始로 부터 약 50 秒까지 溫度는 챔버內 아르곤 熔射가 가장 높고, 壓縮空氣 熔射가 2 번째 그리고 아르곤 熔射의 順으로 나타났다. 이는 粒子크기의 順序와 一致한다는 事實로 說明된다. 즉 粒子의 크기가 제일 적은 챔버內 熔射의 境遇에 있어서는 粒子의 크기가 제일 적은 반면, 상대적으로 單位時間當,

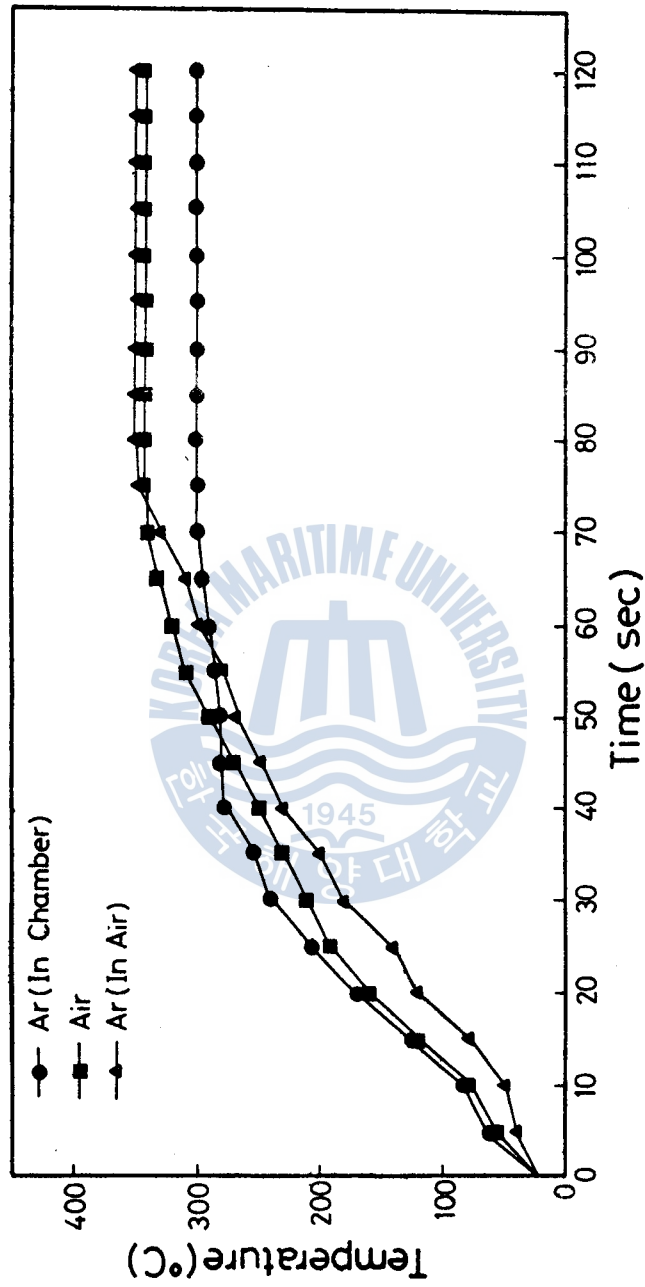


Fig. 4 Variations of base metal temperature on spray conditions.

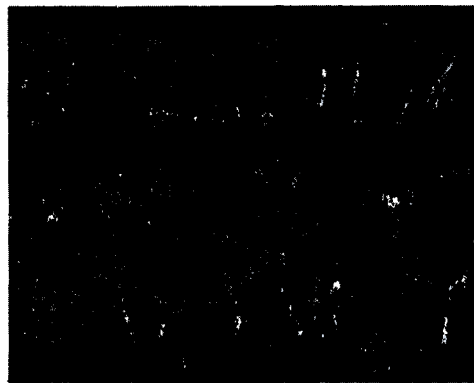
單位面積當 噴射되는 粒子的 數는 많아지게 되므로 熔射開始後 短時間內에는 제일 빠른 溫度上昇을 나타내게 된다. 그러나, 시간이 70 秒를 지나면서 母材面의 被膜이 어느정도의 두께를 갖기 시작하면서 부터는 새롭게 부딪히는 高溫의 熔融 粒子的 熱傳達이 粒子가 많고 境界面이 많을수록 어렵게 되어 初期와는 正反對의 現象이 나타나는 것이라 想料된다.

Photo.6 은 母材와 被膜사이의 酸化物, 酸化膜등의 分布狀態를 알아보기 위해 그 斷面을 金屬顯微鏡으로 擴大 撮影한 寫眞이다. 寫眞에서 잘 나타난 바와 같이 壓縮空氣로 熔射를 행한 (a)의 境遇에는 母材와 被膜, 被膜內 粒子和 粒子들 사이에 多量의 酸化物등이 分布하고 있음을 잘 알 수 있다. 그러나, 아르곤으로 熔射를 행한 (b)와 챔버內에서 아르곤熔射를 행한 (c)의 境遇에는 被膜內의 酸化物등이 현격히 줄어들었음을 알 수 있다. 그리고, 한가지 特異할만한 事實은 (c)의 境遇에는 챔버內部的 壓力으로 인해 球物의 粒子들이 그대로 存在하고 있다는 것이다.

또한, Photo.7 은 母材와 被膜의 境界部에서 약 1 mm 떨어진 被膜內部的 擴大 寫眞이다. Photo.6 의 境遇와 마찬가지로 壓縮空氣로 熔射한 (a)에 있어서는, 多量의 酸化物이 分布되어 있고, 아르곤 熔射인 (b)와 챔버內 아르곤 熔射인 (c)의 境遇는 모두 酸化物量이 상당히 줄어들었으나 (b)의 境遇에는 퍼짐성, 密着性이 良好함을 보이고 있으며 (c)의 境遇에는 球形의 粒子들이 그대로 內在하



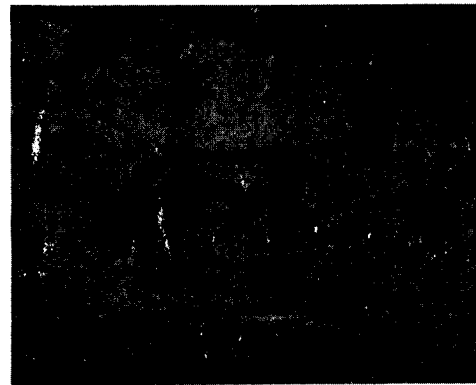
(a) Air



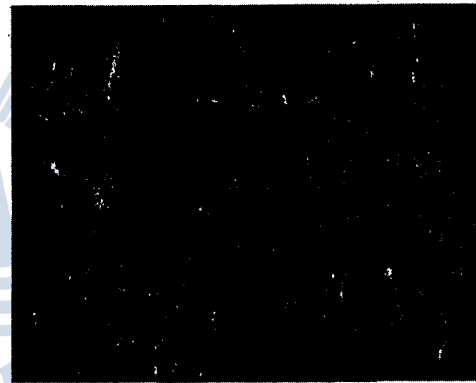
(b) Ar (In Air)



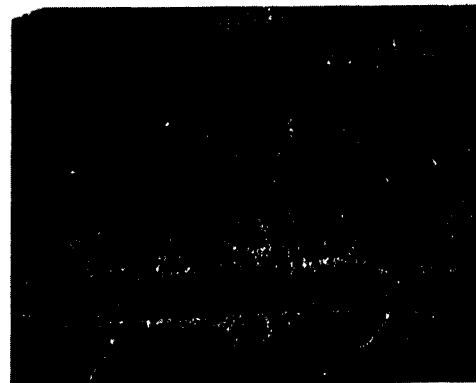
(c) Ar (In Chamber)



(a) Air



(b) Ar (In Air)



(c) Ar (In Chamber)

Photo.6 Appearance of interface between coating and base metal on spray conditions.(x150)

Photo.7 Distribution of oxides in coating film on spray conditions.(x300)

여 퍼짐성, 密着性 등을 沮害하고 있음을 알 수 있다.

Fig.5는 母材와 被膜 境界部 附近의 硬度 特性을 알아보기 위해 境界部를 中心으로 左右로 1.6 mm씩 비커스 경도값을 나타낸 圖表이다. 原 材料인 ER308L 와이어는 비커스 硬度 200 정도, 母材인 SS410은 170 ~ 180 정도의 값을 나타내고 있는 반면, 境界部에 가까운 母材部分은 熱影響으로 약간의 硬度上昇을 나타내고 있다. 그러나, 被膜部分에 있어서는 아르곤용접와 챔버內 아르곤용접의 두 境遇 모두 260 ~ 280의 고른 分布를 보여주고 있으나, 多量의 酸化物을 內在하고 있는 壓縮空氣 용접의 境遇는 300 정도의 높은 값을 보이고 있다.

이러한 事實은 Photo.8과 같이 被膜表面을 肉眼으로 觀察할 수 있도록 顯微 區域할 수 있다. 壓縮空氣 용접인 (a)의 境遇는 表面에 多量의 酸化物의 分布로 인해 表面 全體가 거무스레한 반면 아르곤용접인 (b)의 境遇와 챔버內 아르곤용접인 (c)의 境遇에는 酸化物 등의 激減으로 점차 光澤을 띤 表面이 늘어나고 있다.

3.2 熔射霧圍氣에 따른 酸化物 分布 狀態 變化

Fig.6 는 EDX(Energy Dispersive X-ray microanalyser) 裝置에 의해, 세 가지 熔射의 境遇에 있어서, 그 各各의 被膜成分을 熔射材料인 ER308L 와이어 成分과 比較 檢討한 것이다. 空氣中에서 壓縮空氣 熔射인 (a)의 境遇에는 熔射材料和 比較해서 被膜의 各 成分에 損失이 거의 나타나지 않고 있다. 그러나, 아르곤으로 熔射을 행한 (b)와 챔버內 아르곤 熔射을 행한 (c)의 境遇에는 Fe, Cr, Ni 등의 主要原素들이 상당히 감소했음을 알 수 있다. 이는 熔融時에는 아아크 先端에서, 그리고 飛行時에는 粒子의 表面에서 蒸發이 일어나 材料의 損失을 가져온다는 事實로부터 說明할 수 있다.¹⁵⁾ (a)의 境遇에는 飛行하는 熔融粒子의 周圍에 急速한 酸化膜의 形成으로 蒸發이 抑制되어 元來 材料인 ER308L의 成分과 差異가 거의 없으나 (b), (c)의 境遇에는 不活性가스 霧圍氣로 인해 酸化膜 形成이 不充分하게 되어, 蒸發로 인한 材料의 損失이 늘어난 것으로 思料된다.

또한, (c)의 境遇가 (b)의 境遇보다 材料의 損失이 조금 적은 것은, 챔버內의 壓力에 의한 影響으로 思料된다.

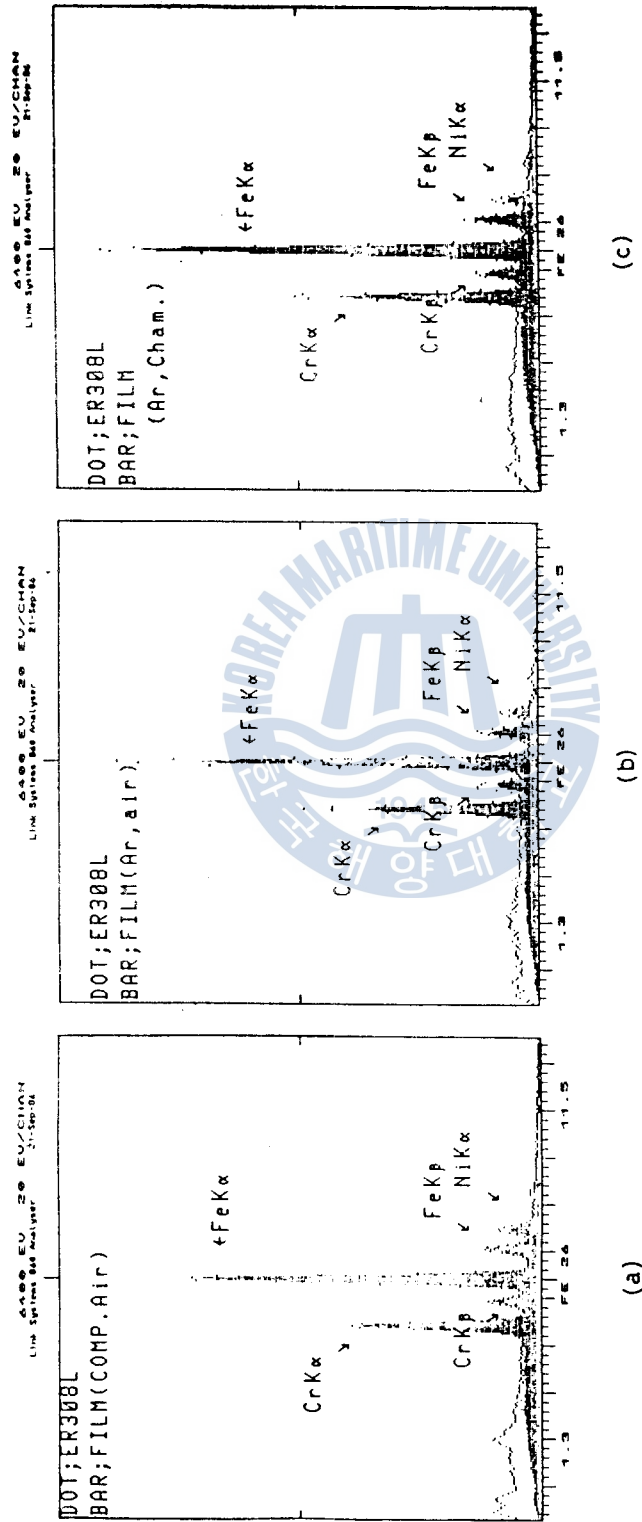
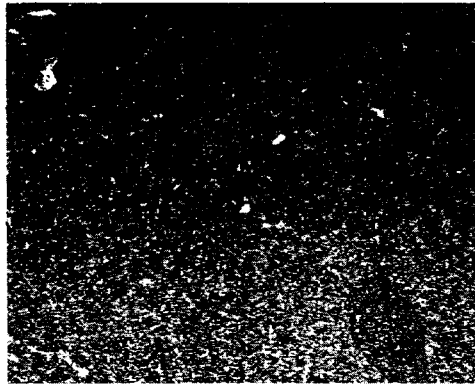
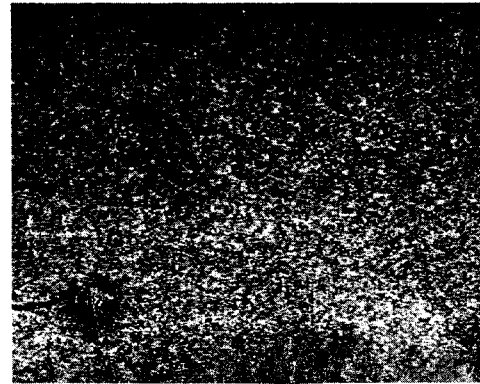


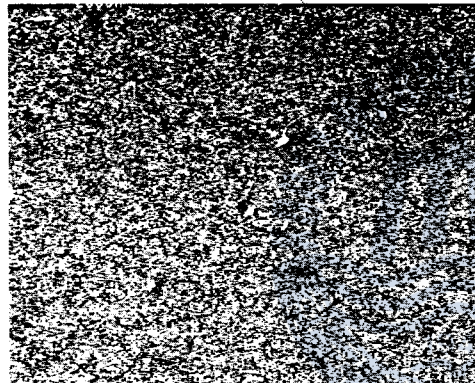
Fig.6 Comparison of chemical composition for ER308L and spray coating films by EDX



(a) Cr



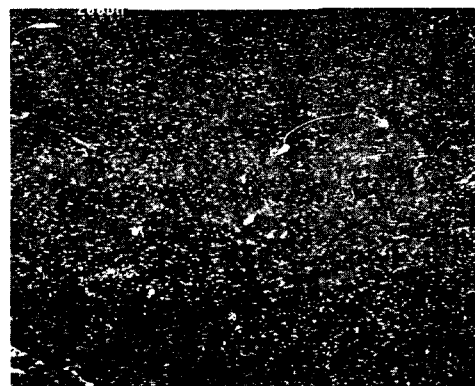
(a) Cr



(b) Fe



(b) Fe



(c) Ni



(c) Ni

Photo.11 X-ray distribution maps
of elements in coating
film of argon spray
(In Air)

Photo.12 X-ray distribution film
of elements in coating
film of argon spray
(In Chamber)

3.3 熔射雰圍氣에 따른 密着强度의 變化

Fig.7 은 세 가지 熔射雰圍氣에 있어서 그 各各의 密着强度를 測定한 結果이다.

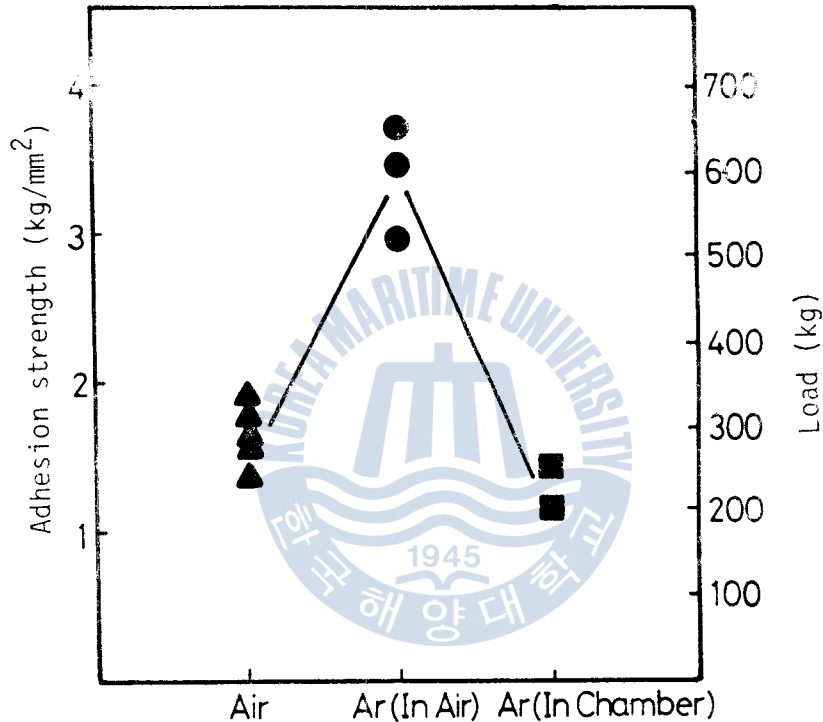


Fig. 7 Relationships between spray condition and adhesion strength

이에 의하면, 壓縮空氣 熔射는 密着强度가 약 $1.3 \sim 1.9 \text{ kg/mm}^2$ 의 값을 나타내고 있으나, 아르곤가스 熔射는 그 값이 약 $2.9 \sim 3.7 \text{ kg/mm}^2$ 정도까지 이르고 있다. 이러한 理由는 지금까지 考察해온 바와 같이 氧化物, 酸化膜 등의 分布狀態, 粒子의 크기에 의한 퍼짐성, 密着性 등의 差異에 의한 것이라 思料되고, 챔버內 아르곤 熔射의 境遇에 있어서 密着强度가 低下하는 것도 앞서 살펴본 바와 마찬가지로 퍼짐성, 密着性 低下가 主要原因으로 思料된다.

4. 結 論

ER 308 L 오오스테 나이트系 스테인레스 와이어를 熔射材로서, 熔射霧圍氣를 空氣中, 캐리어개스(carrier gas)만을 아르곤으로 한 境遇 및 아르곤 챔버(Argon chamber)內에서 캐리어개스를 아르곤으로 하여 熔射를 행한 경우에 대하여 各各의 被膜特性을 調査한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

- 1) 壓縮空氣를 利用한 熔射時, 被膜密着強度의 沮害要因으로 指摘되고 있는 酸化膜 및 氧化物 등은, 아르곤개스를 캐리어 개스로 하여 熔射를 행함으로써 현격히 줄일 수 있고 密着強度도 向上시킬 수 있다.
- 2) 아르곤가스를 캐리어 개스로 하여 空氣中에서 熔射를 행한 境遇와 아르곤가스로 充填시킨 密閉式 챔버內에서 熔射를 행한 境遇에 있어서 發生 氧化物量에는 거의 差異가 없다.
- 3) 壓縮空氣를 캐리어 개스로 하여 空氣中에서 熔射를 행한 境遇보다 아르곤가스 霧圍氣에서 熔射를 행한 境遇는 材料內 成分 元素들의 減少率이 크다.

參 考 文 獻

1. 蓮井 淳：溶射工學，養賢堂，pp.1～2(1976)
2. 蓮井 淳：最近の溶射技術，熔接技術，11月號，pp.19～24(1984)
3. 關，石川：溶射技術の適用と問題點，日本機械學會誌，Vol.82, No.724, pp.270～275(1979)
4. 內田：材料に對する溶射，材料科學，Vol.15, No.1, pp.29～35, (1978)
5. 石川，關：溶射による耐熱被覆の現狀，防食技術，Vol.26, No.6, pp.313～326(1977)
6. 秋本：アーク溶射皮膜の考察，溶射協會誌，Vol.16, No.1, pp.17～24(1979)
7. 前掲書(2), pp.29～33.
8. 前掲書(1), pp.187～194.
9. TAFA: TAFA Arc spray technical data(1983)
10. 川瀬，暮石，前原：アークにあける アーク現象と クイヤ溶融 アーク溶射法に 關する研究(第2報)，溶接學會論文集，Vol.2, No.2, pp.280～285(1984)
11. AWS: Resistance and Solid-State Welding and Other Joining Processes, Welding Hand Book, Vol.3, Miami, pp.375～376(1980)
12. AWS: Guide for thermal spray operator and Equipment Quali-

...tication, Miami, pp.78 (1978)

13. 蓮井淳, 森垣 脩 : 肉盛 溶接・溶射, 現代溶接技術大系, Vol.15,
pp.161~172 (1978)
14. IIW: The Physics of Welding, pp.9~36 (1984)
15. 前掲書(1), pp.130~150.

