

## 丁二酸烷基醯胺之防蝕應用研究

吳貞欽\*、林恩居、柏宏基、林義宗

### Study on the Anti-corrosion Performance of Succinic Acid N-alkylamide

J. C. Wu\*, E. C. Lin, H. J. Bor, Y. T. Lin

#### 摘要

丁二酸烷基醯胺 (Succinic acid n-alkylamide) 溶於乙醇、異丙醇等醇類配成稀溶液，塗覆於非外露之鋼材表面，實驗顯示具有良好之防蝕效果，因其不須再作任何處理即可進行機械件之後續加工、組裝或表面塗裝作業，極適合作為加工、組裝前暫存工件之防銹劑。本文乃針對丁二酸酐與不同烷基胺反應而成之丁二酸烷基醯胺之防蝕性能進行比較，同時探討溶液濃度、塗覆方式及不同添加劑對防蝕效果之影響。研究內利用呈色反應快速檢測、酸性及高濕環境試驗，均可評估各種試劑防蝕性之優劣。由實驗結果顯示，隨著烷基鏈之不同，丁二酸烷基醯胺之防蝕性有很大的差異，其中以丁二酸正辛基醯胺及丁二酸正癸基醯胺之防蝕效果較佳，而且發現添加 5% 油酸可提高 3 倍之防蝕效果。其防蝕效果與塗層之表面結構有關，由 SEM 或電子影像放大系統表面觀察可明顯看出其差異。

關鍵詞：防蝕；腐蝕抑制劑；丁二酸烷基醯胺。

#### ABSTRACT

In this study, a series of succinic acid n-alkylamide were synthesized and used as inhibitors. The coating can be applied by spraying, brushing or dipping for tentative protection of metallic articles for further processing or painting. Coating solutions were prepared by dissolving various amounts of succinic acid n-alkylamide within the range of 3-15 wt% in isopropanol. We used the Ferroxy Test to examine the defects of various coatings in 1020 carbon steel rapidly. Furthermore, the corrosion test exposed the 1020 carbon steel to an acetic acid containing environment at 25 °C, 95% RH. Experimental results showed that the corrosion protection efficiency of the coated steel was dependent on the concentration of the coating solution and the treatment method. On the other hand, the performance of the coating such as succinic acid n-octylamide (SAOA) and succinic acid n-decylamide (SADA) could be changed by adding some chemicals. The results showed that the best corrosion protection of the coatings of SAOA or SADA was obtained by adding small amounts of oleic acid. The anti-corrosion performance was related to the morphology of the coatings examined by SEM or electrical image enlarging system.

Keywords : Corrosion inhibitor; Corrosion protection; Succinic acid n-alkylamide.

---

中山科學研究院化學研究所

Chemical Systems Research Division, Chung-Shan Institute of Science & Technology

\* 連絡作者(jenchin\_wu@yahoo.com.tw)

## 1. 前言

武器裝備是否能長期維持高性能及發揮機動戰力，取決於整體系統組成電子、光學、通訊、火工品及機械裝置等零組件之精確度及可靠度。但上述樞紐組件常因局部受潮或腐蝕損害，造成整體系統運作不正常，甚至喪失全部功能<sup>[1,2]</sup>。因此，武器系統之防蝕概念已普遍受到各國的重視，並且投資可觀的人力、物力，積極採取必要的防蝕對策。台灣四面環海氣候溫和潮濕，相較於其他國家，國內武器裝備之腐蝕情況特別嚴重。因此，防蝕已是武器系統機械零組件生產、製造及組裝過程中，必須要慎重處理的一項工作。但是根據機械加工專業單位的反應，在實務上常碰到一個棘手的問題，就是有關暫存件之防蝕，因為暫存件後續仍須再加工或組裝，其防蝕方法必須使用方便且後處理不需花太多時間及人力。目前機工場大多採用噴塗防銹油之方式，惟其殘留之基礎油 (Base oil) 必須再用溶劑洗除，非但耗時又增加成本，對於複雜之半成品，處理起來更是麻煩。有鑑於此，開發更簡便之防銹劑有其必要性。

丁二酸醯胺之各種衍生物用途廣泛，如除草劑、界面活性劑及腐蝕抑制劑等<sup>[2-4]</sup>，因市面上無法直接獲得該項產品，故須設法自行研製。吾人嘗試合成一系列丁二酸醯胺衍生物之有機型腐蝕抑制劑，將其溶於適當溶劑中，配製成防銹劑使用。本研究選擇 1020 碳鋼作為防蝕試驗基材，配製不同丁二酸醯胺衍生物之防銹劑塗覆在試片上，使用赤血鹽 (Potassium ferricyanide) 快速檢驗腐蝕方法，並分別放置於高濕度及酸性環境下，進行防蝕效果評估，同時藉由 SEM 及電子影像放大系統之表面形態觀察，瞭解使用不同防銹劑之試片其表面結構與防蝕效果的關係。

## 2. 實驗

### 2.1 丁二酸醯胺衍生物製備方法<sup>[5]</sup>

#### 2.1.1 丁二酸正烷基醯胺在氰甲烷中之製備方法

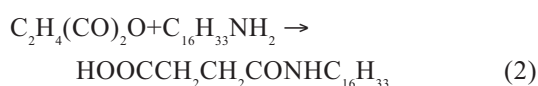
先秤取定量 (如表1) 之丁二酸酐 (Succinic anhydride) 加入 50 毫升氰甲烷 (Acetonitrile) 中攪拌，並加熱使其溶解。另外分別取適量 (如表1) 之正丁基胺 (n-Butylamine)、正辛基胺 (n-Octylamine)、正癸基胺 (n-Decylamine) 及正十二基胺 (n-Dodecylamine) 溶於適量氰甲烷中 (必要時，可加熱使其溶解)，再逐滴慢慢加入上述溶液中迴流反應 2~3 小時，反應溫度保持在 60~80 。反應停止後，其中，將丁基胺反應液先除去溶劑後即有白色沉澱產生，其餘須等反應液冷卻後才產生白色沉澱。將溶液繼續冷卻至 0 再進行分離，分離後之白色沉澱以氯仿再結晶，接著經過濾與烘乾等步驟，可獲得白色固體，即為丁二酸正丁基醯胺 (Succinic acid n-butylamide, 簡稱 SABA)、丁二酸正辛基醯胺 (Succinic acid n-octylamide, 簡稱 SAOA)、丁二酸正癸基醯胺 (Succinic acid n-decylamide, 簡稱 SADA) 及丁二酸正十二基醯胺 (Succinic acid n-dodecylamide, 簡稱 SADDA)。其化學反應式如 (1) 式所示。



其中，R為 $\text{C}_4\text{H}_9$ 、 $\text{C}_8\text{H}_{17}$ 、 $\text{C}_{10}\text{H}_{21}$ 、 $\text{C}_{12}\text{H}_{25}$

#### 2.1.2 丁二酸正十六基醯胺在乙酸乙酯中之製備方法

先秤取 1.25 克之丁二酸酐加入 50 毫升乙酸乙酯 (Ethyl acetate) 中攪拌，並加熱使其溶解。另外秤取 3.01 克之正十六基胺 (n-Hexadecylamine) 溶於 100 毫升乙酸乙酯中 (必要時，可加熱使其溶解)，再逐滴慢慢滴入上述溶液中迴流反應3小時，反應溫度保持在 60~80 。反應停止後，待反應液冷卻後即產生白色沉澱，再繼續冷卻至 0 ，將分離後之白色沉澱以氯仿再結晶，經過濾與烘乾等步驟，可獲得白色固體，即為丁二酸正十六基醯胺 (Succinic acid n-hexadecylamide, 簡稱 SAHDA)。其反應式如 (2) 式所示。



## 2.2 試片製作

取 50 × 50 × 10 mm 尺度的 1020 碳鋼試片，經去脂、砂紙研磨、水洗及烘乾等處理過程後，再分別刷塗不同防銹劑，一般僅刷塗乙次。

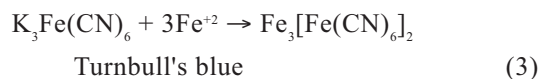
## 2.3 防銹劑配製

秤取適量之丁二酸醯胺衍生物固體溶於異丙醇(Isopropyl alcohol) 中製成不同濃度之溶液，其中部份溶液再分別加入 5% 乙二醇(Ethylene glycol, 簡稱 EG)、正辛醇(n-Octyl alcohol, 簡稱 OA)、正癸醇(n-Decyl alcohol, 簡稱 DA) 及油酸(Oleic acid) 等添加物，配成各種防銹劑。

## 2.4 赤血鹽快速檢驗方法(Ferroxyl Test)<sup>[6-8]</sup>

### 2.4.1 原理

(1) 試驗呈藍色乃因產生下列反應



(2) 本試驗可瞭解丁二酸烷基醯胺塗層是否均勻或有孔隙。

### 2.4.2 檢驗方法

- (1) 滴加固定量及濃度之赤血鹽 (Potassium ferricyanide) 溶液於待測樣品三處，然後觀察其呈藍色時間。
- (2) 將上述試驗後之試片，先除去赤血鹽溶液，再置於含酸氣之密閉環境 (95% RH, 醋酸) 中，然後觀察其呈現銹點時間。

## 2.5 高濕環境試驗

常溫 (25 ) 下，於 95% RH 濕度之密閉環境中，分別放置未表處之 1020 鋼片、經不同濃度及含不同添加物之 SAOA 與 SADA 防銹劑處理之 1020 鋼片，進行 32 天腐蝕試驗。

## 2.6 酸性環境試驗

常溫 (25 ) 下，將未表處之 1020 鋼片經不同濃度及含不同添加物之 SAOA 與 SADA 防銹劑處理之 1020 鋼片，放置在 95% RH 及醋酸 (Acetic acid) 之密閉環境中，進行防蝕效果觀察比較<sup>[3]</sup>。

## 2.7 表面形態觀察

使用 SEM 及 MINTRON CCD Color Camera 進行各種試片之表面形態觀察，以瞭解表面形態上的差異。

## 3. 結果與討論

### 3.1 赤血鹽快速檢驗結果

#### 3.1.1 不同濃度之檢驗結果

如表 2 所示，SAOA 防銹劑之濃度增加，經赤血鹽快速檢驗之呈色時間增長，由此顯示濃度增加，其防銹塗層之表面較緻密或塗層較厚，使赤血鹽溶液與鋼材接觸之時間延長，故呈色需時較長。由 24 小時後及經 21 天之目視觀察，亦可瞭解其腐蝕狀況有很大的差別，SAOA 防銹劑之濃度超過 6%，顯然已有良好的防蝕效果。

#### 3.1.2 不同塗覆方式之檢驗結果

一般塗料在金屬基材上僅刷塗一次，很難有良好的保護效果，此乃薄薄一次塗層通常會有針孔 (Pinhole) 存在。表3 為 3% SADA 防銹劑不同塗覆次數之快速檢驗結果，由表中可知，3% SADA 塗覆一次，經赤血鹽溶液之快速檢驗，其呈色時間比未塗者增加有限，顯示表層覆蓋未能完全，經 8 天後目視觀察其腐蝕狀況，發現有許多銹點，由此證實表面仍有針孔。由表3 之呈色時間長短比較，顯然刷塗次數增加，塗層厚度亦隨之增加，表面塗層覆蓋亦趨完整，故 3% SADA 塗覆四次經 8 天後目視觀察仍無銹蝕現象。

#### 3.1.3 不同添加物之檢驗結果

表4 與表5 分別為 SAOA 與 SADA 加入乙二醇 (EG)、正辛醇 (OA) 及正癸醇 (DA) 等不同添加

物之防銹劑試片經赤血鹽溶液快速檢驗之結果。由表中結果顯示，無論 SAOA 或 SADA 添加 5% EG 均可大幅提升其防蝕能力，而添加 5% OA 者卻比原來的防銹劑差。究其原因，應與添加物之揮發性有關。OA 揮發性較大，以致所形成之塗層表面較疏鬆，故其防蝕效果較差；反之，因 EG 之沸點較高、不易揮發，所形成之塗層表面較緻密，故其防蝕效果較佳。至於添加 DA 者，對 SAOA 而言效果不顯著，但對 SADA 而言效果相當特別，其原因有待進一步研究。

### 3.2 高濕環境試驗結果

取 SAOA 與 SADA 系列防銹劑，分別經過 32 天 25℃，95% RH 之高濕環境試驗，結果如表 6 所示，未經任何處理之 1020 鋼片，表面已呈現整片輕微銹蝕，經 SADA 防銹劑處理者顯然防蝕效果較佳。由表中可知，防銹劑之防蝕效果，隨著濃度之增加而提高，此乃濃度增加塗層之防銹劑含量增加，有助於試片表面覆蓋更為完全，以及增加覆蓋層之厚度等。此外，實驗結果亦顯示，防銹劑中加入不同之添加物，其防蝕效果有很大的差異，與前述赤血鹽快速檢驗結果相符。由表 6 可看出，添加乙二醇 (EG) 或油酸均可提高 SAOA 及 SADA 防銹劑之防蝕效果，其中以添加油酸之效果更為顯著。

### 3.3 酸性環境試驗結果

金屬在高濕之酸性環境下，容易發生腐蝕現象。常溫下，1020 碳鋼裸材在 95% RH 之醋酸環境中，1~2 小時後即有明顯銹蝕，時間增長銹蝕情形漸次嚴重，而經塗覆 SAOA 或 SADA 防銹劑之 1020 碳鋼試片，則有明顯不同，腐蝕速率較為緩慢，如表 7 所示。此實驗結果之趨勢與前述高濕環境試驗結果相似，亦即經 SADA 防銹劑處理者顯然防蝕效果較經 SAOA 防銹劑處理者佳，且防銹劑之防蝕效果，隨著濃度之增加而提高。另外，防銹劑中加入不同之添加物，其防蝕效果亦有顯著的差別。由表 7 顯示，添加 5% 油酸之防蝕效果最

佳，可提高其防蝕時間達 3 倍，然而添加 5% 正辛醇 (OA) 之防銹劑，反而較原來 6% SAOA 或 SADA 防銹劑之防蝕效果差，此種防蝕效果之差異性，推測與添加物之揮發性及其與溶劑間之互溶性有關。

### 3.4 不同添加劑之防蝕效果

綜合以上實驗結果，於丁二酸烷基醯胺防銹劑中加入不同添加物會改變其防蝕性能，加入揮發性較大之溶劑 (如 OA)，將使防銹劑之防蝕效果變差；如加入高沸點且與異丙醇相容性良好之溶劑 (如 EG)，即可顯著提高其防蝕效果。此外，由表 6 及表 7 之實驗結果顯示，於 SAOA 或 SADA 防銹劑中添加 5% 油酸，更能大幅提升其防蝕時間達 3 倍。推測其原因，應與油酸之化學特性有關，油酸可作為界面活性劑，添加油酸有助於使防銹劑均勻分散，形成緻密之表面塗層，此可藉由電子影像放大系統之表面觀察加以印證。

### 3.5 表面形態觀察結果

藉由 SEM 之表面觀察，可進一步瞭解各種表處試片之表面結構，圖 1 為 3% 各種丁二酸烷基醯胺防銹劑 (包括：SABA、SAOA、SADA、SADDA 及 SAHDA 等) 塗覆於 1020 碳鋼試片表面之 SEM 圖之比較，顯示其表面結構有所不同。SADDA 與 SAHDA 防銹劑之表面較粗糙、結構較疏鬆，其餘三種整體結構較緻密、表面平整，此乃後者防蝕效果較佳之重要原因。圖 2 與圖 3 分別為添加不同濃度油酸之 SAOA 與 SADA 防銹劑塗覆於 1020 鋼片上之電子放大影像圖，圖中顯示，添加油酸之表面結構與其添加之濃度有很大的關係，油酸之濃度愈大，防銹劑分散愈均勻、表面愈平整。圖 4 則為比較塗覆 6% SAOA 與 6% SADA 防銹劑之 1020 鋼片經高濕 (25℃，95% RH) 環境下放置 32 天之腐蝕狀況，由圖可知兩者之銹蝕狀況有所不同，顯然 SAOA 比 SADA 之銹蝕範圍稍多，與表 6 中之目視觀察數據相符。

## 4. 結論

使用適當條件可以製備 SABA、SAOA、SADA、SADDA 及 SAHDA 等五種丁二酸烷基醯胺化合物，並添加適當溶劑配製成各種防銹劑。由實驗結果顯示，不同丁二酸烷基醯胺之防蝕效果有很大的差異，其中以丁二酸正辛烷基醯胺 (SAOA) 及丁二酸正癸基醯胺 (SADA) 之防蝕效果較佳。而含不同濃度丁二酸烷基醯胺之防銹劑與塗覆方式，對其防蝕效果皆有顯著的影響。此外，加入適當之添加劑亦可大幅改善丁二酸烷基醯胺防銹劑之防蝕性能，依本研究結果，添加 5% 油酸可提高 3 倍之防蝕效果。各種防銹劑之防蝕效果與塗層之表面結構有關，由 SEM 或電子影像放大系統表面觀察可明顯看出其差異。由於本研究所開發之丁二酸烷基醯胺防銹劑不會影響其後續塗裝系統之附著力，因此，此種防銹劑不須再作任何處理即可進行機械件之後續加工、組裝或表面塗裝作業，甚為方便，極適合取代一般防銹油作為加工、組裝前暫存零組件之防蝕使用，頗具實用價值。

## 參考文獻

1. H. H. Uhlig and R. W. Revie, in: "Corrosion and Corrosion Control: An Introduction to Corrosion Science and Engineering", Third Edition, John Wiley, New York(1985).
2. R. T. White, MINTEK-M-66, A Review of

- Corrosion Inhibitors: Theory and Practice, 1983.
3. Edited by B.G.Clubley, Chemical Inhibitors for Corrosion Control, The Proceedings of an International Symposium, University of Manchester, 21-22 April, 1988.
4. Editors: A. Raman and P. Labine, in: "Reviews on Corrosion Inhibitor Science and Technology", NACE, Houston (1993).
5. N. V. Kolotova et al., Substituted Amides and Hydrazides of 1,4-Dicarboxylic Acides., Pharmaceutical Chemistry Journal, Vol. 33, No. 12 (1999) 635-637.
6. V. E. Carter (ed.), Corrosion Testing for Metal Finishing, Butterworth Scientific, 1982.
7. R. Baboian (ed.), Corrosion Tests and Standards Manual, ASTM, 1995.
8. T. Mathiesen and E. Maahn, Corrosion Testing of Stainless Steels, Metal Powder Report, Vol. 49, No. 4 (1994) 42-46.

收到日期：2004 年 10 月 27 日

修訂日期：2005 年 2 月 14 日

接受日期：2005 年 3 月 18 日

表1 反應原料丁二酸酐、烷基胺及其溶劑之使用量。

Table 1 Used amounts of succinic anhydride, n-alkylamine and solvents.

試劑	丁二酸正丁基醯胺 (SABA)	丁二酸正辛基醯胺 (SAOA)	丁二酸正癸基醯胺 (SADA)	丁二酸正十二基醯胺 (SADDA)
丁二酸酐(克)	5.00	5.00	5.00	2.50
烷基胺(克)	3.65	6.50	7.90	4.63
烷基胺溶劑(毫升)	50	50	75	90

表2 塗覆不同濃度之丁二酸正辛基醯胺 (SAOA) 快速檢驗結果。

Table 2 Ferroxyl test results of specimens coated with different concentration of succinic acid n-octylamide (SAOA).

樣品別	滴加 3% NaCl 及 1% 赤血鹽之呈色時間(秒)	經 24 小時後目視腐蝕狀況	經 21 天後目視腐蝕狀況
Blank	2	3% 面積銹蝕	整片銹蝕
3% SAOA	8	很多小銹點	70% 面積銹蝕
6% SAOA	23	有少許銹點	2% 面積銹蝕
9% SAOA	28	有少許銹點	1% 面積銹蝕
15% SAOA	50	數個小銹點	0.5% 面積銹蝕

表3 丁二酸正癸基醯胺 (SADA) 不同塗覆次數之快速檢驗結果。

Table 3 Ferroxyl test results of specimens coated by succinic acid n-decylamide (SADA) with different coating times.

樣品別	滴 3% NaCl 及 1% 赤血鹽之呈色時間(秒)	經 8 天後目視腐蝕狀況
Blank	2	50% 銹蝕面積
3% SADA 塗覆一次	18	有許多銹點
3% SADA 塗覆二次	102	有少許銹點
3% SADA 塗覆三次	168	銹點甚少
3% SADA 塗覆四次	183	無銹蝕現象

表4 丁二酸正辛基醯胺 (SAOA) 加入不同添加物之快速檢驗結果。

Table 4 Ferroxyl test results of specimens coated with SAOA adding different chemicals.

樣品別	滴加 3% NaCl 及 1% 赤血鹽之呈色時間(秒)	經 8 天後目視腐蝕狀況
Blank	2	50% 銹蝕面積
9% SAOA	28	有少許小銹點
9% SAOA + 5% EG <sup>a</sup>	67	銹點甚少
9% SAOA + 5% OA <sup>b</sup>	23	小銹點較多
9% SAOA + 5% DA <sup>c</sup>	36	有少許小銹點

a: EG: Ethylene glycol

b: OA: Octyl alcohol

c: DA: Decyl alcohol

表5 丁二酸正癸基醯胺 (SADA) 加入不同添加物之快速檢驗結果。

Table 5 Ferroxyl test results of specimens coated with SADA adding different chemicals.

樣品別	滴 3% NaCl 及 1% 赤血鹽之呈色時間(秒)	經 24 小時後目視腐蝕狀況	經 10 天後目視腐蝕狀況
Blank	2	3% 面積銹蝕	70% 面積銹蝕
9% SADA	31	有小銹點	0.6% 面積銹蝕
9% SADA + 5% EG <sup>a</sup>	75	銹點甚少	1.5% 面積銹蝕
9% SADA + 5% OA <sup>b</sup>	14	有小銹點	銹點變大
9% SADA + 5% DA <sup>c</sup>	92	無銹點	有 2 個小銹點

a: EG: Ethylene glycol

b: OA: Octyl alcohol

c: DA: Decyl alcohol

丁二酸烷基醯胺之防蝕應用研究

表6 丁二酸正辛基醯胺 (SAOA) 與丁二酸正癸基醯胺 (SADA) 在高濕 (25 °C, 95%RH) 環境下之腐蝕狀況。

Table 6 The corrosion test results of specimens coated by SADA or SAOA under 25 °C, 95% RH condition.

樣品別	塗覆 SAOA 系列試片經 32 天後試片腐蝕狀況	塗覆 SADA 系列試片經 32 天後試片腐蝕狀況
Blank	整片銹蝕	整片銹蝕
3%	85% 面積銹蝕	20% 面積銹蝕
6%	5% 面積銹蝕	2% 面積銹蝕
9%	2% 面積銹蝕	0.1% 面積銹蝕
12%	0.3% 面積銹蝕	有少許銹點
6%+5% EG <sup>a</sup>	有少許小銹點	無銹蝕
6%+5% OA <sup>b</sup>	有些大銹點	有少許小銹點
6%+5% DA <sup>c</sup>	有許多小銹點	無銹蝕
6%+5% C <sub>18</sub> A <sup>d</sup>	無銹蝕	無銹蝕

a: EG : Ethylene glycol

b: OA : Octyl alcohol

c: DA : Decyl alcohol

d: C<sub>18</sub>A : Oleic acid

表7 丁二酸正辛基醯胺 (SAOA) 與丁二酸正癸基醯胺 (SADA) 在酸性環境下之腐蝕狀況。

Table 7 The corrosion test results of specimens coated by SADA or SAOA under acidic condition.

樣品別	塗覆 SAOA 系列試片明顯呈現腐蝕銹點時間(小時)	塗覆 SADA 系列試片明顯呈現腐蝕銹點時間(小時)
Blank	1.5	1.5
3%	8	18
6%	23	27
9%	28	31
12%	39	43
6%+5% EG <sup>a</sup>	47	60
6%+5% OA <sup>b</sup>	10	13
6%+5% DA <sup>c</sup>	26	72
6%+5% C <sub>18</sub> A <sup>d</sup>	64	89

a: EG : Ethylene glycol

b: OA : Octyl alcohol

c: DA : Decyl alcohol

d: C<sub>18</sub>A : Oleic acid

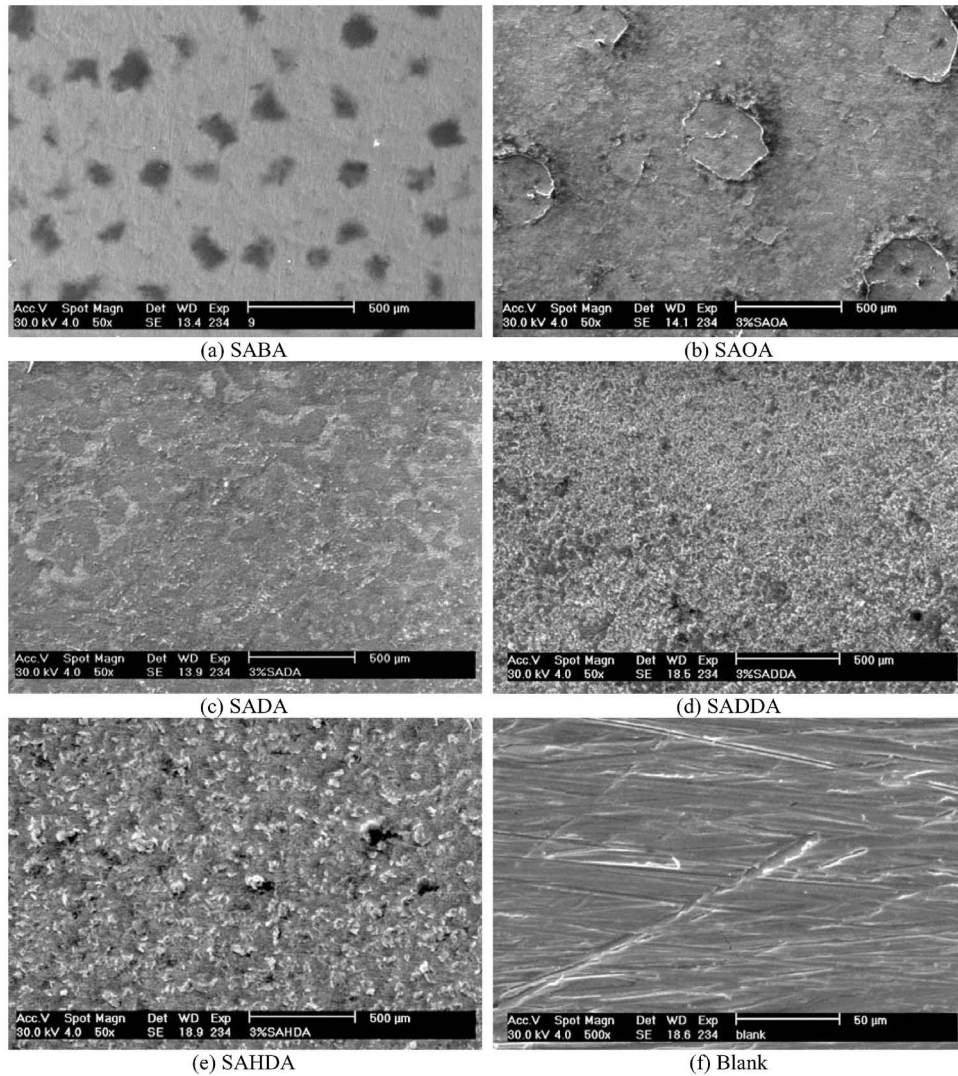


圖1 塗覆 3% 丁二酸烷基醯胺防銹劑之 1020 鋼片與未表面處理者之 SEM 圖；( a ) SABA , ( b ) SAOA , ( c ) SADA , ( d ) SADDA , ( e ) SAHDA , ( f ) Blank。

Figure 1 SEM photographs of 1020 steels of untreated and treated with 3% succinic acid n-alkylamide solution ( $\times 50$ ); ( a ) SABA, ( b ) SAOA, ( c ) SADA, ( d ) SADDA, ( e ) SAHDA, ( f ) Blank.



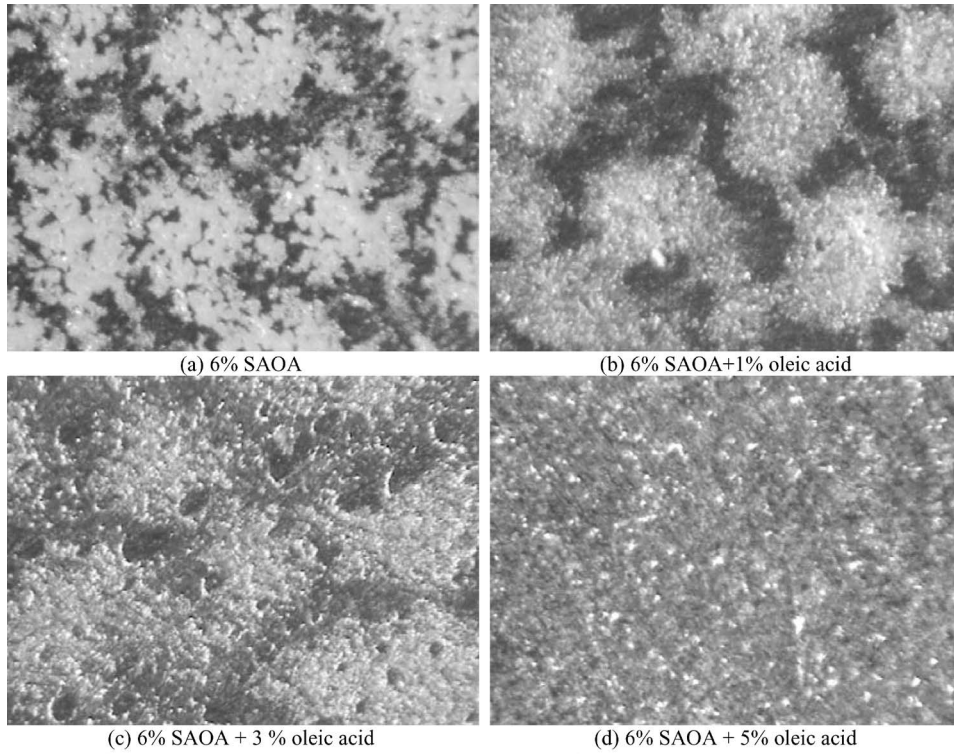


圖2 添加不同濃度油酸之丁二酸正辛基醯胺防銹劑塗覆於 1020 鋼片之電子放大影像圖；(a) 6% SAOA , (b) 6% SAOA+1% oleic acid , (c) 6% SAOA + 3 % oleic acid , (d) 6% SAOA + 5% oleic acid。

Figure 2 Electron micrographs of 1020 steels treated with a series of 3% succinic acid n-octylamide solutions containing different concentration of oleic acid; (a) 6% SAOA, (b) 6% SAOA+1% oleic acid, (c) 6% SAOA + 3 % oleic acid, (d) 6% SAOA + 5% oleic acid.

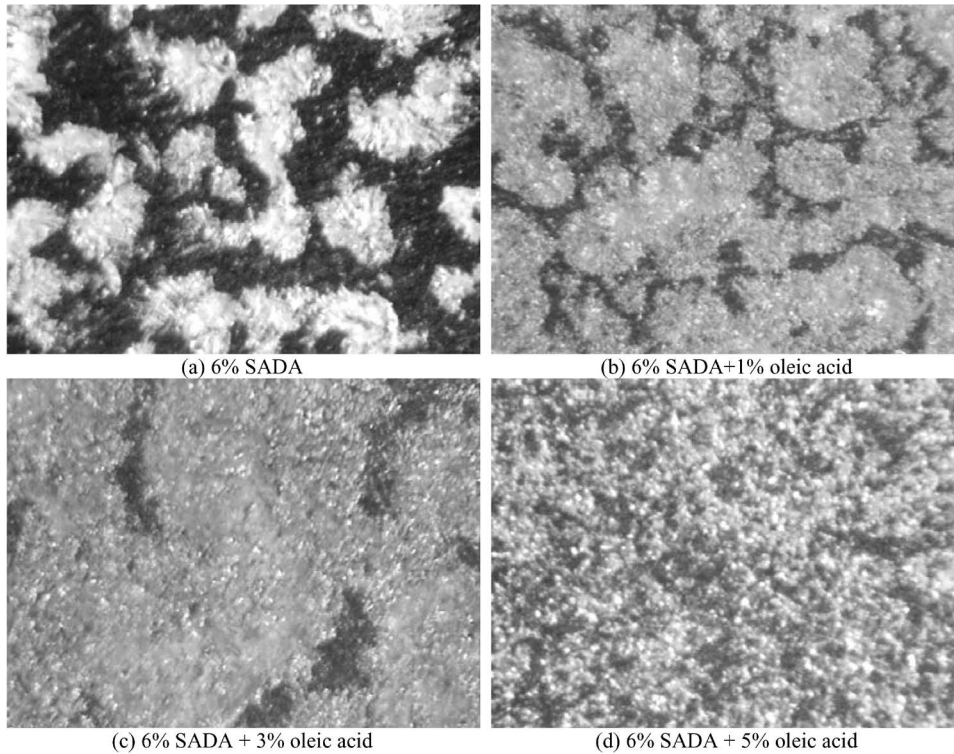


圖3 添加不同濃度油酸之丁二酸正癸基醯胺防銹劑塗覆於 1020 鋼片之電子放大影像圖 ( $\times 100$ ) ; (a) 6% SADA , (b) 6% SADA+1% oleic acid , (c) 6% SADA + 3% oleic acid , (d) 6% SADA + 5% oleic acid。  
Figure 3 Electron micrographs of 1020 steels treated with a series of 3% succinic acid n-decylamide solutions containing different concentration of oleic acid ( $\times 100$ ); (a) 6% SADA, (b) 6% SADA+1% oleic acid, (c) 6% SADA + 3% oleic acid, (d) 6% SADA + 5% oleic acid.

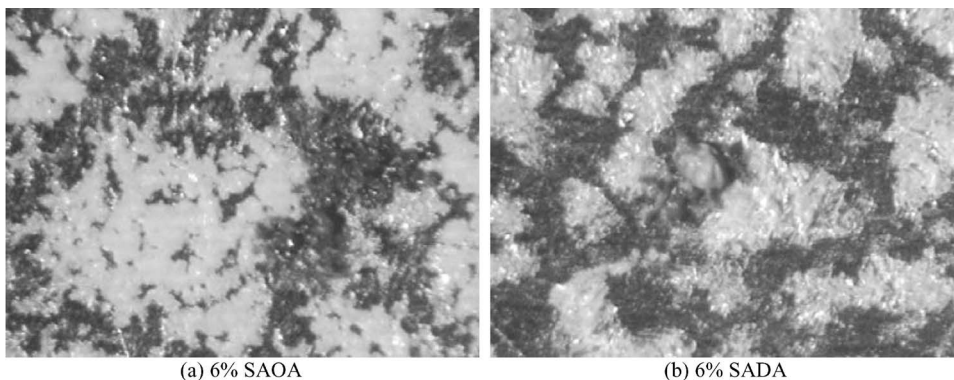


圖4 塗覆丁二酸正辛基醯胺與丁二酸正癸基醯胺防銹劑之 1020 鋼片經 10 天後銹蝕之電子放大影像圖( $\times 100$ ) ; (a) 6% SAOA , (b) 6% SADA。  
Figure 4 Electron micrographs of 1020 steels treated with succinic acid n-octylamide (SAOA) and succinic acid n-decylamide (SADA) solutions after 10 days ( $\times 100$ ); (a) 6% SAOA, (b) 6% SADA.