

丁二酸衍生物腐蝕抑制劑之防蝕效果評估

吳貞欽*、林恩居、柏宏基、張錦泉、林義宗

Evaluation of the Anti-corrosion Effect of a Succinic Acid Derivative as a Corrosion Inhibitor

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

摘 要

丁二酸衍生物 (Succinic acid N-octyl amide 簡稱 SAOA) 腐蝕抑制劑為一疏水性有機化合物，可溶於醇類配成防銹劑，利用噴塗、刷塗或浸泡方式進行零組件之防蝕表面處理，使用上甚為方便。研究中取 WD-40 防銹油與 3~5wt% 不同濃度之 SAOA 異丙醇溶液，於 25°C，95% RH 之醋酸環境下，針對 1020 鋼材及純銅進行防蝕效果比較，結果顯示 SAOA 防銹劑之防蝕性與 WD-40 防銹油相當；若於 SAOA 異丙醇溶液中添加 5% 柴油或其他醇類，會使批覆層之表面結構改變，而影響其防蝕功能，其中以添加正癸醇之效果較佳，由 SEM 表面觀察可明顯看出其差異。

關鍵字：腐蝕抑制劑；防蝕；表面處理。

ABSTRACT

Succinic acid N-octyl amide (SAOA) was synthesized and used as an inhibitor for anti-corrosion coatings. The coating can be applied by spraying, brushing or dipping for tentative protection of metallic articles for further processing or painting. In this study, coating solutions were prepared by dissolving various amounts of SAOA within the range of 3-5 wt% in isopropanol. The 1020 carbon steel and copper were exposed to an acetic acid containing environment at 25°C, 95%RH for corrosion tests. Experimental results show that the corrosion protection efficiency of the coated steel is similar to that of WD-40 treated specimen. Furthermore, the performance of the above mentioned coating could be improved by adding some diesel oil or alcohols. The best corrosion protection of SAOA coatings was obtained by adding n-decyl alcohol as examined by SEM.

Keywords: Corrosion inhibitor; Corrosion protection; Surface treatment.

1. 前言

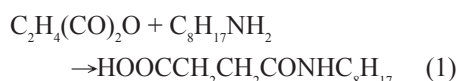
世界各國精密武器系統均在快速發展，然而武器系統在製造、貯存及部署使用階段，皆可能面臨各種腐蝕問題，若未加以妥善處理，極可能導致武器系統維修工時增加，使用年限降低，甚至喪失裝備功能，而嚴重影響戰力。尤其在台灣高溫、高濕、高鹽分之嚴重腐蝕環境中使用的武器裝備，防蝕是一項極為重要的工作，而腐蝕抑制劑 (Corrosion inhibitor) 則為防蝕應用上重要的一環。腐蝕抑制劑之分類方法有多種，其中，依腐蝕抑制劑化學組成種類區分，可分為有機型腐蝕抑制劑與無機型腐蝕抑制劑兩種，其防腐蝕之機制 (Mechanism) 迥然不同。一般有機型腐蝕抑制劑是藉化合物吸附在整個金屬表面上，雖僅有數個分子層厚度，卻可影響其陽極與/或陰極之電化學性質，而達到減緩腐蝕反應之目的；而無機型腐蝕抑制劑係利用其陰離子或陽離子抑制陽極或陰極反應之發生，達到防蝕之目的。^[1-4]

有機型腐蝕抑制劑通常為含有氮、硫之有機化合物，藉氮或硫原子之未鍵結電子對與金屬表面形成化學鍵。一般有機型腐蝕抑制劑之水溶性，隨著化合物分子中脂肪族官能基 (Aliphatic functional group) 碳數之增加而逐漸降低。^[5]腐蝕抑制劑主要以防蝕塗料或防銹油之形式加以應用，WD-40 為市面上熟知而且使用效果不錯的防銹油之一，其在機械防銹方面之應用甚多。然而，一般防銹油之共同缺點為：對於需要再加工或組裝之機械零組件，使用防銹油後必須再以適當溶劑 (Solvent) 將其清除乾淨，在作業上甚感不便。因此，為配合防蝕實務上之需要，解決上述防銹油使用上之缺點，吾人嘗試開發一種丁二酸衍生物之有機型腐蝕抑制劑 (Succinic acid N-octyl amide 簡稱 SAOA)，將其溶於適當溶劑中，配製成防銹劑使用。本實驗選擇 1020 碳鋼及純銅作為防蝕試驗基材，配製不同 SAOA 防銹劑塗敷在試片上，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 之表面觀察，瞭解使用不同防銹劑之試片其表面結構與防蝕效果之關係。

2. 實驗

2.1 SAOA 製備方法

先秤取定量之丁二酸酐 (Succinic anhydride) 加入氰甲烷 (Acetonitrile) 中攪拌，並加熱使其溶解。另外取適量之正辛基胺 (n-Octyl amine) 與氰甲烷混合均勻後，再慢慢滴入上述溶液中迴流反應約 2 小時，冷卻後產生白色沉澱，再經分離、純化與烘乾等步驟，可獲得白色固體，即為丁二酸衍生物 (Succinic acid N-octyl amide)，其化學反應如式(1)。^[6]



2.2 SAOA 防銹劑之配製

秤取適量之 SAOA 固體溶於異丙醇 (Isopropyl alcohol) 中製成 3% 與 5% 溶液，其中部份 3% 溶液再分別添加 5% 柴油 (Diesel oil)、乙醇 (Ethyl alcohol 簡稱 EA)、乙二醇 (Ethylene glycol 簡稱 EG)、正丁醇 (n-Butyl alcohol 簡稱 BA)、正辛醇 (n-Octyl alcohol 簡稱 OA) 及正癸醇 (n-Decyl alcohol 簡稱 DA) 等不同醇類，配成各種含 SAOA 配方之防銹劑。

2.3 試片製作

取 50mm×50mm×10mm 之 1020 碳鋼及純銅試片，經去脂、砂紙研磨、水洗及烘乾等處理過程後，再分別塗敷 WD-40 及不同 SAOA 配方防銹劑。

2.4 高濕環境試驗

常溫 (25°C) 下，於 95% RH 濕度之密閉環境中，分別放置未處理之 1020 鋼片、經 3% SAOA、5% SAOA 及 WD-40 防銹油處理之 1020 鋼片，進行 90 天之腐蝕試驗。

2.5 酸性環境試驗

常溫 (25°C) 下，將未處理之 1020 鋼片及純銅

片經 3% SAOA 防銹劑及混合柴油、不同醇類之 3% SAOA 防銹劑處理之 1020 鋼片與純銅片，放置在 95% RH 及醋酸 (Acetic acid) 之密閉環境中，進行 18 天之防蝕效果比較。^[4]

2.6 附著力試驗

取 50mm×50mm×10mm 之 1020 碳鋼及 7075 鋁材試片，經去脂、砂紙研磨、水洗及烘乾等處理過程後，其中一組塗敷 3% SAOA 防銹劑，另一組則未塗，然後再分別噴塗 MIL-P-23377 底漆 + MIL-C-83286 面漆與 Amerlock 400 底漆 + MIL-C-83286 面漆兩種不同塗裝系統。待試片表面漆膜完全乾燥硬化，再依據 FED-STD-141C, Method 6301.2 規範進行漆膜附著力試驗。^[7]

2.7 SEM 表面觀察

使用 SEM (Scanning electron microscopy) 進行各種試片之表面觀察，以瞭解表面形態上的差異。

3. 結果與討論

3.1 高濕環境試驗結果

經過 90 天 25°C，95% RH 之高濕環境試驗，試片之外觀如圖 1 所示，圖中顯示未經任何處理之 1020 碳鋼試片，表面已呈現輕微銹蝕，經 WD-40 處理者銹蝕較少，至於塗敷 3% SAOA 防銹劑之 1020 碳鋼試片，其銹蝕情形更不明顯，由此可知，1020 碳鋼基材塗敷 3% SAOA 防銹劑，其防蝕效果優於使用 WD-40 防銹油者。此外，實驗結果亦顯示防銹劑中 SAOA 含量增加，防蝕效果更佳，圖 2 為塗敷 5% SAOA 防銹劑之 1020 碳鋼試片，經 90 天高濕環境試驗後之外觀，表面完好如初，無任何銹蝕現象。

3.2 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，數小時後即有明顯銹蝕，時間增長銹蝕情形漸

次嚴重，而塗敷 3% SAOA 防銹劑之 1020 碳鋼試片，則有明顯不同，腐蝕速率較為緩慢，圖 3 為經 20 小時試驗之後兩者外觀上的差異。在純銅方面亦有類似的結果，圖 4 為純銅裸材與塗敷 3% SAOA 防銹劑之純銅試片，在高濕之酸性環境下歷經 50 小時之腐蝕試驗結果，圖中顯示塗敷 SAOA 防銹劑之純銅試片表面仍無任何銹蝕，與未表處純銅試片表面迅速變黑差異甚大。於 3% SAOA 防銹劑中添加少量柴油或正癸醇 (DA)，顯然有更好的防蝕效果，其差異如圖 5 所示。此外，於 3% SAOA 防銹劑中添加不同醇類，亦顯示不同之防蝕效果，由圖 6 顯示添加 5% 正癸醇 (DA) 之防蝕效果最佳，而添加 5% 正辛醇 (OA) 之防銹劑，反而較原來 3% SAOA 防銹劑之防蝕效果差，此種防蝕效果之差異性，推測與醇類之揮發速率及溶劑間之互溶性有關。

3.3 附著力試驗結果

圖 7 與圖 8 分別為 1020 碳鋼及 7075 鋁材塗敷 3% SAOA 防銹劑後再噴塗底漆與面漆之附著力試驗結果，其中割線均依然完整，顯示塗敷 3% SAOA 防銹劑之金屬基材，不影響而後之塗裝作業，其附著力符合 FED-STD-141C, Method 6301.2 規範。此一實驗結果，有助於證明 SAOA 防銹劑之實用性，因有很多暫存機械零組件，除需要防蝕考量外，亦應同時兼顧表處對後續加工、組裝及塗裝作業之影響。

3.4 SEM 表面觀察結果

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 9 為 3% 與 5% SAOA 防銹劑塗敷於 1020 碳鋼片表面之 SEM 圖比較，顯示兩者之表面結構有很大的差異，5% SAOA 防銹劑之表面雖有微小針狀結晶，但其整體結構相當緻密，由此可說明兩者在高濕環境試驗中之不同結果。圖 10 為 3% SAOA 分別添加 5% OA 與 5% DA 之防銹劑塗敷於 1020 碳鋼片表面之 SEM 圖比較，圖中顯示塗敷含 OA 防銹劑之表面局部呈現缺陷，與塗敷含 DA 防銹劑表面之平整結構差別甚大，此為前者之所以

銹蝕最嚴重之佐證(參考圖 6)，究其原因，應與所添加醇類之揮發性及溶劑間之互溶性有關，有待進一步探討。

4. 結論

由實驗結果顯示，3% SAOA 防銹劑之防蝕性能即可與 WD-40 相當，濃度提高至 5% 效果更為顯著，如添加少量柴油或適當醇類亦可加強其防蝕效果。此外，經附着力試驗結果証實，若鋼材與鋁材因短暫性之防蝕需要而預塗 SAOA 防銹劑，將不影響其後續塗裝系統之附着力。因此，本研究開發之 SAOA 防銹劑，其最大優點為不須再作任何處理即可進行機械件後續之加工、組裝或表面塗裝作業，極適合取代防銹油作為加工、組裝前暫存零組件之防銹劑，相當具有市場應用潛力。

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. P. A. Schweitzer, in: Corrosion and Corrosion Protection Handbook, Second Edition, Marcel Dekker, New York (1989).
3. R. T. White, MINTEK-M-66, A Review of Corrosion Inhibitors: Theory and Practice, 1983.
4. B. G. Clublely (Editor), Chemical Inhibitors for Corrosion Control, The Proceedings of an International Symposium, University of Manchester, 21-22 April, 1988.
5. A. Raman and P. Labine (Editors): Reviews on Corrosion Inhibitor Science and Technology, NACE, Houston (1993).
6. N. V. Kolotova et al., Substituted Amides and Hydrazides of 1,4-Dicarboxylic Acides., Pharmaceutical Chemistry Journal, Vol. 33, No. 12 (1999) pp. 635-637.
7. FED-STD-141C, Method 6301.2, Adhesion (Wet) Tape Test, January 24, 1986.

收到日期：2003 年 7 月 25 日

修訂日期：2003 年 9 月 29 日

接受日期：2003 年 10 月 27 日

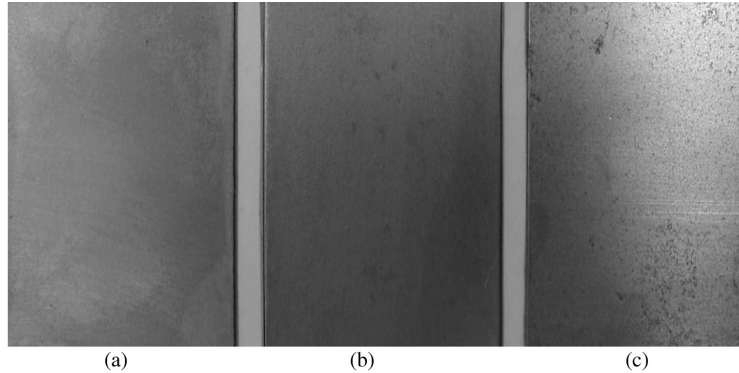


圖 1. 不同表處之1020碳鋼試片經過90天25°C, 95% RH之高濕環境試驗後之外觀 (a) 1020碳鋼 + 3% SAOA (b) 1020碳鋼 + WD-40 (c) 1020碳鋼裸材。

Figure 1 Photographs of different surface treated 1020 carbon steel exposed to 95% RH, at 25°C for 90 days. (a) 1020 carbon steel treated with 3% SAOA (b) 1020 carbon steel treated with WD-40 (c) 1020 carbon steel (blank)

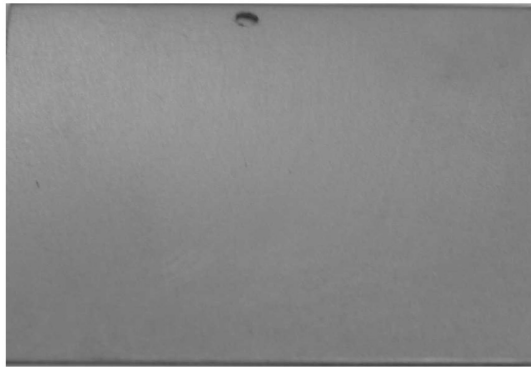


圖 2. 塗敷5% SAOA 防銹劑之1020 碳鋼試片經90天25°C, 95%RH之高濕環境試驗後之外觀。

Figure 2 Photograph of 1020 carbon steel treated with 5% SAOA coating exposed to 95% RH, at 25°C for 90 days.

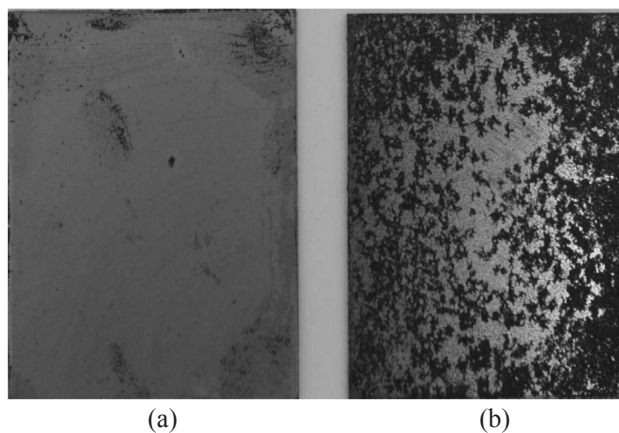


圖 3. 塗敷3% SAOA 防銹劑之1020 碳鋼試片 (a) 與未表處者 (b) 在高濕之酸性環境下經過20小時後外觀上之差異。

Figure 3 1020 carbon steel treated with and without 3% SAOA coating exposed to high humidity environment containing acetic acid for 20 hours. (a) 1020 carbon steel treated with 3% SAOA (b) 1020 carbon steel (blank)

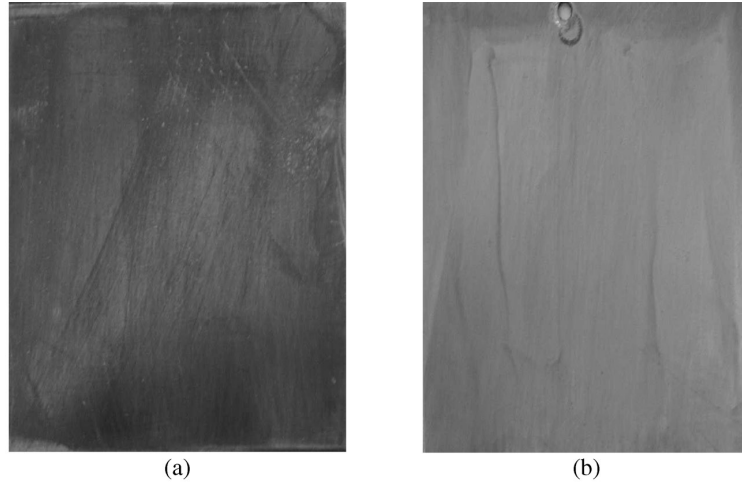


圖 4. 純銅裸材(a)與塗敷3% SAOA防銹劑之純銅試片(b)在高濕之酸性環境下歷經50小時之腐蝕試驗結果。

Figure 4 Copper specimens treated with and without 3% SAOA coating exposed to high humidity environment containing acetic acid for 50 hours. (a) 1020 carbon steel treated with 3% SAOA (b) 1020 carbon steel (blank)

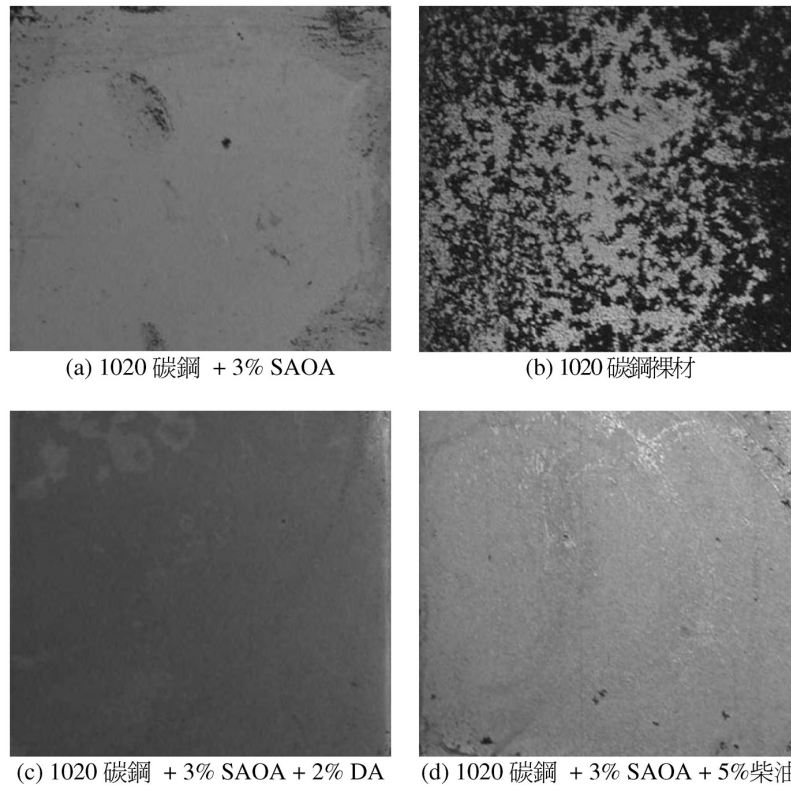


圖 5. 3% SAOA防銹劑中添加少量柴油或正癸醇(DA)其防蝕效果之比較。

Figure 5 Corrosion inhibition effect of 3% SAOA with or without of diesel oil or n-octyl alcohol.

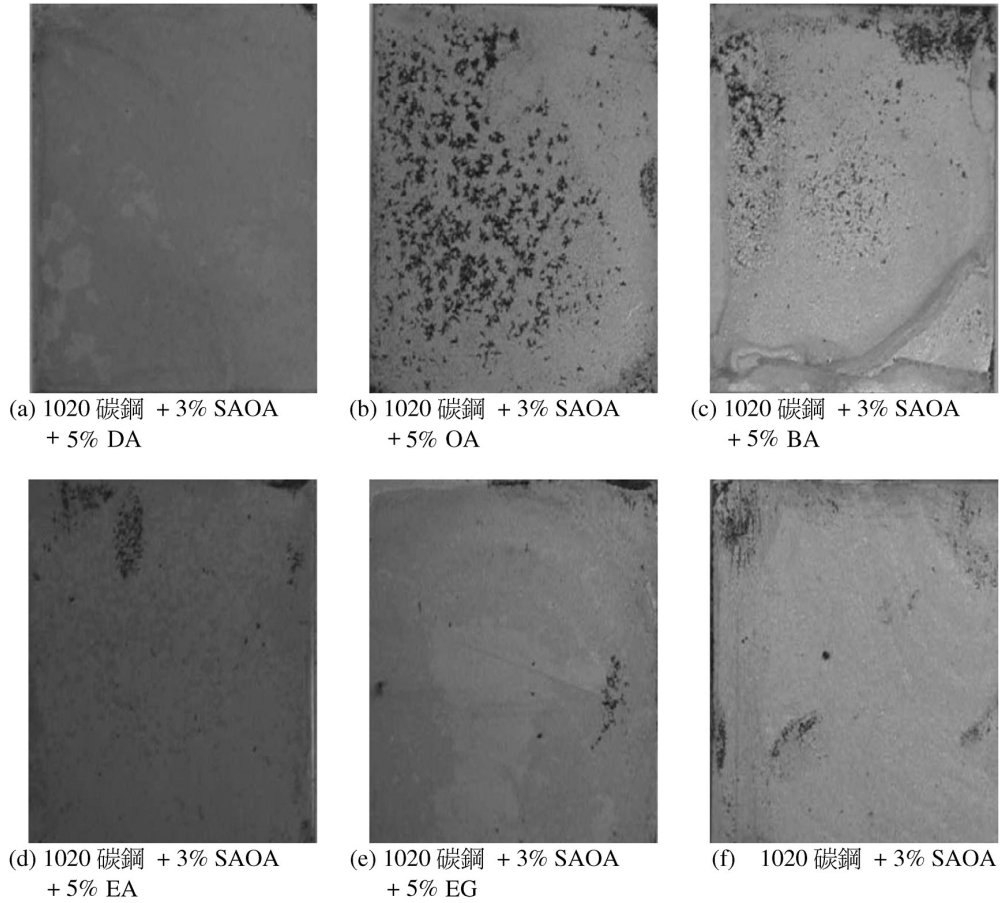


圖 6. 3% SAOA防銹劑中添加不同醇類其防蝕效果之比較。
Figure 6 Effect of various alcohols on the corrosion protection of the 3% SAOA coatings.

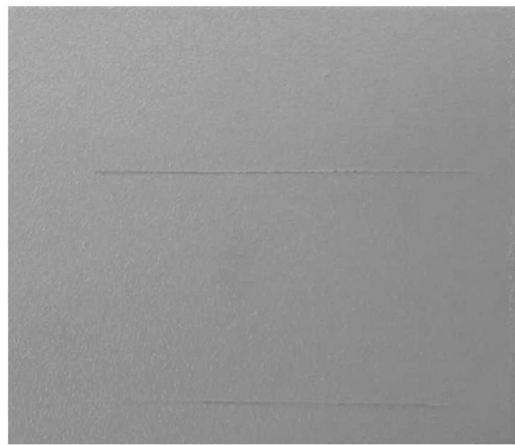


圖 7. 1020鋼材塗敷3% SAOA防銹劑後再噴塗底漆與面漆之附着力試驗結果。
Figure 7 Adhesion test of 3% SAOA treated 1020 carbon steel coated with primer and top coatings.

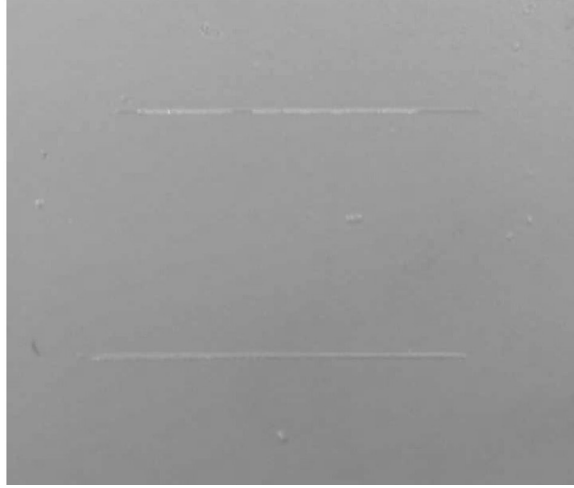
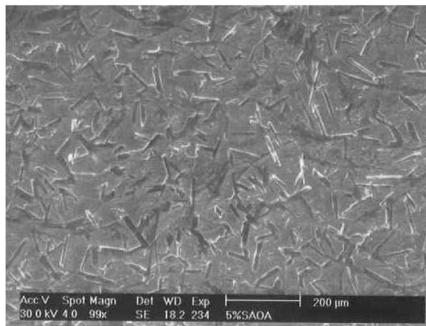
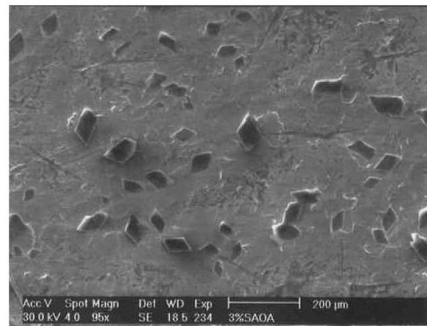


圖 8. 7075 鋁材塗敷 3% SAOA 防銹劑後再噴塗底漆與面漆之附著力試驗結果。
Figure 8 Adhesion test of 3% SAOA treated 7075 aluminum alloy coated with primer and top coatings.

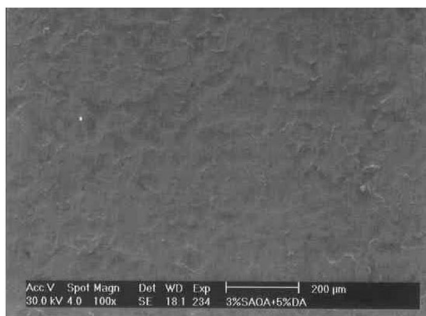


(a) 5% SAOA

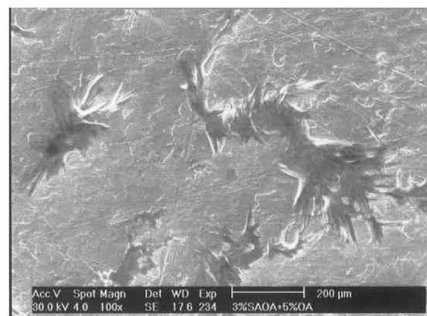


(b) 3% SAOA

圖 9. 5% SAOA(a) 與 3% SAOA(b) 防銹劑塗敷於 1020 碳鋼片表面之 SEM 圖比較。
Figure 9 SEM micrographs of 1020 carbon steel coated with 5%SAOA (a) and 3% SAOA (b) respectively.



(a) 3% SAOA+5%DA



(b) 3% SAOA+5%OA

圖 10. 3% SAOA 分別添加 5% DA(a) 與 5% OA(b) 之防銹劑塗敷於 1020 碳鋼片表面之 SEM 圖比較。
Figure 10 SEM micrographs of 1020 carbon steel coated with 3% SAOA containing 5% DA (a) and 5% OA (b) respectively.