

耐候防銹滑脂性能評估研究

廖啓宏* · 張家華* · 林義宗* 著

The Evaluation of Weathering Resistant and Corrosion Preventive Lubricating Greases

C. H. Liaw*, C. H. Chang* and Y. T. Lin*

摘 要

本研究分別以滑脂揮發物含量、耐水沖性、鹽霧試驗、室外曝露試驗等多種測試評估15種市售與自製滑脂之耐候與防銹性能。試驗結果顯示，一般實驗室內測試並不能與室外曝露試驗結果有直接關聯。本文建議以滑脂碳鋼抹片曝露試驗配合鹽霧試驗以評估其耐候防銹性能。此外，於滑脂中添加腐蝕抑制劑 DECHAN 所產生之防銹效果因滑脂本身種類不同而有極大差異。

ABSTRACT

A series of measurements including volatile matter content, water spray resistance, salt fog resistance and atmospheric exposure tests of 15 lubricating greases were performed. It appears that the data obtained from ordinary laboratory tests can not be directly correlated with those obtained from field exposure. A grease/carbon steel panel exposure associated with salt spray tests was recommended to evaluate the weathering and corrosion prevention performance of greases. It is also found that the inhibitor DECHAN has great different inhibitive effects for various greases which depend upon the properties of the base greases.

Key words: weathering grease, corrosion

一、前 言

滑脂兼具潤滑與防銹功能，惟使用於外露裝備時須考量因受日曝、雨淋以及氧化作用所造成之沖失與硬化等問題。滑脂之物理性能諸如針入度、滴點、防銹性能、附著性能以及負荷指數等在美國聯邦標準規範 FED-STD-791 與美國測試與材料協會規範 ASTM 中，皆已建立標準測試法。但截至目前為止，並無任何規範或文獻資料述及滑脂於室外大氣中之性能測試方法。本研究

之目的在於建立室內與室外測試法，並藉以評估市售與自製滑脂之各項耐候與防銹性能，此外並探討添加腐蝕抑制劑對於滑脂防銹效果之影響。

二、實 驗

1. 揮發物含量測試

參考 MIL-G-18458 (鋼纜與外露齒輪用滑脂) 規範，實施滑脂揮發物含量之測定。於鋁製稱量盤內稱取約 2 克之滑脂樣品，然後將稱量盤置於烘箱 (泰琪公司，OV-216) 內，於 105~

*中山科學研究院 第四研究所

Chung Shan Institute of Science and Technology, The Fourth Department.

表 1 試驗用滑脂商源資料
Table 1 Source of the tested greases.

代 號	廠 牌	滑 脂 型 號	備 註
CMP2	國光牌	車用多效滑脂	1991年產品
CHT2	國光牌	二號高溫滑脂	1988年產品
CEP2	國光牌	二號極壓滑脂	1988年產品
CMS2	國光牌	二號硫鉬滑脂	1988年產品
CCUP3	國光牌	三號杯脂	小鐵罐包裝
MBT-1	MOBIL (美)	Mobil temp 1	含 MoS ₂ 成份 標示合乎 MIL-G-81322D 規格
MBT-78	MOBIL (美)	Mobil temp 78	
MB-28	MOBIL (美)	Mobilgrease 28	
IFX18	Kluber (德)	Isoflex LDS 18	
GIA	Royal (美)	Special A G-354	1. 標示合乎 MIL-G-23827B ⁽⁷⁾ 規格 2. 1987年產品
SDR	Shell (美)	Dolium Grease R	
PPU	Pennzoil (美)	Poly Ultra #562	
P5600	Lube Tech (日)	P5600	
KL3	Kyoseki (日)	Wheel bearing grease L-3	
GWR	本實驗室調製		

110°C烘烤，由重量損失計算揮發物含量百分率。測試用之滑脂種類列於表 1。

2. 滑脂耐水沖性測試

試驗裝置如圖 1 所示，主要組件有鋁圓盤、定速旋轉機、計量泵與玻璃毛細管噴嘴。鋁圓盤為旋轉機附件，圓盤（見圖 2）上有環形凹槽，槽寬15mm、深0.4mm，定速旋轉機為美國

Buehler 公司出品 Isomet 系列低速鋸切機（low speed saw），原做為切割金屬片用途，計量泵為西德 ProMinent 公司出品之 Gamma/4-w 產品，原做為輸送電鍍液用途。玻璃毛細管前端細

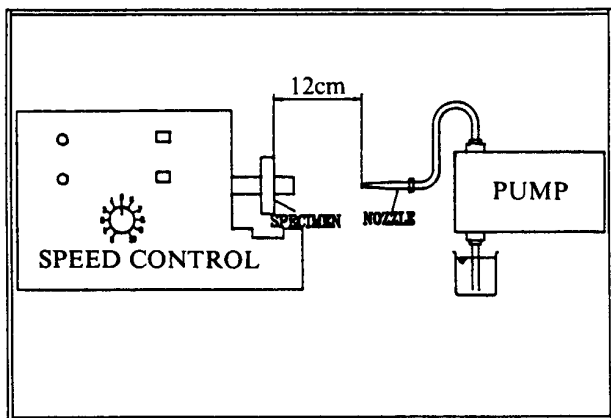


圖 1 滑脂耐水沖性試驗裝置

Fig. 1 Schematic diagram of the water washout characteristics test of greases.

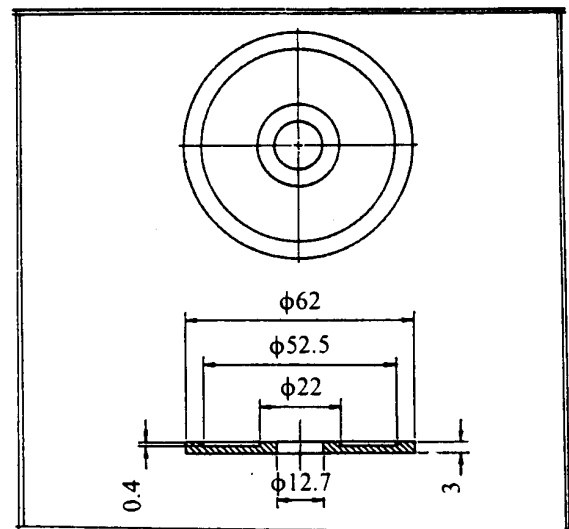


圖 2 滑脂耐水沖性試驗裝置組件—鋁圓盤構造圖

Fig. 2 Assembly part of the water washout characteristics apparatus — aluminum disk.

長部分長50mm、內徑1.5mm、後端接10mm口徑橡皮管。噴嘴口與圓盤滑脂面之距離為12公分，噴嘴必須對準滑脂表面。實驗步驟如下：

- (1)將鋁圓盤洗淨烘乾後稱重，記為 W_1 。
- (2)將滑脂填塞入鋁圓盤凹槽內，以刮刀刮平其表面後稱重記為 W_2 。
- (3)將定速旋轉機旋轉速度，調整為每分鐘 4.3 ± 0.3 轉及每分鐘 147 ± 3 轉兩種轉速之一。
- (4)將計量泵水流量調整至 21ml/min ，（衝程刻度為10，頻率為60 strokes/min）。
- (5)試驗30分鐘後取下圓盤，以吹風機吹乾圓盤與滑脂表面水滴後稱重，記為 W_3 。
- (6)計算滑脂耐水沖性如以下公式：水沖損失率

$$= (W_3 - W_2) / (W_2 - W_1) (100)$$

式中，

W_1 = 鋁圓盤空重

W_2 = 水沖洗前鋁圓盤與滑脂總重

W_3 = 水沖洗後鋁圓盤與滑脂總重

3. 滑脂防蝕功能測試

3.1 實驗室部份

以合於 ASTM B117 規範之鹽霧試驗機進行各類滑脂防銹性能測試。首先將尺寸為 5 公分×10公分×0.2公分之 SAE1020碳鋼片噴砂處理至 Sa 2 1/2 級以上後以三氯乙烷清洗試片表面油脂。乾燥後於試片四周邊緣貼以寬約0.4公分之 3M Scotch Brand 膠帶 (Core Series 2-0300)，膠帶厚度為 1 毫米。然後將滑脂以藥杓塗抹於試片上，再以平刮刀仔細刮平油脂表面使滑脂厚度與膠帶厚度相等。試驗中為探討脂膜厚度對於防銹狀況之影響，有部分試片邊緣貼上二層或三層膠帶以增加滑脂厚度。

本研究計進行二梯次鹽霧試驗，目的在探討各類滑脂本身耐鹽霧試驗狀況以及添加腐蝕抑制劑 DECHAN⁽¹²⁾ (Dicyclohexyl-ammonium nitrite) 之影響。

3.2 室外曝露試驗

3.2.1 滑脂／碳鋼片之耐蝕性曝露試驗

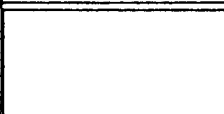
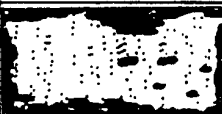
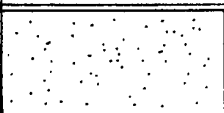
等級判定	等級判定圖列	等級判定	等級判定圖列
A	 表面完好	D	 表面部分銹蝕
B	 表面銹斑	E	 表面完全銹蝕
C	 表面輕微銹蝕		

圖 3 銹蝕等級判定表

Fig. 3 Corrosion ratings.

為探討滑脂之耐候與防銹性能，最直接之試驗方法係將塗抹滑脂之碳鋼試片置於室外空曠處曝露，然後定期觀察滑脂流失以及碳鋼試片銹蝕狀況以評估滑脂之優劣。

試片之製備方法與前節鹽霧試驗者相同，試片背面以雙面膠帶黏著固定於塑膠板或上漆之鐵板上。曝露試地點在401館頂樓陽臺，分兩梯次進行。第一梯次試驗日期為81.04.16至81.05.18計32天，試片以水平方式（傾斜角零度）擺放。第二梯次試驗日期為81.08.31至81.09.29計29天，試片擺放傾斜角為15度。試驗結果如表6與表7所示。

3.2.2 滑脂抗雨沖刷性試驗

本研究將滑脂塗敷於鋁質圓形與直形凹槽上，然後曝露於本院401館頂樓陽臺上以觀察其滑脂流失狀況。圓形凹槽圓盤與直形凹槽鋁塊構造圖請參見圖4與圖5。圓盤以水平方式擺置，直槽則以水平與垂直兩種方式擺置。

三、結果與討論

1. 表2說明滑脂揮發物含量之測定結果，各行數據代表不同批次烘烤試驗所得之滑脂重量損失百分率。表中15種滑脂經於105°C，3小

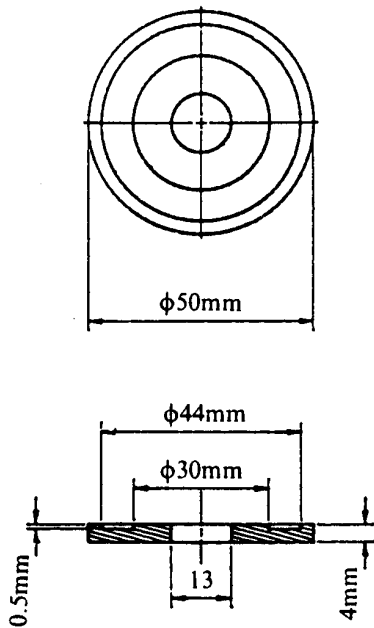


圖 4 耐雨水沖刷性曝露試驗用鋁圓盤構造圖
Fig. 4 Schematic diagram of the aluminum slot-disk for rain washout exposure test.

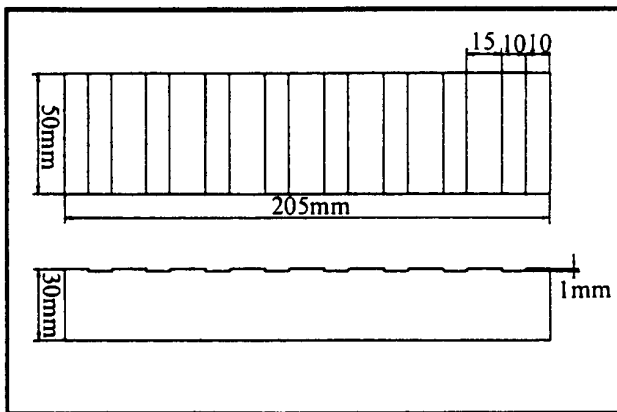


圖 5 耐雨水沖刷性曝露一試驗用鋁槽構造圖
Fig. 5 Schematic diagram of the aluminum slot-block for rain washout exposure test.

時烘烤後其損失率皆小於2%，全部符合 MIL-G-18458規格要求。觀察表 2 數據可知，以普通烘箱（帶有吹風循環設備）烘烤滑脂之測試方法其再現性並不理想，惟仍可明顯看出15種滑脂中以 GIA 與 P5600 之耐揮發性較差。

2. 表 3 顯示十數種滑脂耐水沖性試驗結果。於試驗初期，為觀察毛細管水槍噴出之水柱打

表 2 滑脂揮發物含量測定—重量損失率（%）

Table 2 Volatile matter content of greases—weight loss percentage.

滑 脂	105°C 3 小時 (I)	105°C 3 小時 (II)	105°C 3 小時 (III)	105°C 12 小時	100°C 22 小時
KL3	0.58	0.63	---	---	---
GWR	0.87	---	1.19	---	---
CCUP3	0.50	0.62	---	---	---
GIA	1.93	1.25	1.70	---	3.47
MB-28	0.92	1.03	---	1.66	---
CEP2	0.58	0.55	---	---	---
P5600	1.48	1.14	1.43	2.46	---
CMP3	0.35	0.26	---	---	---
CMP2	0.19	0.15	0.24	---	0.38
MBT-1	0.60	0.63	---	1.06	---
CMS2	0.25	0.18	---	---	0.42
CHT2	0.21	0.19	---	---	0.38
MBT-78	0.66	0.79	---	1.30	---
SDR	1.21	1.13	---	---	---
PPU	0.25	0.20	---	---	0.36

註：表中數字為重量損失百分率（%）

---表未經測試

擊在滑脂表面之現象，並確定水滴均勻沖擊各處滑脂，故調整轉速至前後間隔水柱打擊面積相銜接為原則，其轉速約為4.3rpm。惟於低轉速狀態較不易維持其轉速穩定度，故於後期試驗中便提高轉速至147rpm左右，以獲得穩定轉速。

試驗結果顯示數據再現性因滑脂種類而有甚大差異，但於進行重複試驗之四種滑脂中，其平均誤差最大者為12.9%，其餘皆小於5%。初步觀察，本試驗方法之數據再現性優於ASTM D1264與ASTM D4049抗水性測試法。本試驗於室溫條件下進行，並未以恆溫裝置控制水溫，惟於表3中各項試驗之水溫皆在23.5~25.5°C之間。以本試驗法所得結果顯示P5600、CHT2、CCUP3、KL3、GIA等皆為耐水沖性優良之滑脂，而CMP2、MB28、MBT1與MBT78則較不耐水柱沖擊。

3. 由表4之數據可知，七種市售滑脂依其耐鹽

耐 候 防 銹 滑 脂 性 能 評 估 研 究

表 3 滑脂耐水沖性試驗結果

Table 3 The water washout characteristics of greases.

滑脂種類	重 量 損 失 率 (%)			
	慢速旋轉	平均誤差	快速旋轉	平均誤差
CMP2	8.29,9.22,9.22	±5%	14.9	
CCUP3	7.84		8.7	
CHT2	---		5.4	
GWR	---		12.5	
CEP2	---		10.3	
MBT-1	---		17.4,17.7	±0.9%
MB28	11.99		15.1,15.3	±0.7%
MBT-78	---		18.0,16.4	±4.7%
P5600	---		7.0,5.4	±12.9%
KL3	---		6.5	
IFX18	---		10.7	
GIA	---		6.2	

註：---表未經測試；未列平均誤差者表示僅做一次測試

表 4 滑脂／碳鋼片 ASTM B117 鹽霧試驗結果(一)

Table 4 Results of the salt spray test (ASTM B117) for grease/carbon steel panel (1)

試片	滑脂(試驗時間(小時))	2	4	12	62	86	114	158	230	254	278	326	350	374
1	CMP2	○	○	○	○	○	×							
2	CMP2+1% DECHAN	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×		
3	MB-28	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×		
4	MB-28+1% DECHAN	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×
5	MBT-1	○	○	○	○	○	×							
6	MBT-1+1% DECHAN	○	○	○	○	○	×							
7	MBT-78	○	○	○	○	×								
8	MBT-78+1% DECHAN	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	
9	CCUP3	○	×											
10	CCUP3+1% DECHAN	○	○	○	○	○	○	×						
11	P5600	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
12	P5600	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
13	CHT2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×		
14	CHT2+1% DECHAN	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×
15	裸鋼片	×												

註：符號○代表“通過”、×代表“不通過”，通過之條件為試片銹斑少於三點且每一點銹斑直徑小於1釐米，膠帶邊緣1/4吋範圍內之銹斑不計。

霧性能之優劣可排序如下：

P5600>CHT2=MB28>MBT-1=CMP2>

MBT-78>CCUP3

添加腐蝕抑制劑 DECHAN^(1,2) 對於不同滑脂

有相當不同程度之影響，有些滑脂因為 DE-

CHAN 之存在而大幅提昇其耐鹽霧性，

如 CMP2、MBT-78 與 CCUP3 等，有些則無

明顯效果如 MB-28 與 CHT-2，而如 MBT-1

滑脂者則幾無效果。

DECHAN (DICYCLOHEXYLAMMONIUM NITRITE) 為白色固體粉末，是常用之氣相腐蝕抑制劑，與滑脂混合攪拌後並不溶解，惟其硬度不大 (Mohs 硬度值為 1)，故應不致於刮傷 鐵材表面。

本研究於完成上述鹽霧試驗後，陸續獲得代理商推荐耐水防銹滑脂兩種，PPU 與 SDR。另外本實驗室亦自行調製滑脂乙種 (代號 GWR)，為比較此三種滑脂與上述滑脂之防銹性能，便選取耐鹽霧性能最佳之 P5600，市面使用量最大之 CMP2 以及美孚公司高溫滑脂 MBT-1 為比較樣本，進行第二批次鹽霧試驗。由表 5 結果可知，滑脂對於碳鋼片之保護效果排序為：

$GWR = P5600 \geq PPU > SDR$

4. 表 6 顯示第一梯次室外曝露試驗之數據，試

表 5 滑脂／碳鋼片 ASTM B117 鹽霧試驗結果(二)

Table 5 Results of the salt spray test (ASTM B117) for grease/carbon steel panel (2)

試片	滑脂(時間(小時))	96	161	233	257	281
F1	CMP2*	○	○	×		
F2	CMP2	○	×			
F3	GWR	○	○	○	○	○
F4	GWR	○	○	○	○	○
F5	PPU	○	○	○	○	○
F6	PPU	○	○	○	○	×
F7	SDR	○	○	○	○	×
F8	SDR	○	○	○	○	×
F9	MBT-1	×				
F10	MBT-1	×				
F11	P5600	○	○	○	○	○
F12	P5600	○	○	○	○	○
G1	PPU (單層)	○	○	○	○	×
G2	PPU (雙層)	○	○	○	○	○
G3	PPU (三層)	○	○	○	○	○
H1	GWR (單層)	○	○	○	○	○
H2	GWR (雙層)	○	○	○	○	○
H3	GWR (三層)	○	○	○	○	○

註：*未標示膠帶層數者皆為單層。

驗期間之天氣為晴天20日，雨天12日，但各雨天下雨時間長短不同，雨量亦大小不等。

由表 6 之數據可歸納以下幾點結果：

(1)塗敷下列滑脂之試片，經32天曝露試驗，於外觀上無明顯銹蝕：

CHT2、MBT-1、MBT-78、MB-28 但塗敷 MB-28 滑脂之試片 (編號 E13 與 E14)，其試片表面之滑脂幾乎已不存在。其餘三者油膜尚稱完整，但滑脂顏色變深，且有硬化現象。經以丙酮將試片清洗乾淨後觀察，碳鋼片表面無銹蝕現象。

(2)添加腐蝕抑制劑 DECHAN 於滑脂上之影響為：

①對於 CMP2 略有加強防蝕效果。

②對於 CCUP3、MBT-1、MBT-78 與 MB-28 無影響。

③對於 CHT2 有負面影響，反而降低滑脂防蝕效果。

(3)添加腐蝕抑制劑 Cyclohexylamine Caprate 於 CMP2 滑脂對其防蝕效果無影響。

表 7 顯示第二梯次室外試驗之數據，其中編號 F13—F16 四塊試片塗抹 4 種國外製造之防銹油。試驗由 8 月 31 日開始，當日為晴天，9 月 1 日～2 日亦為晴天，9 月 3 日雨天、9 月 4 日颱風大雨，9 月 5 日陰雨。換言之，試驗首三日為晴天，第四、五、六日颱風過境。經歷一週之曝露試驗，塗防銹油之試片皆已銹蝕，而 11 種滑脂中亦有 6 種已被淘汰。第二梯次試驗結果顯示 PPU、GWR、P5600 三者為此試驗中最佳之滑脂。

綜合兩梯次於本院地區之曝露試驗結果，PPU、GWR、P5600、CHT2、MBT-1、MBT-78 等六種滑脂之耐候防蝕性甚為優良，KL3、CCUP3、GIA、IFX18 等滑脂則耐候防蝕性不佳。一般防銹油，即使是著名廠牌亦不適合於室外金屬防銹用途。

耐 候 防 銹 滑 脂 性 能 評 估 研 究

表 6 滑脂／碳鋼片室外曝露試驗結果(一)

試驗日期：81.04.16～81.05.18

Table 6 Results of the outdoor exposure test of grease/carbon steel panel. (1) date: Apr 16—May 18 (1992)

試片編號	滑 脂	銹 蝕 狀 況 (註一)						
		3 日	8 日	11 日	19 日	21 日	25 日	32 日
1	CMS2	A	A	A	B	B	C	C
2	CHT2+1% DECHAN	A	A	A	B	B	B	B
3	CHT2	A	A	A	A	A	B	B
7	CMP2	A	A	A	B	B	C	C
8	CMP2+1% DECHAN	A	A	A	A	A	B	C
4	CMP2+2% c.c (註二)	A	A	A	B	B	C	D
5	CCUP3	A	B	C	D	E	E	E
6	CCUP3+1% DECHAN	A	B	C	D	E	E	E
10	MBT-1	A	A	A	A	A	A	A
9	MBT-1+1% DECHAN	A	A	A	A	A	A	A
11	MBT-78	A	A	A	A	A	A	A
12	MBT-78+1% DECHAN	A	A	A	A	A	A	A
14	MBT-28	A	A	A	A	A	A	A
15	MBT-28+2% DECHAN	A	A	A	A	A	A	A
13	CEP2	A	A	A	B	C	C	D

註一：銹蝕狀況等級符號，請參考圖 3 之說明。

註二：CMP2/Cyclohexylamine Caprate/heavy motor oil=100/2/20 (重量比)

表 7 滑脂／碳鋼片室外曝露試驗結果(二)

試驗日期：81.08.31～81.09.29

Table 7 Results of the outdoor exposure test of grease/carbon steel panel. (2) date: Aug 31—Sep 29 (1992)

試片編號	曝 露 日 期 滑 脂	1 日	2 日	4 日	5 日	7 日	9 日	10 日	14 日	15 日	17 日	21 日	24 日	29 日
F1	KL3	A	A	B	D	E	E	E	E	E	E	E	E	E
F2	KL3	A	A	C	D	E	E	E	E	E	E	E	E	E
F3	GWR	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B
F4	GIA	A	B	C	D	E	E	E	E	E	E	E	E	E
F5	IFX18	A	A	B	C	E	E	E	E	E	E	E	E	E
F6	CCUP3	A	A	D	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
F7	PPU	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
F8	SDR	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B
F9	P5600	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
F10	MBT-78	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B
F11	CEP2	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B
F12	CMS2	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
F13	PS100(wax)	A	B	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
F14	CP32(oil)	A	A	A	A	B	C	C	C	C	C	D	D	D
F15	WD40(oil)	B	B	B	B	C	C	C	D	D	D	E	E	E
F16	Breakfree (oil)	A	A	D	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E

符號說明：參見圖 3

表 8 鋁圓盤凹槽／滑脂耐候曝露試驗結果

Table 8 Results of the exposure test of aluminum slotted disk/grease.

試片編號	滑脂／曝露日數	2 日	3 日	5 日	7 日	8 日	12 日	重量損失率 (%)
G1	P5600	○	○	○	○	○	○	10.3
G2	MBT-78	○	○	○	××	××	××	55.1
G3	GMS2	○	○	○	○	○	○	45.3
G4	CHT2	○	○	○	○	○	○	43.8
G5	KL3	○	○	○	×	×	××	60.0

符號說明：○ 滑脂表面無異狀 ×× 滑脂部分流失
 × 滑脂輕微流失 ××× 滑脂完全流失

表 9 鋁直槽／滑脂耐候曝露試驗結果 (水平擺放)

Table 9 Results of the exposure test of aluminum slotted block/grease. (horizontal position)

試片編號	滑脂／曝露日期	2 日	3 日	5 日	7 日	8 日	12 日	13 日	14 日
H1	KL3	○	○	○	×	×	×	×	×
H2	PPU	○	○	○	○	○	○	○	○
H3	SDR	○	○	○	○	○	○	○	○
H4	IFX-18	××	××	××	××	××	××	××	××
H5	P5600	○	○	○	×	×	×	×	×
H6	CMP2	×	×	×	×	×	×	×	×
H7	CMS2	×	×	×	×	×	×	×	×
H8	CHT2	○	○	○	×	×	×	×	×
H9	CEP2	×	×	×	×	×	××	××	××
H10	MBT-1	○	○	○	×	×	×	×	×
H11	MB-28	××	××	××	××	××	××	××	××
H12	MBT-78	×	×	×	×	×	×	×	×
H13	GWR	○	○	○	×	×	×	×	×
H14	PPU	○	○	○	○	○	○	○	○
H15	P5600	○	○	○	×	×	×	×	×
H16	MBT-78	×	×	×	×	×	×	×	×

符號說明：同表 8

5. 表 8 列出五種滑脂於圓形凹槽內，在 81 年 9 月 2 日至 81 年 9 月 14 日曝露期間，其表面變異狀況。觀察結果顯示 P5600、CHT2 與 CMS2 不易流出而 MBT-78 與 KL3 則較不耐雨水沖刷。

表 9 列出水平直槽試驗結果，試驗日期為 81.9.2. 至 81.9.16. 受測試之 13 種滑脂中以 SDR 為最優，IFX18 最劣，其優劣次為：
 SDR > PPU > P5600 > GWR > = CHT2 = MBT-

1 = KL3 > MBT-78 = CMS2 = CMP2 > CEP2 > MB-28 > IFX18

表 10 列出垂直直槽試驗結果，試驗日期為 81.9.18 至 81.11.13 歷時 57 天。本次試驗結果大部分滑脂流失輕微，即使是“最劣”之 IFX-18，其剩餘滑脂厚度尚在一半以上。經目視觀察比較，13 種滑脂之優劣次為：

SDR ≥ MB-28 > GWR = CMS2 = CHT2 ≥ PPU
 = MBT-78 = P5600 > CEP2 = MBT-1 = CMP2 =

耐 候 防 銹 滑 脂 性 能 評 估 研 究

表10 鋁直槽／滑脂耐候曝露試驗結果（垂直擺放）

Table 10 Results of the exposure test of aluminum slotted block/grease. (vertical position)

凹槽編號	滑脂／曝露日數	3 日	4 日	5 日	11日	57日
1	KL3	○	○	○	○	C
2	PPU	○	○	○	○	B
3	SDR	○	○	○	○	A
4	IFX-18	○	○	○	○	D
5	P5600	×	×	×	×	D
6	CMP2	○	○	○	○	C
7	CMS2	○	○	○	○	B
8	CHT2	○	○	○	○	B
9	CEP2	○	○	○	○	C
10	MBT-1	○	○	○	○	C
11	MB-28	○	○	○	○	A
12	MBT-78	○	○	×	×	B
13	GWR	○	○	○	○	B
14	PPU	○	○	○	○	C
15	P5600	○	○	○	○	B
16	MBT-78	○	○	×	×	C

符號說明：○ 滑脂表面無異狀

× 滑脂輕微流失

優劣順序：A > B > C > D

KL3 > IFX-18

由於垂直槽滑脂不易受雨直接衝擊，故此項結果較不具意義，應以水平直槽者之數據較具參考價值。

四、結 論

1. 滑脂揮發物含量測定結果顯示15種測試滑脂皆合乎 MIL-G-18458 規範，其中以 GIA 與 P5600 之耐揮發性較差。但於碳鋼片曝露試驗中，初始狀態僅有 1 釐米厚度之 P5600 滑脂歷經 29 日後仍無乾裂現象。可見一般市售滑脂若揮發物含量合乎 MIL-G-18458 規格應不易乾裂。滑脂若有短時間內大量流失現象，應屬其他原因（例如雨水沖刷、灰塵砂粒附著隨後掉落等）。
2. 實驗室耐水沖性試驗結果顯示 P5600、CHT2、CCUP3、KL3 與 GIA 等為耐水沖性優良

之滑脂。其中 P5600、CHT2 於曝露防蝕試驗（碳鋼片）以及曝露耐雨沖刷試驗（鋁塊）皆呈現優異性能，但 CCUP3、KL3 與 GIA 則於曝露試驗皆顯現不佳。此實驗室法不能與曝露試驗有密切關連之原因，應為水槍之沖擊力大小與型態無法確切模擬雨水沖刷狀況。

3. 從實用觀點言之，耐候防銹滑脂之篩選試驗應以碳鋼片曝露試驗為主。若使用滑脂之地區大氣中含有大量鹽份（如濱海區、海島等）則應再參考鹽霧試驗數據。
4. 添加腐蝕抑制劑於滑脂之作用依實驗結果顯示，有些會加強防銹效果，有些無影響，有些反而有負面效果。其理由為滑脂本身若抗水性不良，則即使有優良之防銹劑在內，亦將隨著滑脂被水沖走。因此必須先選擇抗水性優良之滑脂再行添加具相容性之腐蝕抑制

劑。將 DECHAN 加入抗水性極佳之 CHT2 滑脂，反而降低滑脂之防銹效果，應是 DECHAN 與 CHT2 之成分有不相容之現象所致。

5. 於本研究所測試之各種市售滑脂中，以美國 Pennzoil 公司出品之 PPU 滑脂於曝露試驗中表現最為優異，惟其價格約為一般滑脂之五～六倍。日本 Lube Tech 公司出品之 P5600 滑脂於曝露試驗中性能僅稍遜於 PPU，亦甚為優良，而於鹽霧試驗中，抗蝕力更優於 PPU。但 P5600 滑脂之滴點（dropping point）僅有 60°C，使用於垂直面之場合時容易受熱融化而流失是其缺點。
6. 本研究選擇國內廠牌抗水性優良之滑脂為主劑，添加 10% 油溶性防銹劑，調整適當黏稠度（consistency）製成 GWR 滑脂。GWR 滑脂於鹽霧試驗中排名與 P5600 並列第一，而於曝露試驗中排名僅次於 PPU，與 P5600 不相上下。GWR 滑脂滴點在 200°C 以上，無上述 P5600 所具之缺點。有關 GWR 之配方與調製程序將另撰文說明。

參考文獻

- (1) MIL-G-18458B, "Grease, Wire Rope and Exposed Gear" (1984).
- (2) ASTM D972, "Standard Test Method for Evaporation Loss of Lubricating Grease and Oils" (1986).
- (3) ASTM D2595, "Standard Test Method for Evaporation Loss of Lubricating Greases Over Wide-Temperature Range" (1985)
- (4) MIL-G-10924D, "Grease, Automotive and Artillery" (1971)
- (5) MIL-G-81322D, "Grease, Aircraft, General Purpose, Wide Temperature Range, NATO CODE Number G-395" (1982)
- (6) FED-STD-791C Method 321.3, "Oil Separation From Lubricating Grease" (1986)
- (7) MIL-G-23827B, "Grease, Aircraft and Instrument, Gear and Actuator Screw NATO CODE Number G-354, Metric" (1983)
- (8) ASTM D4049, "Standard Test Method for Resistance of Lubricating Grease to Water Spray", (1986)
- (9) ASTM D1264, "Standard Test Method for Water Washout Characteristics of Lubricating Greases" (1987)
- (10) ASTM D1742, "Standard Test Method for Separation from Lubricating Grease During Storage" (1988)
- (11) ASTM D1743, "Standard Test Method for Corrosion Preventive Properties of Lubricating Greases" (1987)
- (12) A. Wachter, T. Skei and N. Stillman, "Dicyclohexylammonium Nitrite, A Volatile Inhibitor for Corrosion Preventive Packaging", Corrosion, Vol. 7, 284-294 (1951)