

一般鍍膜特性檢驗法

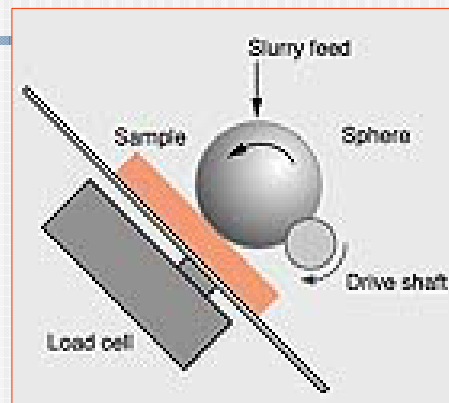
- 鍍膜厚度量測
- 鍍膜硬度量測
- 鍍膜附著性測試
- 鍍膜耐磨耗特性測試
- 鍍膜耐蝕性測試
- 鍍膜顏色測定

2005/4/6

金屬工業研究發展中心

1

鍍膜厚度量測-球磨法



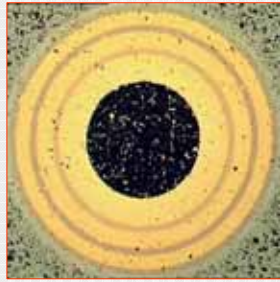
Calo-test

2005/4/6

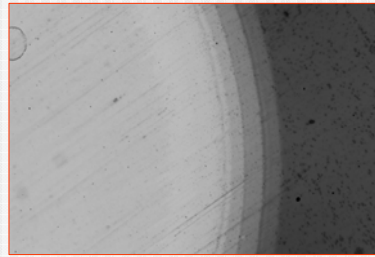
金屬工業研究發展中心

2

球磨痕跡



100x



多層膜

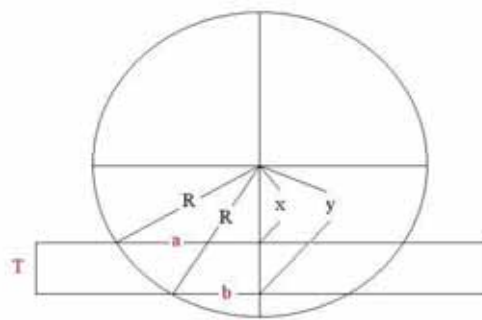
2005/4/6

金屬工業研究發展中心

3

鍍膜厚度計算

R：鋼珠半徑
a：磨痕外圈半徑
b：磨痕內圈半徑
T：鍍膜厚度



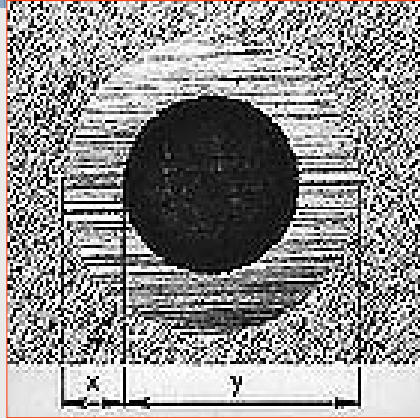
$$T = [\sqrt{(R^2 - b^2)}] - [\sqrt{(R^2 - a^2)}]$$

2005/4/6

金屬工業研究發展中心

4

鍍膜厚度計算



$$D = \frac{X * Y}{\text{Øball}}$$

計算公式

2005/4/6

金屬工業研究發展中心

5

球磨機

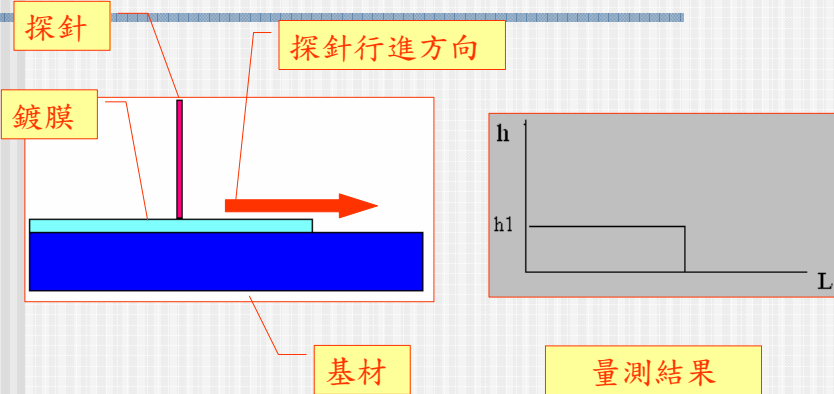


2005/4/6

金屬工業研究發展中心

6

鍍膜厚度量測-粗度儀

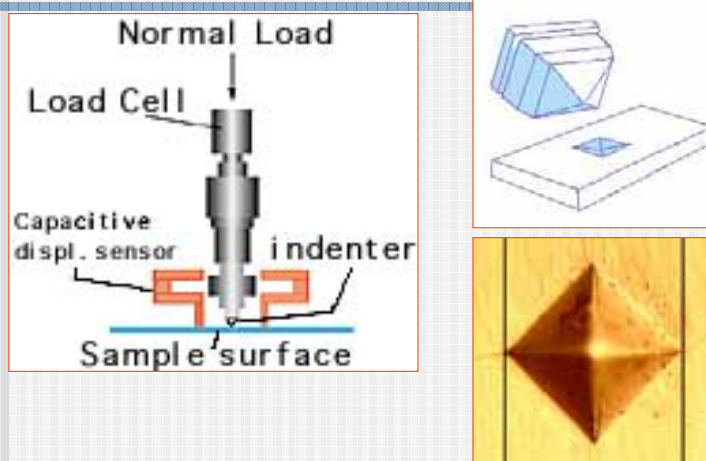


2005/4/6

金屬工業研究發展中心

7

鍍膜硬度量測



2005/4/6

金屬工業研究發展中心

8

Vicker's 微硬度機



2005/4/6

金屬工業研究發展中心

9

RC-HV轉換表

C		A		D		15N		30N		45N		VICKERS KNOOP		BRINELL		TENSILE	
150 kgf	100 kgf	100 kgf	50 kgf	150 kgf	100 kgf	150 kgf	100 kgf	150 kgf	100 kgf	150 kgf	100 kgf	150 kgf	100 kgf	100 kgf	100 kgf	100 kgf	100 kgf
diamond	diamond	diamond	diamond	diamond	diamond	diamond	diamond	diamond	diamond	diamond	diamond	diamond	45 kgf	30 kgf	15 kgf	1000 kgf	1000 kgf
mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²
68	85.6	85.6	76.9	76.9	93.2	93.2	84.4	84.4	76.4	76.4	94.0	94.0	...	...	...	...	...
67	88.0	88.0	76.1	76.1	92.9	92.9	83.6	83.6	74.2	74.2	90.0	90.0	...	...	...	...	...
66	90.4	90.4	74.4	74.4	92.2	92.2	81.9	81.9	72.0	72.0	88.6	88.6	...	...	...	...	...
65	92.8	92.8	72.8	72.8	91.8	91.8	81.1	81.1	71.0	71.0	86.0	86.0	...	...	...	...	...
64	95.2	95.2	71.2	71.2	91.4	91.4	80.1	80.1	69.9	69.9	83.2	83.2	...	...	...	...	...
63	97.6	97.6	69.6	69.6	91.1	91.1	79.3	79.3	68.8	68.8	80.4	80.4	...	...	...	...	...
62	100.0	100.0	68.0	68.0	90.7	90.7	78.4	78.4	67.7	67.7	77.0	77.0	...	...	...	...	...
61	102.4	102.4	66.4	66.4	90.4	90.4	77.5	77.5	66.6	66.6	74.2	74.2	...	...	...	...	...
60	104.8	104.8	64.8	64.8	90.1	90.1	76.6	76.6	65.5	65.5	71.0	71.0	...	...	...	...	...
59	107.2	107.2	63.2	63.2	89.8	89.8	75.7	75.7	64.4	64.4	67.4	67.4	...	...	...	...	...
58	109.6	109.6	61.6	61.6	89.5	89.5	74.8	74.8	63.3	63.3	63.2	63.2	...	...	...	...	...
57	112.0	112.0	60.0	60.0	89.2	89.2	73.9	73.9	62.2	62.2	59.0	59.0	...	...	...	...	...
56	114.4	114.4	58.4	58.4	88.9	88.9	73.0	73.0	61.1	61.1	55.8	55.8	...	...	...	...	...
55	116.8	116.8	56.8	56.8	88.6	88.6	72.1	72.1	60.0	60.0	52.6	52.6	...	...	...	...	...
54	119.2	119.2	55.2	55.2	88.3	88.3	71.2	71.2	59.0	59.0	49.4	49.4	...	...	...	...	...
53	121.6	121.6	53.6	53.6	88.0	88.0	70.3	70.3	58.0	58.0	46.2	46.2	...	...	...	...	...
52	124.0	124.0	52.0	52.0	87.7	87.7	69.4	69.4	57.0	57.0	43.0	43.0	...	...	...	...	...
51	126.4	126.4	50.4	50.4	87.4	87.4	68.5	68.5	56.0	56.0	40.0	40.0	...	...	...	...	...
50	128.8	128.8	48.8	48.8	87.1	87.1	67.6	67.6	55.0	55.0	37.0	37.0	...	...	...	...	...
49	131.2	131.2	47.2	47.2	86.8	86.8	66.7	66.7	54.0	54.0	34.0	34.0	...	...	...	...	...
48	133.6	133.6	45.6	45.6	86.5	86.5	65.8	65.8	53.0	53.0	31.0	31.0	...	...	...	...	...
47	136.0	136.0	44.0	44.0	86.2	86.2	64.9	64.9	52.0	52.0	28.0	28.0	...	...	...	...	...
46	138.4	138.4	42.4	42.4	85.9	85.9	64.0	64.0	51.0	51.0	25.0	25.0	...	...	...	...	...
45	140.8	140.8	40.8	40.8	85.6	85.6	63.1	63.1	50.0	50.0	22.0	22.0	...	...	...	...	...
44	143.2	143.2	39.2	39.2	85.3	85.3	62.2	62.2	49.0	49.0	19.0	19.0	...	...	...	...	...
43	145.6	145.6	37.6	37.6	85.0	85.0	61.3	61.3	48.0	48.0	16.0	16.0	...	...	...	...	...
42	148.0	148.0	36.0	36.0	84.7	84.7	60.4	60.4	47.0	47.0	13.0	13.0	...	...	...	...	...
41	150.4	150.4	34.4	34.4	84.4	84.4	59.5	59.5	46.0	46.0	10.0	10.0	...	...	...	...	...
40	152.8	152.8	32.8	32.8	84.1	84.1	58.6	58.6	45.0	45.0	7.0	7.0	...	...	...	...	...
39	155.2	155.2	31.2	31.2	83.8	83.8	57.7	57.7	44.0	44.0	4.0	4.0	...	...	...	...	...
38	157.6	157.6	29.6	29.6	83.5	83.5	56.8	56.8	43.0	43.0	1.0	1.0	...	...	...	...	...
37	160.0	160.0	28.0	28.0	83.2	83.2	55.9	55.9	42.0	42.0	...	...	...	...	...	...	...
36	162.4	162.4	26.4	26.4	82.9	82.9	55.0	55.0	41.0	41.0	...	...	...	...	...	...	...
35	164.8	164.8	24.8	24.8	82.6	82.6	54.1	54.1	40.0	40.0	...	...	...	...	...	...	...
34	167.2	167.2	23.2	23.2	82.3	82.3	53.2	53.2	39.0	39.0	...	...	...	...	...	...	...
33	169.6	169.6	21.6	21.6	82.0	82.0	52.3	52.3	38.0	38.0	...	...	...	...	...	...	...
32	172.0	172.0	20.0	20.0	81.7	81.7	51.4	51.4	37.0	37.0	...	...	...	...	...	...	...
31	174.4	174.4	18.4	18.4	81.4	81.4	50.5	50.5	36.0	36.0	...	...	...	...	...	...	...
30	176.8	176.8	16.8	16.8	81.1	81.1	49.6	49.6	35.0	35.0	...	...	...	...	...	...	...
29	179.2	179.2	15.2	15.2	80.8	80.8	48.7	48.7	34.0	34.0	...	...	...	...	...	...	...
28	181.6	181.6	13.6	13.6	80.5	80.5	47.8	47.8	33.0	33.0	...	...	...	...	...	...	...
27	184.0	184.0	12.0	12.0	80.2	80.2	46.9	46.9	32.0	32.0	...	...	...	...	...	...	...
26	186.4	186.4	10.4	10.4	79.9	79.9	46.0	46.0	31.0	31.0	...	...	...	...	...	...	...
25	188.8	188.8	8.8	8.8	79.6	79.6	45.1	45.1	30.0	30.0	...	...	...	...	...	...	...
24	191.2	191.2	7.2	7.2	79.3	79.3	44.2	44.2	29.0	29.0	...	...	...	...	...	...	...
23	193.6	193.6	5.6	5.6	79.0	79.0	43.3	43.3	28.0	28.0	...	...	...	...	...	...	...
22	196.0	196.0	4.0	4.0	78.7	78.7	42.4	42.4	27.0	27.0	...	...	...	...	...	...	...
21	198.4	198.4	2.4	2.4	78.4	78.4	41.5	41.5	26.0	26.0	...	...	...	...	...	...	...
20	200.8	200.8	0.8	0.8	78.1	78.1	40.6	40.6	25.0	25.0	...	...	...	...	...	...	...

2005/4/6

金屬工業研究發展中心

10

鍍膜附著性測試-壓痕試驗

1. 150kg荷重
2. 100x顯微鏡觀察



Rockwell 硬度試驗機

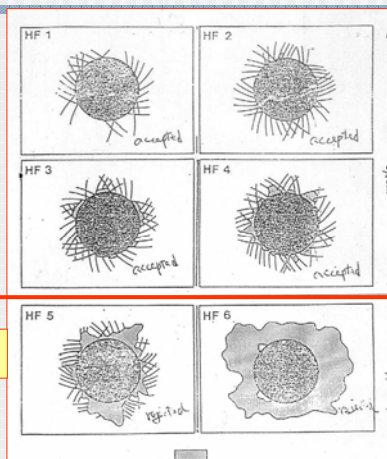
2005/4/6

金屬工業研究發展中心

11

壓痕試驗結果

合格



不合格

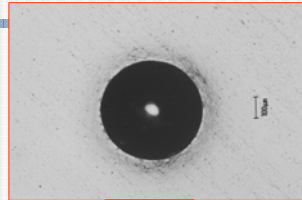
壓痕分級圖

2005/4/6

金屬工業研究發展中心

12

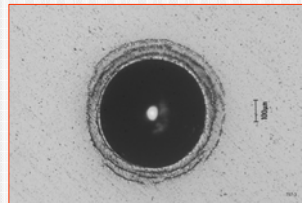
壓痕試驗結果



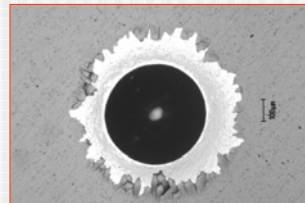
HF1



HF4~HF5



HF2~HF3



HF6

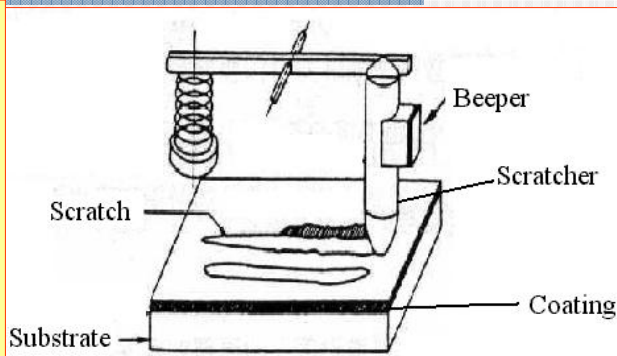
2005/4/6

金屬工業研究發展中心

13

鍍膜附著性測試-刮痕試驗

1. 於探針連續施以 10N~90N 之正向壓力。
2. 同時將探針以一定速度由左向右移動。
3. 量測鍍膜之表面摩擦力。
4. 將正向壓力對摩擦力作圖。



刮痕試驗機

2005/4/6

金屬工業研究發展中心

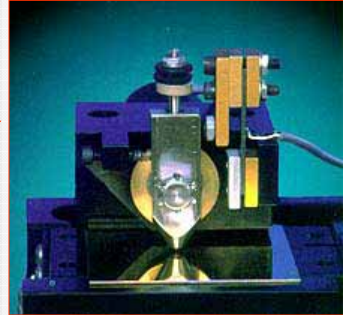
14

刮痕試驗機



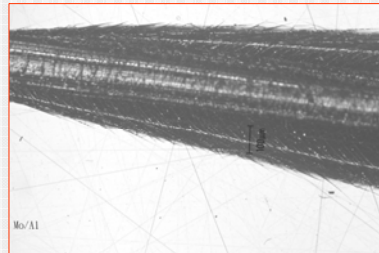
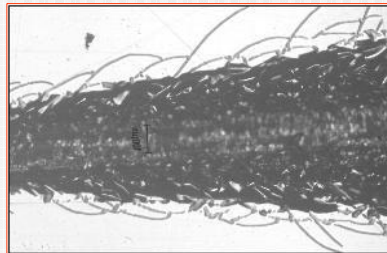
2005/4/6

金屬工業研究發展中心



15

刮痕狀況

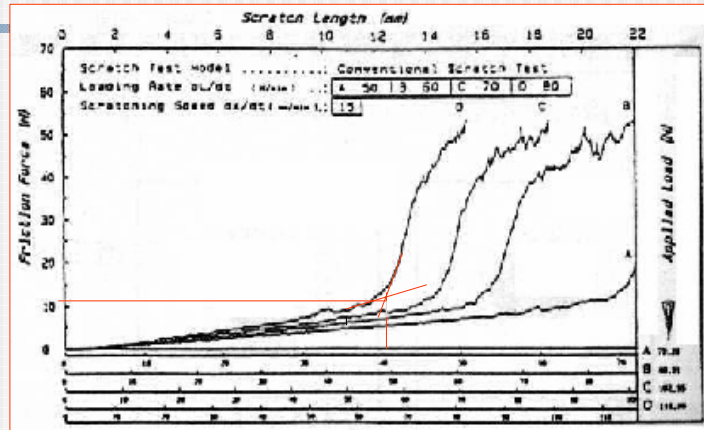


2005/4/6

金屬工業研究發展中心

16

刮痕試驗結果



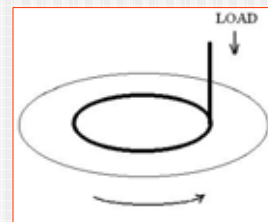
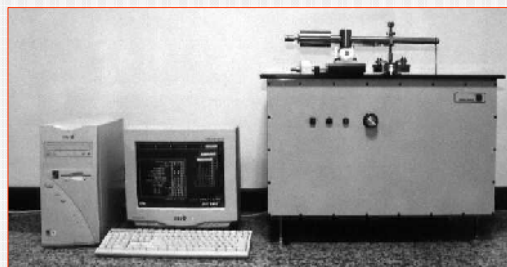
刮痕曲線

2005/4/6

金屬工業研究發展中心

17

鍍膜耐磨耗特性測試



Pin on disk 磨耗試驗機

2005/4/6

金屬工業研究發展中心

18

磨耗試驗結果分析-失重法

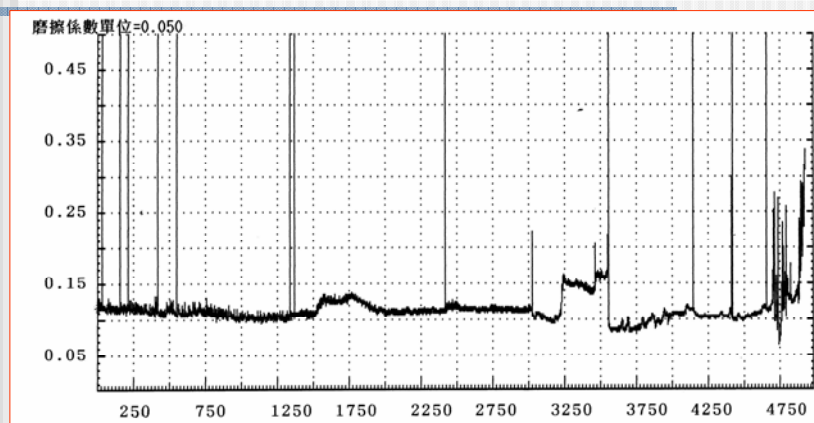
- 比較試片於試驗前後之重量損失。
- 要注意秤重前試片之清洗和乾燥，以及選擇合適的秤重天平。
- 本方法最大缺點為，摩擦過程中與對磨材間發生黏著金屬轉移時，會使磨耗後重量增加，造成磨耗量測之誤差。

2005/4/6

金屬工業研究發展中心

19

磨耗試驗結果分析-摩擦係數



2005/4/6

金屬工業研究發展中心

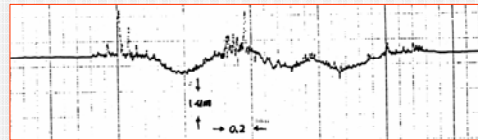
20

磨耗試驗結果分析-磨痕法

- 利用觸針式加工面粗度試驗機量測磨痕寬度與深度。
- 以積分方式算出磨耗體積。



磨痕



粗度儀量測結果

鍍膜耐蝕性測試-鹽霧試驗

- 鹽霧試驗的目的在檢驗樣品或試件的耐蝕性。
- 使用3%、5%或20%之氯化鈉水溶液連續噴塗，直至表面出現腐蝕現象。
- 對鋼鐵材料而言，發現一定量之鏽斑或開始發現鏽斑的時間，計算此時間就代表樣品或試件之耐蝕程度。

鍍膜耐蝕性測試-鹽霧試驗

- 鹽霧試驗之結果受溫度、鹽種類之比例和水質之清淨度有很大之影響。故試驗溫度和鹽的比例一定要清楚，否則應依規範來實施。

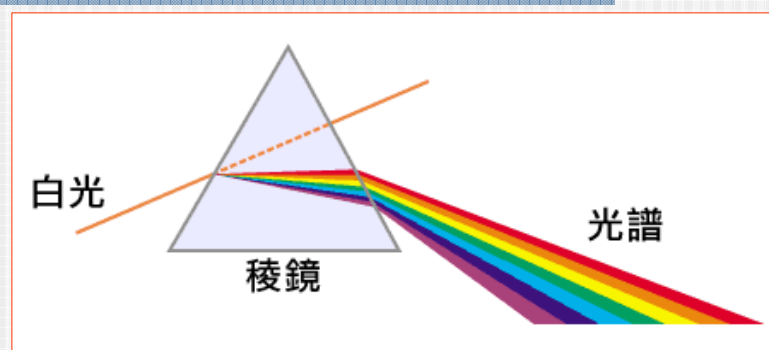
鹽霧試驗標準規範一例

- ASTM B117-95鹽霧試驗標準規範：
 - 使用5%NaCl+95%H₂O溶液。
 - 水質依照ASTM D1193。
 - 使用鹽：無Ni或Cu；sodium iodide含量在0.1%以下，雜質總含量0.3%以下。
 - 不得添加腐蝕抑制劑。
 - 試驗溫度33.3°C~36.1°C。
 - PH值：在25°C量測為6.5~7.2。

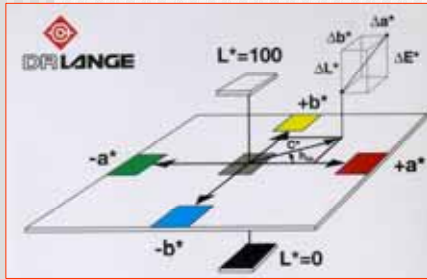
鹽霧試驗結果判定

- 第一種為開始發現鏽斑之累計時間，或鏽斑達某一定比例的時間。
- 第二種為定時，就是在試驗固定時間後有無發現鏽斑或發現多少比例之鏽斑。

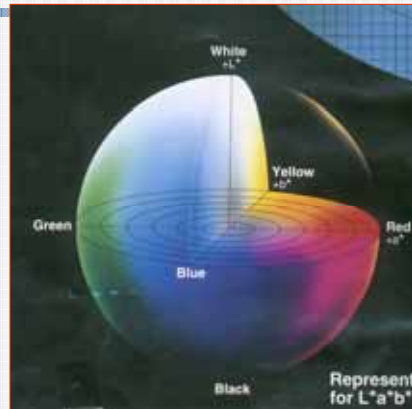
鍍膜顏色測定原理



鍍膜顏色測定



L*-a*-b*座標表示法



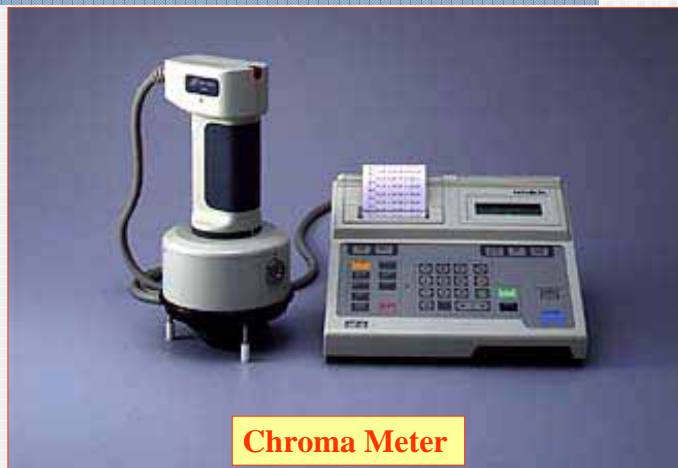
L*-a*-b*座標圖

2005/4/6

金屬工業研究發展中心

27

分光儀



Chroma Meter

2005/4/6

金屬工業研究發展中心

28

常見鍍膜特性

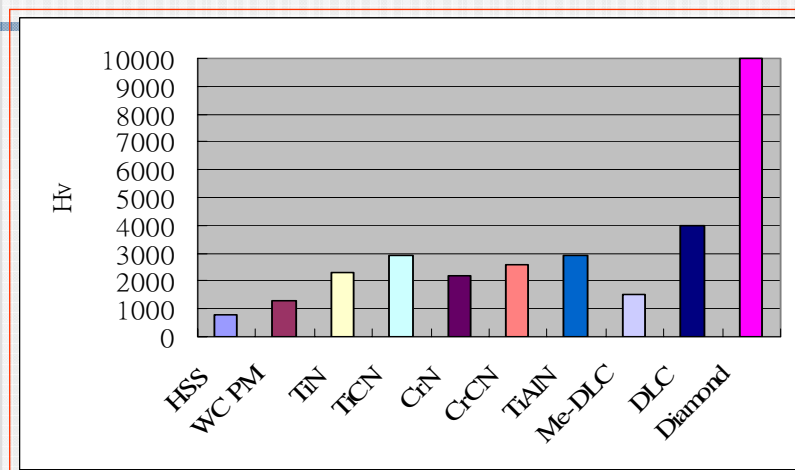
- 鍍膜硬度
- 鍍膜耐溫性
- 鍍膜摩擦係數
- 鍍膜顏色
- 鍍膜用途

2005/4/6

金屬工業研究發展中心

29

鍍膜硬度

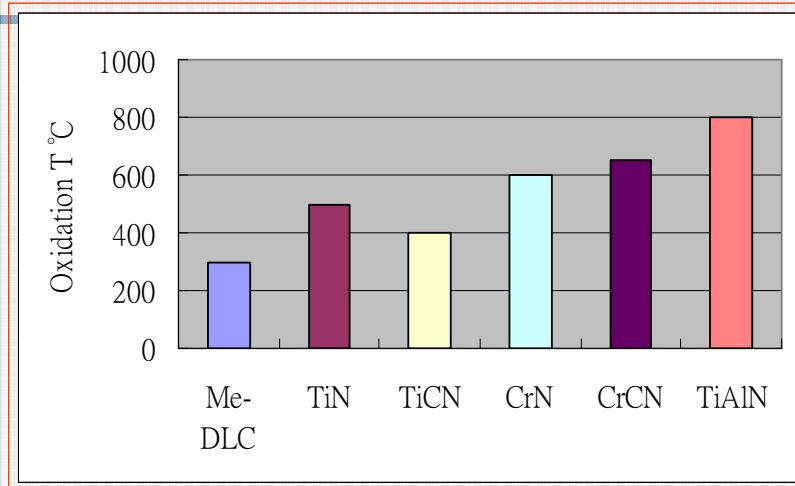


2005/4/6

金屬工業研究發展中心

30

鍍膜耐溫性

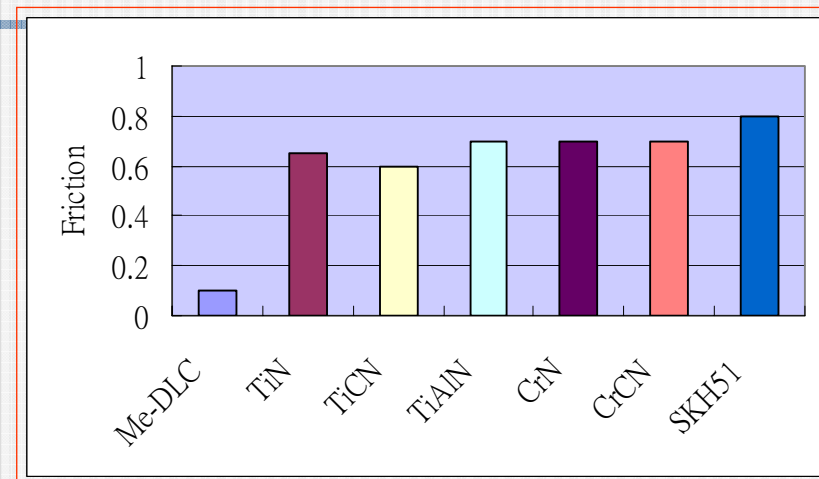


2005/4/6

金屬工業研究發展中心

31

鍍膜摩擦係數-Cu

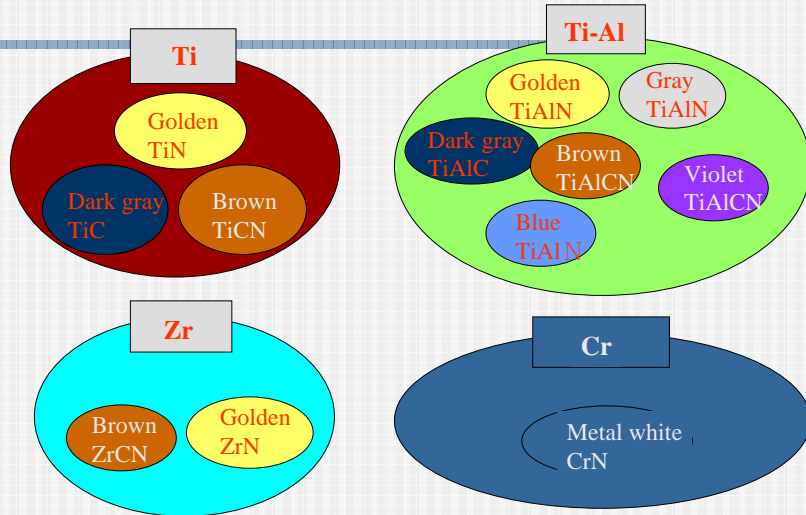


2005/4/6

金屬工業研究發展中心

32

鍍膜顏色



2005/4/6

金屬工業研究發展中心

33

鍍膜材料特性-氮化物

	TiN	ZrN	HfN	VN	TaN	NbN	BN	Si ₃ N ₄	AlN	CrN	Cr ₂ N
結晶型態	立方晶系	立方晶系	立方晶系	立方晶系	立方晶系	立方晶系	六方晶 立方晶系	六方晶系 (α,β)	六方晶系	立方晶系	六方晶系
密度(g/cm ³)	5.44	7.35	13.94	6.08	14.1	8.26~8.4	2.15~2.27 3.48~3.49	3.18 3.19	3.25~3.30	6.1	6.51
熔點(°C)	2900~3220	2930~2980	3300~3307	2050~2360	2980~3360	2050	分解 2720~3000	分解 1900	分解 2200~2300	1500	
比抵抗 (μΩ·cm)	22~130	11.5~14.0	32	86	135	200	17×10 ¹⁹	>10 ¹⁹	2×10 ¹⁷	600~680	79~89
熱傳導率 RT (CGS)	0.07	0.04	0.052	0.027	0.021	0.009	具方向性	0.035~0.041	0.004	0.0261~0.0307	0.0514~0.0523
微硬度 (kg/mm ²)	1800~2100	1400~1600	1500~1700	1500	1060	1400		2670~3260	1225~1230	1000~1188	1522~1629
彈性率 (kg/mm ²)	25500				58700 (ε-TaN)	49300	1160~8370 (α-BN)	5620~21800	28100~35200		
熱膨脹係數 (10 ⁻⁶ °C ⁻¹) 範圍(°C)	9.31~9.39 (25~1100)	7.24 (20~1100)	6.9 (20~1100)	9.2 (20~1100)	3.6 (20~700)	10.1 (20~1000)	0.5~1.07 (α-BN)	2.75 (20~1000)	4.8 (20~300)	2.3 (20~800)	9.41 (20~1100)

2005/4/6

金屬工業研究發展中心

34

鍍膜材料特性-碳化物

	TiC	ZrC	HfC	VC	TaC	NbC	WC	SiC	Cr ₃ C ₂	Cr ₇ C ₃	Cr ₂₃ C ₆
結晶型態	立方晶系	立方晶系	立方晶系	立方晶系	立方晶系	立方晶系	六方晶系	立方晶系 六方晶系	斜方晶系	三方晶系	立方晶系
密度(g/cm ³)	4.85~4.93	6.44~6.9	12.20~12.70	5.36~5.77	14.48~14.65	7.82	15.6~15.7	3.21~3.22	6.68	6.92	6.97~6.99
熔點(°C)	3180~3250	3175~3540	3885~3890	2810~2865	3740~3880	3500~3800	2627~2900	分解 2200~2700	1895	1782	1518
比抵抗 (μΩ . cm)	70~173	50~64	60	150~160	20~75	74~254	53	10 ⁹ ~10 ¹¹	70~80	105~113	125~129
熱傳導率 RT (CGS)	0.041~0.06	0.049	0.053	0.010	0.053	0.034~0.041	0.070	0.098~0.100	0.045~0.047	0.035~0.038	0.041~0.053
微硬度 (kg/mm ²)	2900~3200	2600	2533~3202	2800	1800	2400	2400	3000~3500	1800	1882	1663
彈性率 (kg/mm ²)	31600~44800	32300~48900	43300	2600~27400	37100~38900	34400	53600~72100	34450~42200	38000		
熱膨脹係數 (10 ⁻⁶ °C ⁻¹) 範圍(°C)	7.95 (25~1000)	7.01 (25~1000)	6.80 (25~1000)	7.25 (25~1000)	7.09 (25~1000)	7.21 (25~1000)	3.84	4.7 (20~2127)	11.7 (20~1100)	9.4 (20~1100)	10.1

2005/4/6

金屬工業研究發展中心

35

鍍膜材料特性-氧化物

	TiO ₂	ZrO ₂	HfO ₂	V ₂ O ₅	Ta ₂ O ₅	Nb ₂ O ₅	WO ₃	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃
結晶型態	正方晶系	正方晶系	立方晶系	斜方晶系	斜方晶系	六方晶系	正方晶系	六方晶系	斜方晶系
密度(g/cm ³)	4.24	6.27	9.68	3.36	8.73	4.95	6.47	3.97	5.21
熔點(°C)	1855~1885	2900	2780~2790	670~685	1755~1815	1470~1510	1473~2130	2050	2309~2359
比抵抗 (μΩ . cm)	3 × 10 ¹⁰	-	-	3 × 10 ⁷	1 × 10 ¹¹	-	2 × 10 ¹¹	1 × 10 ²²	-
熱傳導率 RT (CGS)	0.008~0.015	0.0047	0.0011	0.0010	-	-	-	0.095	-
微硬度 (kg/mm ²)	1000	1300~1500	940~1100	-	890~1290	726	-	2300~2700	2915
彈性率 (kg/mm ²)	24000~29000	25000	-	-	-	-	-	37000	-
熱膨脹係數 (10 ⁻⁶ °C ⁻¹) 範圍(°C)	8.85 (25~1000)	10.8 (25~1200)	6.45 (20~1700)	-	-	-	-	8.1 (20~1000)	9.6 (20~1400)

2005/4/6

金屬工業研究發展中心

36

鍍膜用途

鍍膜材料	應用
TiN	最普遍之鍍膜，應用於刀工具、模具及裝飾鍍。
TiCN	適合具有耐衝擊性場合之鍍膜，如衝棒，比TiN更具耐磨性及高溫穩定性。
TiC	與TiN相似，但比TiN、TiCN更硬。
TiAlN	適用於高速加工，切削溫度上升之場合，特別是含碳化物材料之切削，在加工韌性鋼材及鑄鐵方面，其性質遠優於TiN。

2005/4/6

金屬工業研究發展中心

37

鍍膜用途

TiZrN	與TiAlN相似，硬度可高於Hv4000。
ZrN	適合加工鋁合金材料。
CrN	比TiN具有更高之熱穩定性，適宜切削銅合金及壓鑄模具鍍層。
TaN	與CrN相似，比TiN具有更高之熱穩定性。
DLC	硬且具有低磨擦係數之鍍層，在切削鋁合金、銅合金及黃銅方面有相當優越之特性，對不銹鋼之加工亦較TiN好，在任何需要低磨擦係數之使用場合，如擠製模、引擎零件（凸輪軸、搖臂桿、valve guide）等，均有良好之效果。
MoS ₂	在切削鋁合金方面具有優越之性質，真空零件用之固體潤滑膜。
Diamond	最硬之鍍膜，適用於鋁、銅等非鐵合金及FRP之加工，光學元件、電子元件之應用。

2005/4/6

金屬工業研究發展中心

38

鍍膜應用例-工具鍍

TiN



ZrN



TiCN



TiAlN



CrN



2005/4/6

金屬工業研究發展中心

39

鍍膜應用例-裝飾鍍



2005/4/6

金屬工業研究發展中心

40