

陶瓷絕緣保溫塗料之介紹

台塑公司工務部

一、簡介

絕緣保溫塗料早期係針對屋頂隔熱而設計，主要是利用白色反射原理來減少熱能之聚集，對於周遭環境溫度之降低僅略有助益，經過多年來之研究改良，於1995年以後逐漸引入工業用途之領域，利用填充物質之低熱傳導特性及輻射反射之原理，可有效阻隔熱能之傳

播及減少能源之耗損(絕大部份之輻射能在接觸陶瓷絕緣保溫塗料表面後即被反射或重新放射，只有少部份會被吸收)。同時由於此類塗層能有效吸附黏著於物體表面上，具有隔離空氣與水氣之作用，可顯著降低腐蝕及鐵鏽的形成。

因此陶瓷絕緣保溫塗料除了保溫、節能之外，尚具有防蝕之功能。

國內對於工業用途(如：儲槽、管路、加熱及冷凍設備)與商業用途(如：屋頂、交通運輸)之保溫需求殷切，鑒於傳統保溫尚存有施工繁雜、保溫材體積龐大、保溫內層腐

蝕不易察覺易致工
安事故、維護保養
頻率及費用高；等
諸多缺失，此類具
太空科技機能性之
特殊陶瓷絕緣保溫
塗料，必能對工業
安全、個人安全防
護、節省能源、環
境保護及提升經濟
效益有所幫助。

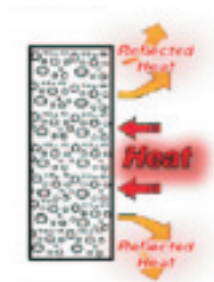


二、作用原理及用途說明

2.1 作用原理

陶瓷絕緣保溫塗料是種機能性特殊保溫塗料，為乳液型水性環保材質，以高交聯度壓克力樹脂為膠合劑，充填高科技中空陶瓷粉末微粒，適用於各類金屬材質、玻璃纖維、木材、混凝土、磚瓦陶土；等基材之表面塗佈，由於陶瓷微粒具空氣微孢包覆之特性，因此塗層比重輕($< 5 \text{ lb/gal}$)，且空氣微孢能夠有效滯留熱量，阻止熱能之傳導，將熱傳導的速率降到極低，同時陶瓷微粒能將85%以上輻射熱反射回系統，對於減少能源之消耗幫助良多。

低熱傳導係數，對於熱能之傳遞具有延緩流動之功能，因此人員不慎碰



用，而導致表面腐蝕或保溫內層腐蝕之問題——CUI (Corrosion Under Insulation)。因此，陶瓷絕緣保溫塗料應可作為保溫(保冷)或防蝕之替代方案。

觸，雖會感覺到

熱但立即移開不致被燙傷，此乃

陶瓷保溫塗料之特性。另外，塗

層與基材可完全密合，具有隔離

空氣與水氣之作用，不必擔心類

似傳統保溫材質，會因經年累

月潮濕、鹽析作

2.2 用途說明

(1) 適用於熱交換器、蒸氣、鍋爐：等設備、管線與閥件。

(2) 儲槽(桶)與附屬設備及管線與閥件。

(3) 熱蒸發器、冷凍系統、蒸餾塔：等設備、管線與閥件。

(4) 極適用於人員安全保溫之防護(Personel Protection)。

(5) 容易發生保溫內層腐蝕——CUI (Corrosion Under Insul.)之處。

(6) 防止鏽蝕洩漏所導致之意外與工安事件。

(7) 不規則之設備或管線，傳統保溫不容易施工之處。

(8) 操作溫度長期低於100℃有水氣冷凝

之虞的設備或管線。

(9) 槽車、貨櫃、汽車、火車、船、屋

頂…等設備之隔熱與保溫。

(10) 降低噪音、視聽室…等場所。



三、特性及優缺點比較

3.1 特性

- (1) 厚度20~40 mils (0.5~1.0 mm) 以上即有明顯降溫之效果。
- (2) 塗膜薄(佔用體積小)且輕(設備無負擔)。
- (3) 適合多種基材，密著性佳，耐候良好。
- (4) 延展性佳——不易受熱脹冷縮之影響而破裂或剝離，在厚度達(2mm) 80 mils 尚有80%伸長率，適用於經常開、停車之設備。
- (5) 塗膜可承受之系統操作溫度範圍：
-51°C to 260°C (260°C只限瞬間高溫操作之情況，長時期操作溫度以低於204°C為佳)。

(6) 施工溫度範圍·10°C to 148°C (最適之施工溫度為65°C~83°C，可線上作業施工，保持正常生產作業，施工溫度高於93°C時，需注意防止表面塗膜起泡)。

(7) 最低造膜溫度·10°C (施工溫度需高於10°C)。

3.2 優點

(1) 極佳輻射反射率及放射率特質—顯著降低輻射能的累積，並可抗UV

紫外線(99%以上反射)。

(2) 低熱傳導率—良好的熱傳絕緣性質。



(3) 極佳的燙傷安全保護性質—適用於人員保護。

(4) 高黏著性—對各種材質均有極佳的鍵結。

(5) 抗潮濕—幫助預防腐蝕及鐵銹形成。

(6) 施工簡易(採噴塗方式)，可線上施工。

(7) 降低或解決冷凝作用。

3.3 缺點

(1) 初期建造成本較高，待開發更多競爭廠商。

(2) 每次噴塗厚度不宜超過0.38 mm (15mils)，較厚塗膜需採多次少量方式噴塗，致施工時程延長人工成本

3.4 陶瓷保溫塗料與傳統保溫(冷)包覆之比較

(3) 採用水性塗料，不宜長期浸泡在水中或塗佈於貯槽容器內表面，塗膜吸水和過度飽和易受損。

亦隨之增高。

3.4 陶瓷保溫塗料與傳統保溫(冷)包覆之比較

項目	陶瓷絕緣保溫塗料	傳統保溫(冷)包覆
1. CUI (保溫內層腐蝕)	塗層與基材完全密合，可隔離空氣與水分，無保溫內層腐蝕之問題。	包覆材與設備存有空隙，當水氣入侵即可能發生，且因外表包覆難以察覺，易導致工安事故。
2. 熱傳導係數	0.0563 Btu/hr.ft. °F (=0.0 834 kcal/mhr °C)	撥水性岩棉：≤0.039 kcal/mhr °C PIR 保冷：≤0.0 22 kcal/mhr °C
3. 熱輻射反射率	85%	—
4. 密度	濕膜:0.67 Kg/L(=670 Kg/m3) 乾膜:0.38 Kg/L(=380 Kg/m3)	撥水性岩棉：≥100 Kg/m3 PIR 保冷：≥35 Kg/m3
5. 設備管線負荷	薄膜塗層即可達到相同保溫需求，重量負荷較小。	保溫材體積龐大，重量負荷大。
6. 施工便利性	噴塗或手刷方式，作業方便可線上施工，但工期較久。	採分段包覆方式，程序較繁雜，尤其人孔管嘴等不規則處施工不易。
7. 建造成本 (以100°C設備安全保溫為例)	SMT造價(元/m ² mm) = 1196(料)+368(工)=1564元 所需塗層厚度=1.0mm 單位面積成本=1564×1=1564元/m ² 建置成本高，但維修保養檢查方便。	SMT造價(元/m ² mm) = 6(材料)+9(工資)=15元 所需保溫材厚度=50mm 單位面積成本=15×50=750元/m ² 初期建置成本低，但後續維護頻率及費用較高。
8. 耐候性及使用年限	抗UV紫外線，耐候性強。 韌性夠耐磨耐撞，不怕踩踏。 企業內部份生產廠已使用約2~3年成效良好，在國外則有10年以上目前仍正常使用之實績。	防水膠不耐UV紫外線，長期日照易劣化滲水。 不可踩踏碰撞，人員經過或維修需特別小心。若能妥善維護且無人為破壞亦可使用達10年以上。
9. 生態環境影響	不致產生大量廢棄物，可送焚化爐焚燒，對環境無污染、無毒。	長期產生大量廢棄保溫材處理不易，衍生環保問題。

四、施工方法及步驟

4.1 施工方法

4.1.1 表面處理程序：

(1) 熱浸鍍鋅、不銹鋼及鋁、銅等金屬

材料

(a) 若屬新製品，表面可用清水(或稀醋酸水)進行清洗即可，目的在去除表面之油脂及防護層。

(b) 若屬舊製品，表面可用清水(或稀醋酸水)稍微加壓清洗，目的在去除表面之鬆散銹垢、油脂及防護層；爲了確保密著性，既有油漆面需清除乾淨。

(c) 塗佈前對於老化之基材需進行清理、除銹、修補或更新。

(d) 爲了增加對基材之接著強度，部

分基材表面可以#180、#220 砂紙進行表面處理。

(2) 未經塗佈保護過之鋼材(Bare steel、Carbon steel...)

(a) 建議施工前先塗佈合適之底漆層(如無機鋅粉底漆)，可確保防腐蝕之效果。

(b) 底漆需至少可耐溫達1.25倍表面最高溫度，否則底漆一旦剝落將連帶使陶瓷保溫塗層毀損。

(c) 依照底漆塗佈規範，做全面性之塗佈，包括焊道、修補之表面。底漆塗佈需等24小時完全乾燥硬化後，再進行本產品之施工。

(d) 噴塗前需將基材表面處理乾淨，去除所有可見與不可見的污染

物，包括油脂、鐵銹、塵土或其他雜質等，且基材需乾燥無水分。

(e) 碳鋼基材建議按照SSPC規範逐步施行表面處理。

(i) 依SSPC SP1規範，先以適當溶劑清洗表面，去除油污類雜質。

(ii) 依SSPC SP3規範，以工具或動力方式清理表面，去除銹屑類雜質。

(iii) 依SSPC SP6規範，以高壓噴磨方式清理表面，去除焊渣、固銹、油漆類雜質。

4.1.2 噴塗作業設備...

(1) 小面積採用滾輪或無氣式噴槍 Graco SG-1型，空氣壓力在4.2~5.6kg/cm²

。

(2) 大面積採用無氣式噴槍 Graco GM5000型，噴塗量達1.25加侖分鐘以上，至少210kg/cm²空氣壓力，噴嘴尺寸為0.53mm ~ 0.79mm。

(3) 選用3/8"噴塗用管線及轉盤，噴嘴需具有可正逆轉之功能。

(4) 施工前需將噴塗設備之濾網全部移除。

(5) 準備呼吸面罩、防塵罩、眼罩、防護衣...等個人防護器具。

(6) 可正逆轉設定之1/2"~3/4"電鑽馬達、振動式打泥漿專用葉片等混合用器具。

4.2 施工步驟

(1) 包裝檢查及打開容器。

(2) 內含高固型成份之乳液，會有分相及表面結痂之正常現象，使用前需以可逆轉之 $1/2\sim 3/4$ 電鑽馬達，設定轉速在



300 rpm 以下，進行混合均勻即可。

(3) 使用打泥漿專用葉片，將 $1/2\sim 3/4$ 電鑽馬達設定為逆轉、低轉速(300 rpm 以下)攪拌、上下左右移動泥漿葉片，攪拌時間勿超過三分鐘(一般 $20\sim 40$ 秒即有很好的流動性)，不可使用正轉及高速攪拌，以免葉片破壞珠粒結構。

(4) 為流動性良好之乳液，不可有大顆

粒、結痂塊狀物及雜質存在。

(5) 產品開封使用前，先將包裝桶倒置八小時，可使施工前之混合較容易。

(6) 將噴塗設備之濾網取出，使用前先以清水(必要時可先使用少量丙酮)清洗噴塗設備，去除所有溶劑及污垢、殘渣，避免噴嘴堵塞。

(7) 拆除噴槍及噴嘴，將管線移入裝有塗料之桶中，進行自身循環，待乳液濃稠且流動性良好之後，裝上噴槍及噴嘴即可進行噴塗作業。

(8) 施工期間噴嘴會有輕微堵塞，係屬正常現象，逆沖洗即可恢復正常作業。

(9) 設備、管線需確認沒有外洩之現

象，確保噴塗設備在設定之壓力下操作及人員作業安全。

(10) 塗佈時需依序且有條理的噴塗在基材上面，確保可完全覆蓋基材是非常重要的。

(11) 噴塗量：每層噴塗厚度標準型以不超過0.38 mm (15 mils)，HB 型以不超過1 mm (40 mils)，較厚塗層宜採多次少量噴塗為佳。

(12) 一般來回塗佈三次左右，即可達到每層塗膜乾厚度在0.38mm (15 mils)。

(13) 乾燥時間在自然通風、室溫下需24小時，但於烈日下或利用加熱或送風機烘乾則可大幅縮短時間至4小時以下；在高溼度、低溫度之環境

下，塗膜乾燥之時間需延長。

(14) 噴塗耗用量：每加侖噴塗0.38 mm厚時，其平均噴塗面積約5.57 m²。

(15) 在塗佈下一層之前，需確認上一塗層已乾燥完成(指觸判斷)，方可進行下一層塗佈(※重要)。

(16) 指觸乾燥之認定：以拇指輕觸塗層表面，再將拇指扭轉90度，塗佈面需無受損情形。

(17) 對垂直面而言，首次塗佈以8~10 mils (0.2 ~ 0.25 mm) 為佳，使塗層以較快速度乾燥與密著之後，再進行多層之塗佈作業。

(18) 每次塗層建議以膜厚計測量乾膜厚度，以便於



控制塗層厚度，確保施工品質。

(19) 修補作業或不易噴塗之地方，可用刷子逐次填補之。

(20) 作業完成，可使用清水清理噴塗設備。

五、注意事項

(1) 所採用為水性塗料，有水析出或分相乃正常現象，使用前需先混合均勻。

(2) 採用泥漿攪拌葉片(打泥漿專用葉片)，先將桶裝內之液態塗料以低速(300 rpm)攪拌均勻即可(攪拌時間勿超過三分鐘)，不可使用高速攪拌以免破壞珠粒結構。本產品為水性塗料，不可加入其他溶劑或化學

物。

(3) 施工前不能有太顆粒、結痂之膜狀物及雜質存在。

(4) 金屬材料表面溫度需高於10°C，否則樹脂無法進行交聯反應，與基材無法完全密著，將嚴重影響產品性能。

(5) 噴塗時基材表面溫度須介於10°C至33°C，更高溫度之噴塗作業，需事先與技術人員研討後再實施。

(6) 噴塗時基材表面溫度若高於33°C，首次塗佈時為了得到較佳之表面接著強度，可於塗料中適度增加水量，約50 ml/加侖之比率，混合均勻後施工。

(7) 由於採用水性塗料的關係，塗膜不

適宜長期浸泡在水中，或是塗佈在貯槽容器之內部表面，易因吸水飽和而受損；但短暫時間(2~3天)含浸在水中尚不致影響其保溫之特性。

(8) 陶瓷絕緣保溫塗料噴濺到鹽酸、鹽類或鹼性物質不會有所影響，但磨擦或設備之振動，對於陶瓷絕緣保溫塗料則會有些許影響。

(9) 陶瓷絕緣保溫塗料無法塗佈在表面有光滑清漆或亮光漆之管件或桶槽，所以需將基材表面先做噴砂處理。

除傳統保溫防水性不佳之缺失，杜絕保溫內層腐蝕之發生，更重要一點在於避免潛在性危害之發生，因此愈來愈多生產廠考慮採用。但由於此種新科技塗料目前仍仰賴國外進口且缺乏競爭廠商，初期建置費用較傳統保溫高出許多，基於成本考量與經濟效益提供下列選用原則供參考：

(1) 重要設備與管線——需經常維護、拆卸及檢測之重點設備或管線。

(2) 高腐蝕性設備與管線——避免CUI發生加速腐蝕。

(3) 儲存輸送危險性、毒性流體之設備與管線——恐造成嚴重工安環保問題，不允許有銹蝕破漏情形發生時。

六、結論

總結絕緣保溫塗料之優點主要可免

(4) 操作溫度在10°C以上，150°C以下——超出此範圍效果較不顯著，相對塗層膜厚需額外再增加，建置成本將大幅提高。

(5) 其他如空間限制無法施行傳統保溫或不易檢查保養之處。

七、附錄

參考資料

黃揚實業有限公司
HY-C01 絕緣保護膜技術資料。

7.1 物理性質表

塗佈濕厚度	20 mils	放射率	0.15
覆蓋面積	1.47 m ² /l	反射率	0.85
重量(WET)	0.67 kg/l 5.6 lb/gal	伸長率	85~100%
含固量 Vol.	80~85%	Transmittance	0.00
不揮發成份	53 wt%	UV reflection	99.9%
適用操作溫度	-51~204 °C	Aging 2100hr+	Excellent
最高承受溫度	260 °C	Cross Hatch adhesion (ASTM 3359)	100% no failure
比熱 (23°C)	1.1120 W.S./gm.k	Flame spread (ASTM E84-98)	25%
熱傳導係數(23°C)	0.0563 Btu/hr.ft. ⁰ F	Smoke Developed (ASTM E84-98)	45%
吸收度	0.15	Accelerated Aging (ASTM G53)	No primer, No discoloration at 200 hours

7.2 人員安全保溫建議塗佈厚度

操作溫度	塗佈厚度(wet)	次數
0 ~ 15 °C	60 mils (1.5 mm)	4
65 ~ 82 °C	30 mils (0.75 mm)	2
82 ~ 104 °C	40 mils (1.0 mm)	3
104 ~ 127 °C	60 mils (1.5 mm)	4
127 ~ 149 °C	80 mils (2.0 mm)	5-6
149 ~ 171 °C	100 mils (2.5 mm)	6-7
171 ~ 194 °C	120 mils (3.0 mm)	8

7.5 塗膜(乾)厚度與塗佈面積之關係表

	mils	ft ² /gal	mm	m ² /gal	m ² /liter
15	60.00	0.381	5.576	1.473	
20	45.00	0.508	4.182	1.105	
25	36.00	0.635	3.346	0.884	
30	30.00	0.762	2.788	0.737	
35	25.71	0.889	2.390	0.631	
40	22.50	1.016	2.091	0.552	
45	20.00	1.143	1.859	0.491	
50	18.00	1.27	1.673	0.442	

7.3 防凝露建議塗佈厚度 (mil)

OPERATING TEMP °F	ANTI-CONDENSATION THICKNESS CHART NOMINAL PIPE SIZES AND SIMILAR CYLINDRICAL EQUIPMENT															
	1/2"	3/4"	1"	1-1/2"	2"	3"	4"	6"	8"	10"	12"	14"	16"	18"	20"	24"+
70°	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	70	70	70	70
75°	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	80	80	80	80
80°	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	90	90	90	90
85°	130	130	130	100	100	100	130	130	100	100	130	120	120	120	120	120
88°	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	130	130	130	130	130
90°	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	150	150	150	150	150
95°	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	170	170	170	170	170
100°	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	180	180	180	180	180
105°	180	180	180	180	180	180	180	180	180	200	200	200	200	200	200	200

7.4 節能建議塗佈厚度 (mil)

MAXIMUM OPERATING TEMP °F	ENERGY RETENTION THICKNESS CHART NOMINAL PIPE SIZES AND SIMILAR CYLINDRICAL EQUIPMENT															
	1/2"	3/4"	1"	1-1/2"	2"	3"	4"	6"	8"	10"	12"	14"	16"	18"	20"	24"+
180°	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	70	70	70
175°	70	70	70	70	70	70	70	70	70	80	80	80	80	80	80	80
170°	80	80	80	80	90	90	90	90	90	90	90	100	100	100	100	100
165°	100	100	100	100	100	100	100	100	120	120	120	120	120	120	120	120
160°	120	120	120	120	120	120	120	120	140	140	140	140	140	140	140	140
155°	140	140	140	140	140	140	140	160	160	160	160	160	160	160	160	160
150°	160	160	160	160	160	160	160	180	180	180	180	180	180	180	180	180
145°	180	180	180	200	200	200	200	200	200	200	200	220	220	220	220	220