

## 適用於工廠設備和機器的熔射

蔡明德\*譯

### 一、前言

近年來熔射已被應用於各種工業，而成為重要的加工技術。熔射能在各種母材表面形成具有防銹、防蝕、耐熱性、耐磨耗性、電氣絕緣性、電傳導性等機能之熔射層。而具此機能性的熔射材料有金屬、合金、陶瓷及各種金屬陶瓷的混合物等，也就是單體與多體的組合都能熔射。同時無論是在加工廠內或是現場施工皆可進行熔射處理，不受被加工物大小的限制。熱影響、全面或局部的腐蝕及磨耗而減少原尺寸的損傷等，也能很輕易地加以修補，是一種具有多功能化的加工技術。

適用工廠設備和機器的熔射與防銹為目的之自然環境和防蝕為目的之人工環境條件有限大的區別。因為自然環境可依各區域的不同選擇熔射，大致上比較單純。且熔射對自然環境有 AWS 和 BS 規格可供參閱，很容易了解和明白；然而工廠設備的熔射須以內部環境條件與機器的不同為考慮之依據，由於熔射材料和加工方法的選用錯誤，不僅造成熔射層的破損，也會導致母材的損壞。另外依照一些非實際推理及文獻的熔射施工，在使用時得到破損失敗的可能性也很大。當然對工廠設備的熔射適用之熔射材料的性質、環境條件、被加工物及加工方法等均需考慮而採用最適合又有把握的方法。然而基於實際熔射時的方式和現有的材料必須具有經濟性，因此只能期待著有其它附加機能性。

### 二、採用防蝕熔射的方式

大氣、水、海水、土壤...等為自然環境，其他利用人工加熱、流動（攪拌）、化學藥液的反

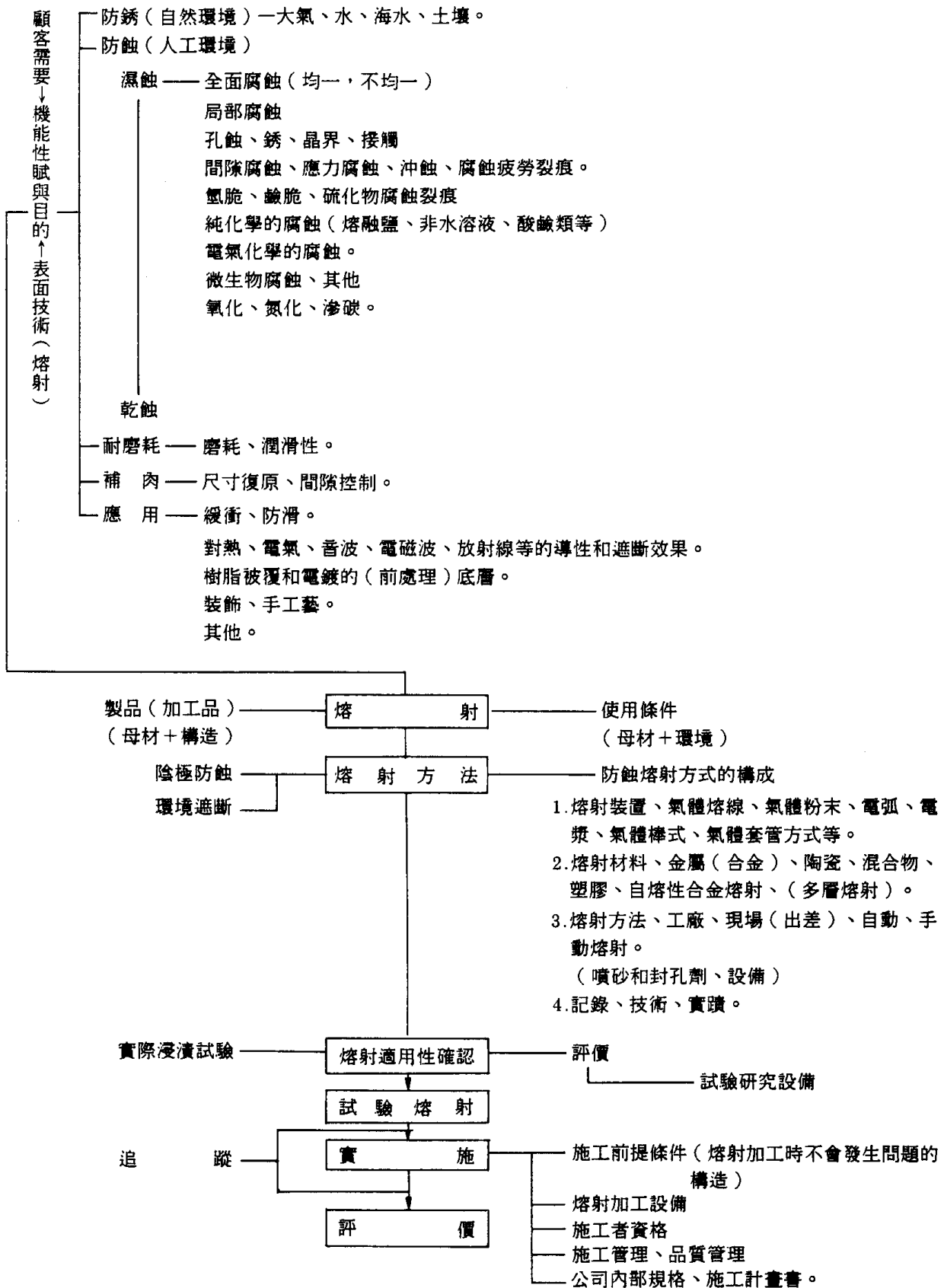
應狀態為人工環境，防蝕熔射的對應方法，如表 1 所示。自然環境的橋樑、水門、鋼鐵結構物、溶劑、貯槽、通信塔等，一般都用鋅、鋁熔射作為陰極防蝕，使用年限為 10~20 年以上。建議的熔射規格表如表 2 和表 3 所示，可供參考。

這個時候的熔射厚度為 0.1mm~0.2mm (100  $\mu$ m~200  $\mu$ m)，在其上面進行封孔處理和塗裝（基於美觀塗上顏色）是個重要的工作。自然環境更嚴苛的時候，熔射層的厚度當然須要增加，而封孔處理後的塗裝厚度也要增加，但是在環境經常變化的時候（溫差、乾濕），反而很容易成為塗層剝落的弊端。譬如熔射後沒有封孔處理時，使用於海岸地帶的熔射層表面將受污染變黑，如果有腐蝕性物質附著時，皮膜和母材之間就會起腐蝕作用，而產生皮膜的剝離等問題。因而，自然環境採用防銹熔射的規定，如脫脂和粗面化的噴砂，熔射的材料和熔射層、封孔劑，還有其他的熔射作業條件、工程管理、品質管理等的施工是很重要的。人工環境如設備機器、材質和構造及壓力和溫度、流體（化學藥液）條件均不一樣。自然環境以破鋼為主，人工環境中有破鋼、低合金鋼、不銹鋼及高級材料，能作為比母材更具有耐久性之熔射材料正被期待作為選擇之依據。熔射材料包括鎳（Ni）、鉻（Cr）合金、鎳鉻合金、鈦（Ti）、鈮（Nb）、鉭（Ta）等高級耐蝕材料及陶瓷。由於熔射材料的選定，對於每個環境均有所不同，因此熔射方法的推薦到決定，以浸漬試驗或樣品實際試驗是有必要的。

工廠設備和機器的構造材料，從金屬（合金）耐蝕電位表表 4 和表 5 顯示出不同熔射方式的電位差。和文獻裡可作為機器設計製作的參考，各種金屬（合金）的熔射層形成之材料名稱和熔射層的自然電極電位不同，還有熔射之熱源和熔射

\* 煥偉企業有限公司，台北

表 1 防蝕熔射的對應方法



適用於工廠設備和機器的熔射

表 2 BS 5493 2569

環 境	熔射(方法)規格	補修時間
無污染內陸	鋅或鋁(150 μm) + 封孔處理	20年以上
污染內陸	鋅或鋁(150 μm) + 封孔處理	同 上
無污染海洋	鋅或鋁(150 μm) + 封孔處理	同 上
普通乾燥地方	鋅或鋁(100 μm)	同 上
屋內潮濕地	鋅或鋁(100 μm) + 封孔處理	同 上
淡水環境	鋅或鋁(150 μm) + 封孔處理	同 上
海水濺沫地帶	鋅(300 μm) 或 鋁(150 μm) + 封孔處理	同 上

[附錄] 鋅：99.5% 鋁：99%

封孔劑、鋁瀝青液：10~20/瀝青液，其他鎮封孔劑  
(10~20鋁粉/柏油)

2液酚樹脂  
2液環陽樹脂  
2液 PU 樹脂  
矽樹脂

表 3 AWS C-2. 2-67, C-2, 3-54 t推薦

環 境	溶射方法	須要補修年限
田園之大氣	鋅(75 μm) 或 鋁(100 μm) + PR + AV (1道)	AWS 參照12年19年
槽內鹽水 pH6.5以下	鋁(150 μm) + PR + CV (2道)	的浸漬實驗
槽內淡水 pH6.5以下	同 上	
槽內淡水 pH6.5以上	鋅(250 μm)	
船、甲板、船台	鋁(150 μm) + PR + AV (1~2道)	
海水中之物	鋁(150 μm) + PR + CV (1~2道)	
魚槽、槽類	鋁(150 μm) + PR + CV (2道)	
船底污水內部	鋁(150 μm) + PR + CV (2道)	
鋼樁(水中)	鋁(150 μm) + PR + CV (2道)	
鋼樁(水線上)	鋁(150 μm) + PR + AV (2道)	
高鹽分高濕大氣	鋁(150 μm) + PR + AV (1道)	
底鹽分大氣	鋁(150 μm) + PR + AV (1道)	

附錄：鋅99.9 : 99.0% AV：鋁乙烯  
PR：磷酸 4%以下的伐銹底漆

CV：透明乙烯  
其他：PVA、環氧乙烯等。

方法也不同，因此也有所變化。陰極防蝕是熔射層比母材電位低，熔射層成為犧牲陽極保護母材，故母材在腐蝕環境下耐用年數也因此有變化。另一方面，比母材電位貴重的熔射層都用於遮斷環境的防蝕，但是母材暴露時反而會加速母材的損傷。

熔射施工程序和前面敘述一樣，熔射層和母材(因電位之不同)及熔射層和腐蝕環境(形成不會腐蝕皮膜)之關係，以及塗上封孔劑的母材不可暴露出來，都是重要的關鍵。

一般從金屬耐蝕電位表中的低價鋼鐵製品再

熔射貴重的耐蝕材料，但是對潮濕的腐蝕環境未經預知而導致母材損傷的情形也有如何預防此種事故發生，可從機器的材質和構造類似的試片來進行試驗，條件也要預想實際使用時發生之應力和腐蝕環境，先以實驗室試驗來確定熔射的適用性，或在機器內放入試片以預測應力，再加以評估。當然還有更值得信賴的適用試驗，就是在器具內進行局部的熔射試驗，再經長時間觀察，這是器具內無法放置試片時所採用之方法表 6是工廠設備採用的主要防蝕熔射事例。

人工環境為已知的熔射適用例，如迴轉機類

表 4 Potential value (vs.S.C.E.) of wire flame sprayed coatings of metals and alloys; electrolyte-3%NaCl aerated solution-pH6-7-temperature 25°C

Anodic main materials	Volts of Base material (X-1)	Volts of sprayed Coating (X-1)
Aluminum99.99	.84	1.22
Aluminum99.0	.75	1.21
Zn 0.8-1.3	.94	1.17
A199.7+	.78	1.15
Zn99.9+	1.02	1.05
Alummiun-Silicon(88-11)	.75	.88
Fe-C-Mn(98-0.8-0.7)	--	.62
Fe-Cr(85-13)	.44	.60
Fe-Mn-C(99-0.5-0.1)	--	.60
Pb 99.9+	.59	.57
Sn 99.9+	.46	.53
Ni-Al (80-20)	--	.51
Ni-Cr (69-20)	.36	.51
Fe-Cr-Ni (65-17-12)	.17	.51
Fe-Cr-Mn-Ni (67-18-8.5-5)	.18	.48
Fe-Cr-Al (76-20-3)	.19	.44
Fe-Cr-Ni (63-19-13)	.22	.44
Mo-Ni (80-20)	--	.36
Ni-Cr (78-20)	.23	.35
Ni-Fe-Cr (60-22-16)	.19	.29
Ni-Ti-Al (96-2.5-1)	.22	.28
Cu-Zn (66-34)	.26	.27
Cu-Al-Fe (90-9-1)	.25	.26
Cu 99.9+	.24	.26
Ni-Mo-Cr-Fe (57-17-16-5)	.20	.25
Ni-Cr (50-50)	.22	.24
Ni-Cr-Fe-Mo (47-22-18.5-9)	.13	.24
Cu-Sn (95-5)	.23	.23
Mo 99.9+	-.06	.11
Fe-Cr-Ni-Si (70-13-6.5-3.5)	.21	.20
Ti 99.9+	.50	.18
Fe-Ni-Cr (40-29-20)	.12	.13
Ni-Cr (67-30)	.21	.10
Ni 99+	.20	.09
Nb 99.9+	.35	--
Ta 99.9+	.31	--
Pt 99.9+	-.21	--
Cathodic (Noble)		

表 5 Potential value (vs.S.C.E.) of powder flame and plasma flame sprayed coatings of alloys; electrolyte-3%NaCl aerated solution-PH6-7-temperature 25°C

Anodic (Base) main materials	Volts of Gas flame (X-1)	Volts of Plasma flame (X-1)
AL 99+	1.01	.97
NI-AL (80-20)	.69	.71
Fe-AL (89-10)	.64	.66
Fe-AL (91-3)	.65	.66
Fe 99	.62	.62
Ni-Cr (75-19)	.64	.58
Cu-AL (85-15)	.31	.52
Cr-Ni-Co (48-28-12)	.54	.50
Ni-WC-Cr (46-31-11)	--	.47
Ni-Cr-AL (73-8.5-7.5)	.47	.46
WC-Ni-Co (66-19-6)	--	.41
WC-Ni-Co (70-14-10)	.55	.40
WC-Ni-Co (44-33-9)	.48	.38
Fe-Cr-Ni (67-17-12)	.36	.36
Co-Cr-Ni (56-26-11)	.41	.36
Ni-Cr (86-5.9)	.43	.35
WC-Cr (44-39)	.39	.35
Ni-AL (90-6)	.48	.34
Ni-Cr (71-17)	.33	.34
Ni-Cr (80-20)	.31	.33
Ni-Cr (67-16)	.21	.31
Ni-AL (95-5)	.30	.29
Ni-AL (95-5)	.21	.29
Ni-Cr-AL (74-9-7)	.43	--
W 99.5+	--	.25
Cu-AL (89-10)	.25	.25
Ni-Cr (80-20)	.25	.25
Mo-Ni (75-18)	--	.24
Ni-C (85-15)	--	.21
Ni 99.3+	.28	.19
No 99+	--	.17
Ta 99.5	--	.16
Cathodic (Noble)		

及動的機器、唧筒和攪拌機及鼓風機和閘等的耐

磨性、耐蝕性有所要求的補修熔射。另一方面槽交換器之類，大部分都有定期的保養計劃，機器定期維修時，對下期維修的進行必要評估，因而有放入各種的熔射試片，依照其試驗結果，再依計劃進行熔射補修。然而此亦可作為機器進行局

表 6 化學裝置的防蝕熔射例

名稱	損傷發生位置	損傷形態	防蝕熔射方法	
塔槽類	分解反應 蒸餾、蒸發 吸叫、抽出	本體內部等	全面腐蝕 沖蝕、銹蝕 應力腐蝕裂痕、(氫蝕) 起泡、露點腐蝕等	Ni-Cr-Mo Ni-Cr, Ni-Al Ni-Cr-TiO <sub>2</sub> 等合金
交換器	凝縮器 冷卻器 深冷器	傳熱管、管板、胴	全面腐蝕 孔蝕 應力腐蝕裂痕	Al, Ni-Cr Ni-Mo Ni-Cr 等
燃燒設備	加熱爐 鍋爐 燃燒爐 隔熱物	管支架、反射管(圓錐體)等 加熱器 輻射部過熱管 磚裂、爐框、爐門	氫蝕 硫酸、露點腐蝕 高溫氧化、氮化、碳化 沸點熔化、脆裂	Al, Ni-Cr-Al Ni-Al 等合金。 Pb, CrO <sub>3</sub> Al-Ni-Al, Ni*Cr-Al 等
轉動機械	唧筒 鼓風機 壓縮機 攪拌機	葉輪、軸、套筒 葉輪、套筒 汽缸、活塞、軸 攪拌軸、葉輪、套筒	沖蝕、腐蝕 高溫腐蝕、磨損 磨耗、全面腐蝕 磨耗、全面腐蝕、孔蝕	Co-W-C, TiO <sub>2</sub> Mo-Al-Ni CrO <sub>3</sub> , AlO <sub>3</sub> Ni-Ai-Si 等
其他	集塵機 乾燥機 配管 煙囪	本體、底盤、電極等 本體、多孔板、軸、鼓風機等 各種閥、閥座、支架等 內、外壁	全面腐蝕、磨耗、高溫腐蝕 高溫腐蝕、磨耗 磨耗、沖蝕、腐蝕 高溫腐蝕、硫酸、露點腐蝕	Ni-Cr Co-W-C TiO <sub>2</sub> 等 Al、Ni-Al 合金, Ni-Cr。

部檢查，有腐蝕損傷的時候，緊急處理及其他適用事例和腐蝕環境狀況的判斷，充分檢討後再採取適宜的熔射補修。這種情形以放入易辨認的試片，以利於追蹤。

大致上設備、機器等構造很大的熔射修補都在現場施工為多，關於更換新機件和較簡單易於運輸的機件就在熔射工廠施工。表 7 為全部機器類的防蝕熔射施工程序，防蝕熔射適用於全面腐蝕局部腐蝕，沖蝕或點蝕防止等方面，都十分適用。適用事例對下游業者而言，已開發的防蝕熔射技術很多成為保留的「技術機密」，期待這些實蹟的案例能依次逐漸的被發表出來，在此引用之文獻 2、6、8 可供參考。人工環境的防蝕熔射事例中，A、W、S、(BS2569 Part 2 同樣的規格)之表 8 是耐高溫腐蝕的熔射規格。最近的防止高溫腐蝕的各種用途，也有用陶瓷熔射，對熔

射加工的施工管理，日本防銹技術協會熔射部也有製作「熔射施工管理手冊」發行，可供參考。

### 三、防蝕的陶瓷熔射

陶瓷層的特徵和金屬層之比較

1. 導熱性低。
2. 熱膨脹係數小。
3. 密度小。
4. 硬度高。
5. 化學的耐蝕性高。
6. 電阻大。
7. 安定性好。

以下是陶瓷層的應用。

1. 耐熱層。
2. 作為微粒間的抵抗磨耗防止層。
4. 硬度高。

表 7 全部機器類的防蝕熔射順序

項	目	摘	要
防蝕技術調查	防蝕熔射檢討	機器類的腐蝕原因調查和防蝕法的比較，防蝕熔射的調查研究。	
防蝕熔射規格	協 商	防蝕熔射的適用性檢討，熔射規格檢討，防蝕熔射加工實績。	
防蝕熔射規格的決定	試片測試	檢討後熔射規格試片完成，試片浸漬試驗開始。	
	試片分析和評價	回收試片及記錄，對試驗結果的評價和報告完成必要時再做追加試驗的計劃。	
熔射加工設計和工程計劃	規格書	熔射規格製定後，必要的圖，施工費，維修工作條件的決定。	
	熔射加工要領書	加工要領書作成包含熔射加工必要諸條件。	
	熔射加工準備	工作計劃及設備、器材之準備。	
維 修  (工程)	停止運轉	機器打開、確定安全、清掃、(蒸氣和噴射洗淨)。	
	檢查和熔射加工範圍	OSM 的確認，SDM 檢查和工期的決定。(工作內容的決定)。	
	改造、補修	設計強度和運轉條件的能力，熔射加工時不會發生構造條件的改造或補修。	
	熔射加工的安裝	安全作業環境(搭架、粉塵、噴砂的回收等)不須熔射的保護(Masking)熔射設備安裝。	
熔射加工	前處理	油脂、氧化物除掉(回收分離、防止噴砂材料污染及母材的清淨和不良)。	
	噴 砂	母材的噴掃(清潔及活性化)和粗糙化。	高濕度或雨天不能工作。 各工程 4 小時內完成熔射、封孔處理可在 24 小時內完成。
	熔 射	形成環境遮斷的熔射層。熔射後的封孔。	
	封孔處理後作業、記錄裝置恢復和點檢	處理的封孔劑容易吸收而成複合層。 撤除機材、架熔射加工記錄和檢查報告書。 內部零件，機器的組立，運轉前檢查，準備 OSM 記錄。	
運 轉	運 轉	運轉記錄，追蹤調查、(SDM 點檢)，下期 SDM 計劃。	
	評 價	下期 SDM 點檢(維修診斷)照舊、新造有無異常，可否補修。	
應 用		評價不好的原因調查，評價好可做為防蝕熔射的新規採用的檢討。	

備註：SDM=Shut down maintenance  
(機器停止操作時，進行定期的保全補修工程。)  
OSM=On Stream maintenance  
(發生機器操作中的保全補修工程。)

表 8 高溫氧化防止推薦的熔射規格(A W S, C-23-54-T)

環 境	熔 射 規 格	用 途
538°C	Al (0.127-0.20 μm) + 系封孔劑	鋼鐵制煙囪
871°C	Al (0.127-0.20 μm) + 瀝青質的封孔劑	爐的零件
760°C-982°C 無硫化氣體	NiAl (0.2-0.3 μm) + 瀝青質的封孔劑	爐的零件、礦石加熱爐、乾燥器等
760°C-982°C 有硫化氣體	Ni, Cr (0.33-0.43 μm) + Al (0.08-0.13 μm) + 瀝青質封孔劑	礦石、石炭、加熱乾燥器等

[備考] Bi, Cr, Fe=60:15:bol-Ni, Cr=80/20

Si: Si, Al=15:5/bol alcohol

瀝青質: 鋁20/瀝青質溶液

5. 化學的耐蝕性高。

6. 電阻大。

7. 安定性好。

以下是陶瓷層的應用。

1. 耐熱層。

2. 作為微粒間的抵抗磨耗防止層。

3. 耐蝕層。

4. 不導電層。

5. 輻射（熱、光）防止層。

6. 拆換之零件用品（螺絲、螺帽…等零件施於熔射）。

7. 耐磨耗用熔射層。

陶瓷熔射層能在各種素材表面賦予耐熱、電氣絕緣、耐蝕、耐磨耗等目的的機能特性賦予很多的應用。

熔射法依熱源分類主要的有可燃性氣體式和電漿方式；熔射材料有粉末、棒狀或者為套管狀線式的材料。陶瓷熔射層如何擁有何種機能性，得按照其需要的種類來決定。一般氧化鋯、氧化鎂作為斷熱用，氧化鋁或氧化鈦鋁的混合物作為電氣絕緣材使用；而氧化鋁、氧化鋁和鈦的混合物以及氧化鋯則作為耐磨耗和耐蝕來使用。表 9 陶瓷熔射材料的熔點。

一般陶瓷熔射應用在迴轉機器類的耐磨耗用途是先經過封孔處理後，再選擇適當的研磨石來研磨。另一方面，大型之機器設備是熔射後，再進行封孔處理，就直接使用。為了使母材和熔射層有良好的密著性，採用噴砂可使母材表面粗糙，增進良好的密著性（投錨效果＝密著結合效果），但是母材表面和陶瓷層的境界、物理的性質、展性和熱膨脹結晶結構等的差異，很容易產生母材和熔射層之間的破損和剝離。陶瓷熔射為了和母材有良好的結合（Bonding），而底層熔射（Under Coat），還有緩衝和二次防蝕為目的中間熔射（middle coat）或多層熔射（積層熔射），如此才可得到比金屬（合金）更具優良的耐蝕性。底層熔射有鉬，其用於400℃以下，還有鎳鉻合金，用於815℃以下，以及鎳鉻合金用於1093℃以下。底層熔射的膜厚一般為0.05～0.30mm是很好的使用範圍；其他的還有鉬、鈮等為底材熔射的材料。為有利於進行防蝕的陶瓷

表 9 熔射陶瓷之熔點

氧化物名稱	化學記號	融點°F	融點°C
アルミニウムオテサイド	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3705	約 20410
カルシウムジルコネート	CaZrO <sub>4</sub>	4250	2343
セリウムオテサイド	CeO <sub>2</sub>	4710	2599
クロームオテサイド	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4110	2266
コバルトオテサウド	CoO	3281	1805
フォスターライト*	2MgO · SiO <sub>2</sub>	3425	1885
ムライト**	3Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> · 2SiO <sub>2</sub>	3290	1810
マグネシウムジルコート	MgZrO <sub>4</sub>	3800	2093
ニッケツオキサイド	NiO	3550	1954
スピネル	MgO · Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3530***	1943
チタニウムキサイド	TiO <sub>2</sub>	3490	1921
ウランウムオキサイド	UO <sub>2</sub>	5200	2937
イットリウムオキサイド	Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4380	2416
ジルコン	ZrO <sub>2</sub> · SiO <sub>2</sub>	4380	2416
ジルコニウムオキサイド	ZrO <sub>2</sub>	4600	2538

（註）：\* トイツ學者Forsterの名にちなむ

\*\* 學者Mullにちなむ

\*\*\* 3874°F (2134°C) で分解する。

熔射，有使用可燃性氣體的火筒熔射，高融點的熔融材料的時候，也有採用電漿熔射法。

防蝕熔射在被實際使用於機器的構造和現場的情形時，對皮膚的性質、熔射方法的種類、作業條件等完全有把握，以正確的選擇熔射是很重要的。此參考AWS C<sup>2</sup>-13-70 FLAME SPRAYING OF CERAMICS和摘錄之表 10～12。

#### 四、

依以上而言，對以要求機能性為目的之熔射法的利用已逐漸擴大，被所有的工業所應用而言並沒有誇大其詞；但是被利用於一般所忽視或一般都不知道的熔射加工技術也有。

針對熔射加工法而言，已知的熔射材料就非常多。還有其熔射前和熔射後的機械性和耐蝕性等的物理、化學的特性，適用的熔射方式。母材和熔射層以及其他應用的腐蝕環境等的了解程度就可知道熔射技術的要素有很多。施工方法（規格、種類）也有依據其環境分類而可擴大數千種的熔射規格。其他表面處理法所沒有的問題有時候也會有。如何選定最適的熔射施工是須要熔射

施工者和業主使用者的互相協調，做好調查、期待著整理記錄之上，有不會損傷母材會的情形自然會成為適用的環境遮斷防蝕的最佳熔射施工方案。

(本文譯自：植野軍二，“プラント機器への溶射適用”，日本防銹管理，Vol.29，No.4，(1985)1-9。)

表10 熔射陶瓷層的物理性質

Types of Coatings	Color	Crystal Form	Bulk Density	Crystal Hardness	Porosity	Permeability
Units of Measure			Average GM/CC	Knoop Scale (Monolithic) (Crystal)	%	
Aluminum Oxide	White	Gamma Type	3.3	2000	8 (7% open)	Slight
Zirconium Oxide	Light TAN	Cubic	5.2	1000	8 (7% open)	Slight
Zirconium Silicate	Light TAN	Cubic ZRO <sub>3</sub> in Siliceous Glass	3.8	1000	8 (4% open)	Slight
Chrome Oxide	Black	Hexagonal	4.6	1900	4 (2% open)	Very Slight
Magnesium Aluminate	White	Cubic	3.3		6 (4% open)	Slight
Stainless Steel 304			8	400 approx.	0	None
Magnesium Zirconate	Speckled Light TAN		4.2			
Alumina Titania Composite	Blue Black		3.5			

Note 1: The data given in Tables I to V is for reference purposes only. Specific data as to properties in the as sprayed condition should be obtained from the manufacturers of equipment and powder.

表11 代表性熔射陶瓷的化學分析質

	Alumina	Zirconia	Zirconium Silicate	Chromia	Magnesium Aluminate	Alumina Titania Composite	Magnesium Zirconate
ZrO <sub>2</sub>	—	94.57%	64.12%	—	—	—	77.00
AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	98.55%	.63	1.42	3.16%	66.8%	85.50	—
SiO <sub>2</sub>	.58	.33	33.22	8.39	2.9	1.00	.50
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	.10	.33	.14	.78	.04	.50	—
TiO <sub>2</sub>	.04	.39	.19	.16	.02	13.00	—
NaO <sub>2</sub>	.31	.02	.07	.28	.02	---	---
CaO	.19	3.73	.57	1.28	.69	---	.50
CrO <sub>3</sub>	----	---	----	82.94	----	----	----
MgO	.23	---	----	2.96	29.5	----	22.00

\*Calculated by Difference.



適用於工廠設備和機器的熔射

表12 熔射陶瓷層的機械性質

Types of Coatings	Compressive Strength	Adherence to Steel	Minimum Profilometer Surface Finish	Abrasion Resistance	Coefficient of Friction	Strain	Vibration
Units of Measure	PSI at Ambient Temp.	PSI (Approx)	RMS Range (Microinches)	Rubbing wear Impact Abras.		% Elongation PER Unit on Lgth. (.030" THX. Coat.)	Cycles
Aluminum Oxide	37,000	Steel 1000 NON Ferrous 600	As Coated 200-300 As Ground As Lapped 25-45	Very Good	.10 Against 440-C SS	.7	200,000,000 Cycles Without Failure (15,000-16,000 PSI Cyclic Stress)
Zirconium Oxide	21,000	Steel 1000 NON Ferrous 600	As Coated 200-300 As Ground 30-50 As Lapped 25-45	Good	.10 Against 440-C SS	1.4	
Zirconium Silicate		Steel 1000 NON Ferrous 600	As Coated 200-300 As Ground 30-50 As Lapped 25-45	Good	.10 Against 440-C SS	.7	
Chrome Oxide	105,000		As Coated 200-300 As Ground 15-25 As Lapped 10-20	Very Good	.11 Against Brass	1.3	
Magnesium Aluminate			As Coated 200-300 As Ground 30-50 As Lapped 25-45	Good			
Stainless Steel 304	70,000 to 100,000						
Magnesium Zirconate			As Ground 10-20	Good			
Alumina Titania Composite			As Coated 250-350 As Ground 15-30 As Lapped 2-4	Very Good			