

1.金屬為何會生鏽？

金屬本身雖具有優良之特性，但在自然狀態下不能以單體存在，而必須以氧化物、硫化物等安定化合物方式存在，也就是所謂的礦石。人類在漫長的歷史中得知如何自礦石中找到金屬，並耗費極大的勞力去提煉出鐵、銅、鋅、鋁等以資利用。然而金屬曝露在大氣中，鐵易產生紅鏽、銅生綠鏽、鋅和鋁生白鏽。

這是因為金屬本身常會與水份、二氧化碳、氧氣等安定元素結合成化合物狀態，結果即生成"鏽"。

金屬擁有多種固有特性。例如：將金屬置入某一溶液中，其將會有自溶液中析出陽離子的傾向發生，此即所謂“離子化傾向”。有關主要元素離子化傾向的順序如下：（易離子化）鉀>鎂>鋁>錳>鋅>鉻>鐵>鈷>鎳>錫>鉛>（氫）>銅>銀>鉑>金（難離子化）。

金屬變成陽離子是一種鏽蝕現象。由上表得知：鐵較鎂、金較鐵難離子化，即不易鏽蝕。

然而，在金屬的鏽蝕型態上又有含水份的電化學鏽蝕和不含水份的其他鏽蝕之區別。所謂電化學鏽蝕就是金屬由於雨水、海水、結露等的濕潤，或是和其它電解質作用，產生非金屬化合物的一種變化。一般而言，金屬鏽蝕大半是這種型態。

所謂其它鏽蝕就是金屬在高溫或常溫下，由於氧化、硫化現象所產生的化學鏽蝕（乾蝕），或是由於細菌等所產生的生物鏽蝕。

2.鋼鐵的防蝕方法有哪些？

構造用材料中，鋼鐵佔有其重要地位。但在一般的環境下，鋼鐵易生鏽，所以適當的防蝕處理是必要的；一般鏽蝕的抑制方法，其原理不外乎下列四種：

- A. 覆蓋遮斷法。
 - B. 鋼鐵上之披覆材表面形成一種耐蝕性的靜態安定性的腐蝕生成物。
 - C. 使素材表面之局部電池發生減少。
-

改變環境中之銹蝕狀態，使銹蝕形成減少。

一般防蝕方法，即為上述四種原理之組合，可做以下之分類：

防 蝕 法		分 類				
分 類	方 法	A	B	C	D	
添加合金元素		不 銹 鋼		0		
		耐 候 鋼		0		
表面被覆	金屬	熱 浸 鍍	0	0	0★	
		電 鍍	0	0	0★	
		熔 射	0	0	0★	
	非金屬	塗 裝	0			
		內 襯	0			
		瑯	0			
		化成處理		0		
電氣化學的方法		電氣防蝕法				
		1.陰極防蝕法			0	
		2.陽極防蝕法		0		
環境抑制		腐食抑制劑添加				0

★鍍鋅時有效

3.鍍鋅後之鋼材性質是否會有變化？

熱浸鍍鋅加工之流程依脫脂、酸洗、助熔劑處理、熱浸鍍鋅、冷卻等順序進行。其中脫脂、助熔劑處理及冷卻過程對鋼鐵性質毫無影響，不會發生問題。酸洗過程對一般鋼種亦無影響，但對 80kg/mm² 以上之高強度鋼，於酸洗時對產生之氫氣感受性較強，故必須注意，可改用噴砂處理。雖然如此，各種試驗結果，卻對此現象無十分明確的認定。

鍍鋅過程對一般鋼種之性質無影響，但對 80kg/mm² 以上之高強度鋼的機械性質，降伏點、抗拉強度、伸長率、衝擊強度及疲勞強度，則多少會有變化但均在其規格內，故影響不大。所以，高強度鋼和熱處理硬化鋼材之熱浸鍍鋅處理，事先應知會鍍鋅廠商。

4.任何材料均能熱浸鍍鋅嗎？

鋼鐵製品，如軋延鋼材、鑄件、鑄鋼等均可施以熱浸鍍鋅處理，但鑄件如用平常的酸洗法是無法將燒結砂去除，會發生鍍不上的現象，故噴砂處理是絕對必要的。

鋼節構用軋延鋼材、鉚接構造用軋延鋼材、配管用鋼管等，皆可使用熱浸鍍鋅處理。

5.螺栓接合之設計如何？

與普通螺栓之接合設計都一樣，但高強度螺栓摩擦接合情形下，必須注意下列幾點：

摩擦面經噴砂處理其粗糙度須達 50S 以上，鍍鋅處理之鋼材表面摩擦係數約 0.09~0.30，如摩擦接合須達 0.33 以上時，此處應施以掃砂處理。

使用 F8T 或 A325 螺栓：未經熱浸鍍鋅之高強度螺栓，F10T(或 A490)以上容易發生延遲破壞之現象，F8T 以下不會發生。延遲破壞就是高強度螺栓結合一段時間後突然斷裂的現象，此乃金屬結晶內蓄積氫氣壓力過大的結果。熱浸鍍鋅高強度螺栓在前處理若採用酸洗方式，過程中會吸收氫氣而有不良影響，但若採用噴砂處理則不會產生氫氣，故熱浸鍍鋅後高強度螺栓不會產生延遲破壞現象。經過各種試驗顯示，摩擦接合用高強度螺栓只能用 F8T 或 ASTM A325。又中國土木水利工程學會所編「熱浸鍍鋅鋼橋設計施工手冊」，亦建議使用 F8T 螺栓、F10 螺帽、F35 之華司組合。

使用不鍍鋅之 F10T、F11T 高強度螺栓時，須嚴格做好防水對策。耐候性螺栓因初期產生之銹蝕會污染其它表層直至安定化為止，故不被推廣使用。

6.熱浸鍍鋅後之鋼材可否鉚接？

只要選定適當鉚接材料、鉚接面、鉚接電流、鉚接速度、運棒方法等鉚接條件的話，鍍鋅鋼材亦可鉚接。一般鋼材之鉚道區強度並不會減弱，但隨著鍍鋅厚度的增加，適當的鉚接條件範圍變窄，使鉚接進行困難，故鉚接時最好將鉚道區之鋅完全去除。

鋼材如需熱浸鍍鋅後鉚接，須於鍍鋅前先在鋼材鉚道上塗抹環氧樹脂油漆避免鉚道鍍鋅，以利後續鉚接工作。開槽鉚道需塗抹油漆時，建議讓開槽區先讓其生銹，

效果較佳。

鍍鋅鋼材之銲接應注意以下兩點：

銲接時會有白煙產生，銲接工人吸入會發生不良的情緒或嘔吐，故須人位於上風處、戴口罩或安裝排煙設備。

銲接完後銲渣須除去，鋅層剝落部份用高含鋅漆補修或以鋅熔射補修。

由上可知，鍍鋅鋼材銲接並沒什麼特殊問題，但現場銲接對美觀是有害的，故儘可能採用螺栓結合。

7. 混凝土中之鋼筋是否適用於熱浸鍍鋅？

混凝土中性化問題或鹽份因素容易導致鋼筋生銹，而因體積膨脹增大使混凝土發生剝落。故此種鋼筋混凝土之防蝕對策，以鍍鋅鋼筋最受人注目。

鍍鋅鋼筋與混凝土之握裹力，經試驗顯示其握裹力並不比黑皮鋼筋差，且長期使用後，甚至有超越黑皮鋼筋之趨勢。又鋼筋之彎曲加工，可參考 CNS 14771 標準之規定。

8. 熱浸鍍鋅表面為何會產生白銹？

所謂「白銹」，除白色外還伴隨著部分淡褐色斑點，此為鋅氧化物在鍍層表面形成的狀態，外觀呈白色粉狀附著。

此乃鍍層濺淋到雨，且不易乾燥之環境下發生的。鍍層若全面均一的噴淋到雨且在快速乾燥的環境下，白銹是不會發生的，若鍍層表面附著腐蝕性物質，如強酸、強鹼、有機酸、鹽等，亦會有明顯的白銹發生。海上運輸時海水的濺淋，亦是白銹產生的原因。

白銹是體積膨脹的鋅氧化物看起來好像非常嚴重，實際上只是表面稍為腐蝕。白銹發生部位，在開放的環境下會逐漸脫落，爾後在鍍層表面又會形成緻密的保護層，故不會影響其耐蝕性。

防止白銹之發生方法，為要注意到存放之環境，避免濺淋到雨，且使通風良好，保持乾燥。

9.何謂「燒灰」、「鋅垂」、「殘灰」？

鍍鋅表面閃閃發光的鋅金屬光澤消失而呈現灰色或暗灰色光彩的情形，叫做「燒灰」(grey coating)。燒灰就是合金反應太活潑，合金層過度成長，露出鍍層表面所致。「燒灰」的發生，在鍍鋅條件(浴溫、冷卻速度)上雖能防止，但如為材質上矽含量多寡所造成的影響，就很難防止。然而，燒灰及沒燒灰的耐蝕性，在一般的大氣環境下是沒有差別的，實用上亦沒有問題。

通常「鋅垂」是指鍍層表面看起來有很大凹凸狀的局部鋅殘留狀態。鍍件自鋅浴提出時，表面合金層因鋅的黏性關係使鋅再附著其上，此一熔融狀態鋅隨重力而往下流，當溫度下降則停止流動而凝結。這個狀態若全面均一發生時可得平滑的鍍面，但若局部發生則形成鋅垂。因而，鍍液溫度過低時，凝固速度較快，較易發生鋅垂；另有因鍍件形成使鋅浴流動不良，致造成大鋅垂者，在設計階段就必須與鍍鋅業者討論。鋅垂是局部鋅附著過剩，鍍鋅目的本來就是為防蝕用，故對耐蝕性而言是有利的。然而，在螺栓接合面及組合面，實用上會造成傷害者，須除去後方能使用。又杯狀或末端突起之鋅垂，因怕其輕輕撞擊即行脫落，或運搬中傷害到手，故須用銼刀或研磨機去除。

「殘灰」通常是指鋅浴表面形成的氧化鋅灰附著於鍍層表面者。當鍍件自鋅浴提出時，須先除去鋅灰，保持乾淨浴面，以防止鋅灰附著，但在複雜形狀的鍍件，部分鋅灰附著實在難避免，可在提出時噴灑少量氯化銨將之除去。此氧化鋅灰在實用上並不影響，但若附著特別明顯時，須用銼刀等除去較好。

10.為何熱浸鍍鋅表面光澤會消失？有時又會呈現不定狀態？

鍍鋅製品在大氣中使用時，鍍層表面會生成一緻密的氧化層，鍍鋅的優良耐蝕性亦是因此皮膜的保護作用所致。鍍鋅後之氧化層約只有 0.1mm 左右，非常薄可透光，直接可看到底下的鋅光澤，經過一段時間後，此皮膜越來越厚而不透光，鋅光澤即消失。

鍍鋅表面的光澤變化有以下三種情況：

【A】 金屬鋅光澤的有無：

此為鍍件材質等所引起的燒灰現象，使全部或部份鍍層光澤消失，形成灰色外觀等。

【B】 光澤呈黃色、青色等變化：

此為鍍層表面氧化層變化所致。空氣中的濕氣及二氧化碳與之反應形成青色狀的鹽基性碳酸皮膜。鍍鋅溫度低所形成的黃、青等顏色為氧化層之干預色。

11.為何表面會有晶格狀花紋產生？

此現象稱為鋅花 (spangle)，在鍍鋼管或薄鋼板時較常見此現象。建築師及工程師常因審美觀而希望有此外觀。

鋅在凝固時，結晶核發生速度快慢不一時就會形成自然而大小不一的鋅花。鋅花常形成在薄鋅層的光滑表面上。鋅花的形成，也需足夠的時間，鍍後馬上冷卻是較不容易形成的。構件浸鍍時間較長或具較厚的金屬間合金層者，當鍍件從鋅浴提出後表面並無足夠的鋅讓它形成鋅花。另外，研究顯示鋼材表面粗糙和晶粒大小也會影響鋅花的形成，平滑均勻的表面會比粗糙的表面容易獲得較大的鋅花。鋅花對鍍鋅後之加工性(油漆性、彎曲性)會有影響，對於鍍後加工性需好、塗裝性優良者需有細緻的鋅花，連續式鋼片(板)已可利用人為的控制結晶核發生而形成細小的鋅花，甚至可完全看不出來。

12.熱浸鍍鋅可否著色？

鍍鋅著色是可能的，但尚在研發階段。可於鋅液中添加特殊元素，變化出各種氧化膜的干涉色。這好比水面類似彩虹之薄狀油膜般，有赤、青、黃、金等各種顏色。但因成本高，耐蝕性有不良影響，且加工控制呈現同一顏色非常困難，故尚未達實用化階段。目前鍍鋅著色仍以油漆最為普遍，有利於生活上的實用。

13.熱浸鍍鋅層之損傷或剝離如何修補？

鍍鋅層以合金層及純鋅層與底材緊密接合，密著性良好，因而衝擊或摩擦等很難將其剝離。但如遇到極大力的衝擊，尤其是銳利角的衝擊時會有剝落的情形發生。

鍍鋅層剝離時，可用塗裝或鋅熔射加以補修，國內之油漆廠已推出很多種補修塗料(含鋅量 92%以上)，亦有外國製品，大都為鋅粉塗料。補修方式依形狀、大小而不同，但一般均須先做表面處理(以 Wirebrush 等工具將不潔物或鏽去除，使底材露出)，再上塗料(塗料須攪拌混合均一，以毛刷塗上)，並使其硬化。此硬化時間隨著天候、溫度、濕度而有所不同。亦有採噴塗罐方式噴塗，噴塗時須先上下搖晃使鋅粉充分混合。

14.熱浸鍍鋅表面可否塗裝？

鍍鋅的防蝕結構物原則上可單獨使用，但在腐蝕性的環境尤其是在工業地區或臨海地區，鍍鋅後再塗裝則可發揮更有效的防蝕效果。以鍍鋅方面來說，其表面之塗膜將水等物質隔離，使腐蝕進行緩慢，另以塗膜方面來說，底下之鋅層腐蝕慢，對本身損傷就少。這種相乘效果，使鍍鋅後再塗裝之耐蝕壽命，超過鍍鋅及塗裝各別壽命和之 1.5~2.3 倍，這在需要長期防蝕的場合來說是一有效的方法。但在鋅的特質上，必須慎選塗料，如油性等。

【A】 初期塗裝：

以有機溶劑完全脫脂。

以磷酸鹽處理，或以環氧樹脂鍍鋅底漆、伐銹底漆之塗料為底漆。

【B】 維修塗裝：

用砂紙、鋼刷等將浮上之雜質除去，在鋅層損壞處，鐵質生紅銹處，須特別清除乾淨。

用鋼刷、砂紙等全面清掃，主要是除去鋅層表面上的可溶性鹽類、白銹、及其它夾雜物，密著的活膜部份亦被摩擦。

產生紅銹部份，即鐵材受腐蝕處，施以環氧樹脂防銹塗料補修。

鉛酸鈣或磷酸鋅系列之塗料全面底漆處理。維修塗裝時，不須用到伐銹底漆 (Wash Primer)。