

# 金屬噴鍍法介紹

金  
屬  
噴  
鍍

昆明探礦機械廠 陳慶烈

金屬噴鍍是我廠去年學習推廣的一項新技術，使用這個方法不僅對修理磨損零件，修復加工廢品，增加零件的耐腐防銹和製造復合金屬等工作方面有着特殊的功效，而且加工成本低，效率高。為了掌握和推廣這項技術，茲結合本廠的實際操作情況，作一初步介紹。

## 一、金屬噴鍍的原理

金屬噴鍍是一種新型的表面處理方法。它是將金屬材料(通常是錠狀或粉末狀的)，送入金屬噴槍內，因受氣體火焰(氧氣和乙炔氣)或電弧所產生的高溫而溶化成液狀，再藉高壓空氣(氣壓在 4~6 公斤/平方公分)噴成霧狀，以高速(140~300 公尺/秒)噴鍍到零件表面上，金屬顆粒受撞擊而變形填塞在事先經過粗糙處理好的零件表面上，這樣微小的金屬顆粒便緊緊的黏在零件的表面上，金屬顆粒不斷的撞擊，填補在它們的間隙中逐漸形成一個完整的被覆層，這就是噴鍍的原理。由於在噴槍內溶化金屬的方法不同，所以金屬噴鍍可區分為兩種：

1. 氣體金屬噴鍍：一根金屬錠材在噴槍內，由壓縮空氣透平機的傳動或其他錠材供應機構不停的向前推進，送至噴嘴，被高溫氧氣和乙炔氣火焰溶化，

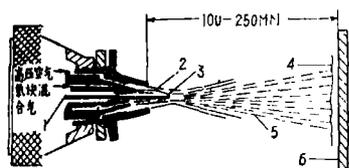


圖 1

- 1. 錠材 2. 氧氣和乙炔氣火焰
- 3. 熔化的金屬錠 4. 金屬鍍層
- 5. 金屬顆粒 6. 被噴鍍的表面

然後藉高壓空氣，將溶化金屬噴成極細的霧狀的微小顆粒而噴射在被加工件的表面上。如圖(1)所示。

蘇聯製造的

氣體金屬噴槍有 ГИМ—1 型，ГМ—1 型及 МА—40 型等，其中以 ГИМ—1 型採用最為普遍。

美國製造的氣體噴槍有 Mogyflo 型及 Metco 型。

2. 電氣金屬噴鍍：二根金屬錠材由槍內壓縮空氣透平機傳動和其他錠材供應機構不停的向前推進，

通過噴槍前端的兩個電極嘴而達到一定的距離時，即產生電弧，金屬錠本身即被溶化，藉高壓空氣，將溶化的金屬吹成極細霧狀的微小顆粒而噴射在被加工物表面上。如圖(2)所示。

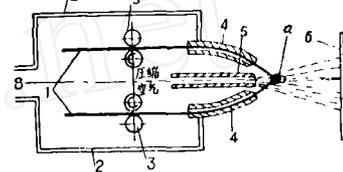


圖 2

蘇聯製造的電氣金屬噴鍍器：有 ЭМ—3 型 ЭМ—6 型，及 МК—У 型等。

- 1. 金屬錠材 2. 電線 3. 推進送錠材機構 4. 電極嘴 5. 壓縮空氣噴嘴
- 6. 被噴鍍表面 a. 霧狀後金屬顆粒

## 二、金屬噴鍍在探礦機械修理與製造中的應用

金屬噴鍍的應用範圍是非常廣泛的。一般多用於修復磨損零件，修補有缺陷的鑄件，補救機械加工的廢品，噴鍍鋅以防腐蝕，噴鍍鋁和鎳鉻鋼以耐高溫，在非金屬物體表面上噴鍍金屬以產生導電表面層及增加美觀，用噴鍍過的黑色金屬代替有色金屬和貴重金屬，以及應用金屬噴鍍射成假合金等方面。但是在我廠目前還僅限於修理磨損機件方面，其他方面還待進一步試驗。目前我廠主要應用於以下幾方面：

1. 軸及套的修理：在我們探礦機械設備中，軸及套類零件的磨損報廢情況是很多的。如岩心鑽探機的橫軸、立軸、捲揚機軸、中間軸、變速軸、立軸套筒、橫軸套筒、銅套；水泵的立軸、拐臂軸、聯桿軸、活塞軸、小軸、連桿內套、銅套、內軸套；柴油機的曲軸、凸輪軸、水泵傳動軸、油泵軸、氣門挺桿杆子、頂桿；以及機床的各種軸類，都是非常容易磨損的。應用金屬噴鍍法，只在磨損部份噴鍍上一層適應的金屬，就能恢復磨損零件原來尺寸，重新應用。我廠初步應用金屬噴鍍法修復了五十多根各種軸套零件，效果均很良好。

2. 填補鑄件的氣孔和裂縫：柴油機和汽車的汽缸體，汽缸蓋，離心水泵葉輪和其他鑄件，在生產過程中發生氣孔、縮孔或在工作中產生裂縫時，都可以採用金屬噴鍍法加以修理。我廠在對433萬能銑床的給油泵葉輪磨損修理中，採用了金屬噴鍍法修補後，工作四個多月未發生任何問題。

3. 耐腐防銹：由於地質勘探部門工作性質和工作條件限制，鑽塔極易被雨水和大氣中的水蒸氣腐蝕。應用金屬噴鍍法噴鍍鋅、鋁等金屬防銹防腐，不但效率高，而且成本也低。目前我廠正準備用鋁噴鍍一批機件和用鉻噴鍍離心水泵軸。

### 三、金屬噴鍍的設備佈置

#### 1. 氣體噴鍍的設備情況：

參看圖3所示：當乙炔由發生器引入噴槍中時，遇由氧氣瓶引入的氧氣而在噴槍中將金屬絲燃燒成液態，再經壓縮空氣吹射成顆粒狀，飛撞在被加工物表面上，而形成了噴鍍層。金屬絲由噴槍中的對滾推向燃燒部份（對滾的動力是用風力或電力），而形成不間斷的噴射作用。

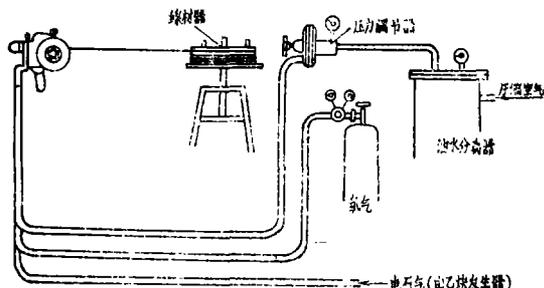


圖3 氣體金屬噴鍍設備圖

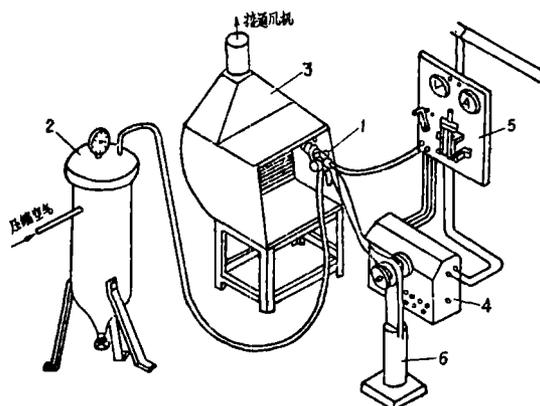


圖4 電氣金屬噴鍍設備圖

1. 電氣金屬噴鍍器； 2. 油水分离器； 3. 金屬噴鍍箱； 4. 變壓器； 5. 配電盤； 6. 錢材架。

#### 2. 電氣噴鍍的設備情況：

參看圖4所示：電氣噴鍍是藉兩條進入噴槍中的金屬絲之間產生電弧來熔化金屬，再用壓縮空氣將熔化的金屬噴成霧狀，鍍在加工物表面上。因此它不用乙炔氣和氧氣。但是在設備上增加了配電盤和變壓器。上述這二種方法均使用壓縮空氣來吹噴熔化的金屬。為了保證鍍層的連結強度，設有油水分離器來濾清壓縮空氣中的油水及灰塵，油水分離器構造如圖5，外殼(1)是用鋼板製成(每平方公分能耐10公斤的壓力)，上下蓋板均用較厚的鋼板製成。壓縮空氣經由進氣管(2)進入，進氣管同外殼成切綫焊接的，因之可以使壓縮空氣沿着油水分離器外殼的內壁旋轉而下。因受離心力的作用將壓縮空氣中的油水拋於分離器的底層，同時也減少了壓縮空氣的衝擊力量。空氣進入分離器底部以後，即向上通過鑽有許多小孔的鐵板(7)進入薄鐵皮圓筒(5)的銅紗布網(6)內(內裝有羊毛和焦炭等物)，它能阻止油水通過，然後壓縮空氣再經過多層紗布及紅砂石過濾就可獲得清潔而乾燥的壓縮空氣了。

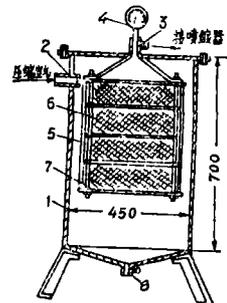


圖5

當壓縮空氣含油和水過多時，分離器可能被堵塞，這時可以再裝以一個管式捕油器(如圖6)來幫助分離空氣中的油和水。

1. 油水分離器外殼 2. 進氣管 3. 出氣管 4. 壓力表 5. 薄鐵皮圓筒 6. 銅紗布網 7. 鑽有許多圓孔的鐵板 8. 放氣閥。

### 四、金屬噴鍍層的物理性能

由於噴鍍時金屬微小顆粒通過空間與空氣接觸，而在表面形成一層氧化膜，而使噴鍍金屬層具有多孔性的結構。這種特殊的結構，從外觀上很難看出，而實質它對鍍層金屬的原來物理性能有很大成變。下面介

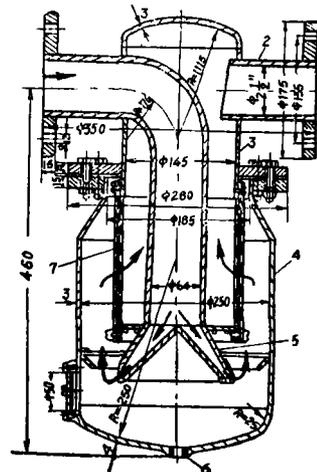


圖6

紹幾種主要物理性能的變化情況：

1. 噴鍍層的比重：鍍層的金屬比重比原來的金屬約輕 5~20%，它是以噴鍍零件的表面情況，溫度及工作規範來變化的。比重情況變化如表(1)所示。

噴射後金屬比重及原金屬的比重表(表1)

金 屬	原 金 屬 比 重	噴射後金屬的比重	
		電 噴 鍍	氣 噴 鍍
錫	7.28—7.3	—	6.82
鉛	11.36	10.73	10.57
鋅	6.92—7.2	6.2	6.5
鋁	2.54—2.67	—	2.55
黃 銅	8.30—8.67	7.7	7.10
青 銅	8.76	—	8.10
銅	8.65—8.93	—	8.79
鐵	7.86	6.5—7.0	7.38

2. 金屬噴鍍層的強度，一般分為金屬噴鍍層與基本金屬的連結強度及噴鍍金屬顆粒之間的連接強度。經實際經驗及研究試驗證明，無論這兩種強度中的任何一種，都要比原來的金屬強度小得很多。

要想獲得優良金屬噴鍍層，並保證噴鍍層與基本金屬之間的連接強度，首先取決於基本金屬的表面處理方法和鍍層與基本金屬的性質，以及基本金屬的表面受熱溫度和噴鍍時的操作方法等各方面的配合。根據我們的經驗：(參看表2)

(表2)

噴 鍍 金 屬 和 基本金屬名稱	連 接 強 度 公 斤 / 平 方 公 分				
	基本金屬的表面處理方法				
	磨光	車絲扣	車絲扣 並噴砂	經細噴 砂加工	用50%鹽 酸浸蝕
鋼鐵上噴鍍銅	3.8	6.26	73.0	71.0	34.2
鋼上鍍銅	6.7	18.0	23.0	27.6	8.9
鋼上鍍鋼	8.7	30.6	33.0	39.3	13.5
鋼上鍍鋁	5.8	11.5	18.0	28.5	19.4
鋼鐵上噴鍍鋁	3.8	25.7	33.0	40.4	16.8
鋼鐵上噴鍍鋅	—	28.8	36.7	38.0	—

(1) 正確地選擇工作物的表面處理方法，使其表面越清潔越好，不要有油脂，氧化膜，燒蝕層或水份等。

(2) 附着面處理完畢到開始噴鍍的時間距離越短越好。

(3) 噴鍍時噴槍風口到噴鍍工作的距離一般以保持在 100~200 公厘最為適宜。

(4) 噴鍍金屬顆粒的粗細與噴鍍金屬層厚度有關。

(5) 噴鍍金屬熔化溫度及被噴鍍零件表面溫度是影響連結強度重要因素。

由實際工作證明，在進行噴鍍前若將工件預熱到 100~250°C 能得到很好的效果。但噴鍍零件時，為了防止因加熱而引起的變形和龜裂的現象，除了特殊要求過高的被噴鍍零件預熱外，一般都不採用預熱步驟。在噴鍍時被噴鍍零件溫度不能昇高到 60°C 以上。

(6) 噴鍍強度的選擇：用 6 計示大氣壓的壓縮空氣噴鍍時，要比用 2 計示大氣壓得到更好的附着強度。

(7) 根據被噴鍍零件的種類和形狀，可以得到不同的連結強度，一般軸要比孔好的多。

### 3. 金屬噴鍍層的硬度：

由於金屬噴鍍層結構比較複雜，且金屬鍍層中存有氧化物和多孔性，特別是由於其性質的不同，因而在不同點可以測出不同數值的硬度值。根據 A.Γ 瓦金瓦索夫的試驗證明，鋼鍍層的硬度較原來金屬的硬度約高出 75%。金屬噴鍍層的硬度增加，主要是由於在噴鍍操作的過程中，熔化了的金屬微小顆粒，受高壓空氣急速的噴射，撞擊在基層金屬表面上，並急速的冷卻，而產生冷擊硬化的結果。其次金屬噴鍍層硬度的增加，也決定於噴鍍金屬材料的化學成份，噴鍍器風口至基層金屬表面的距離，基層金屬的表面溫度，以及綫材供給速度等因素。

### 4. 金屬噴鍍層的耐磨性

由於金屬噴鍍層是由微小金屬顆粒堆集而成的，因而在金屬噴鍍層表面密布着像針眼似的小孔，這些小孔可以吸取潤滑油，並促進保持豐富的油膜表面，改善了潤滑條件，因此，金屬噴鍍層在具有充分潤滑的情況下工作，耐磨性能將大大的提高，甚至高於淬火的滲碳的金屬零件的耐磨性。此外由於在金屬噴鍍過程中整個噴鍍和部份的單個顆粒的硬度增加，也提高了其耐磨性。例如：發動機曲軸軸頸(修復或製造)經噴鍍後，它的磨損程度遠低於未經噴鍍的曲軸 30~50%，並且發現與同時工作的軸承的磨損程度顯著的減輕，機油的消耗量約可節省 35%。但是，金屬

噴鍍層在乾燥的情況下工作，不但不能增加耐磨性，相反會使金屬微小顆粒剝落會破壞整個金屬噴鍍層。

總的說來，由於金屬噴鍍層與基層金屬連結強度低，其拉力、彎力、扭力和衝擊力都不如原來的金屬，所以金屬噴鍍不能應用在受有這樣作用力的地方。

### 五、金屬噴鍍鑽機橫軸實例

在KAM-500型岩心鑽探機橫軸上(如圖7所示)使用氣體噴鍍方法噴鍍鋼，噴鍍層厚度為4公厘，我廠所採取工作步驟是：

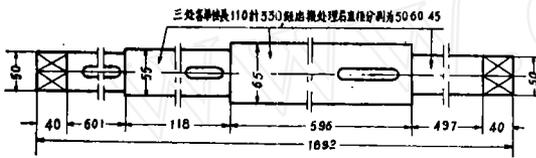


圖 7 KAM-500 型岩心鑽探機橫軸

#### 1. 表面處理：

將橫軸磨損處，直徑車小3公厘，並在兩端部倒5°角，然後車每吋12牙螺紋，牙高1公厘，進行滾花。在工作表面上車螺紋時必須特別注意下列幾點：

- ① 應採用硬質合金刀具加工，如採用鋒鋼刀具時應嚴格不用冷卻劑，並注意不要使油水弄污工件表面。
- ② 螺紋不可車削得太尖和太深，應事先用油石把刀尖磨圓，以免引起截痕作用，而使工件折斷。
- ③ 滾花不可過深，保持二分之一螺紋深度。

#### 2. 噴鍍工作：

將橫軸一端夾持在6呎車床三爪卡盤上，另一端用中心架支持。車床轉數調節到每分鐘145轉，工件的切綫速度(V)為27.318公尺/分。可用下式計算：

$$V = \frac{\pi dn}{1000} = \frac{3.14 \times 60 \times 145}{1000} = 27.318 \text{ 公尺/分}$$

式中：V——切綫速度(公尺/分)

n——車床轉數(轉/分)

d——工件之直徑(公厘)

為了獲得適應的金屬噴鍍層，我廠使用直徑為2公厘的中炭鋼絲，並把氧氣壓力調節到每平方吋15磅，乙炔氣壓力調節到每平方吋17磅，壓縮空氣壓力調節到每平方吋55磅，噴嘴與工件的距離為150公厘，這樣就能得到是呈黃色的中性火焰，經過45分

鐘連續的噴鍍，使鍍層均勻的達到4公厘厚，在橫軸噴鍍處直徑分別達到53φ, 68φ, 58φ公厘。在點燃乙炔的時候，應注意噴槍不可對着工件，以免工件表面上蒙一層煙燻，使金屬噴鍍層附着不牢。

#### 3. 噴鍍金屬層的加工：

由於噴鍍金屬層相組織結構與一般材料不同，在切削加工時不可採用鉋削和插削。表面上噴鍍鋼、黃銅、紫銅和青銅的圓形工件，要用硬質合金的車刀來切削，刀口必須時常磨銳，只有鋒利刀口的刀具和適應的切削用量，才能使噴鍍金屬的表面車的非常光潔。根據刻洛次(Klotz)的實驗其切削用量資料如下表：

噴鍍金屬種類	鋼	黃 銅	輕 金 屬
切 削 速 度 (公尺/分)	80—90	170—180	170—180
切 削 深 度 (公厘)	0.5	0.5	0.2—0.3
走 刀 量 (公厘/轉)	0.07	0.13	0.07
前 角 (度)	5°	5°	40°
刀 口	鋒 利	鋒 利	鋒 利
偏 角	30°	30°	30°
車刀與工件的相對位置	對準工件軸心綫	對準工件軸心綫	低於工件軸心綫
車 刀 材 料	硬質合金 G1	硬質合金 G1	高 速 鋼

我廠參考以上資料，採用硬質合金 T15K6 車刀，分粗、精兩次加工橫軸的噴鍍金屬層。粗加工時，車床主軸為276轉/分，工件切削速度51.2公尺/分，吃刀深度0.6公厘，走刀量0.1公厘/轉；精加工時，車床主軸為500轉/分，工件切綫速度為94.2公尺/分。吃刀深度0.03公厘，走刀量0.02公厘/轉。

### 六、氣體噴鍍的操作及故障排除方法

#### 1. 操作中的注意事項

(1) 在被噴鍍零件噴鍍處作必要的表面處理，並用碳精棒將鍵槽和油孔堵塞，不需要噴鍍處用砂布包好；

(2) 已經進行過表面處理之被噴鍍零件，在夾持時不許用手和油污的東西接觸；

(3) 開始前要让氧氣瓶內氧氣向外沖一沖，避免灰塵侵入減壓閥，並把兩級壓力表分別接到氧氣瓶和乙炔發生器的安全閥上；

(4) 檢查金屬綫材直徑與噴嘴金屬綫導孔是否相適應(噴嘴導孔比金屬絲直徑大0.1公厘)；

(5) 開啓噴槍上開關時，應注意在轉過  $\frac{1}{3}$  的位置時（參看圖 8），有可燃氣體流出，這時可以點燃；再轉到  $\frac{2}{3}$  的位置，可燃氣體與氧氣一同流出來，這時應繼續開放，否則噴嘴系統將溶化；當轉到最後  $\frac{1}{3}$  時，除了可燃氣體和氧氣外，還沖出有壓縮空氣用以冷卻噴嘴系統。

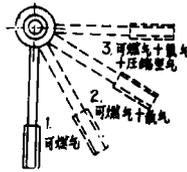


圖 8

(6) 點燃後，應精細調節金屬綫材輸送速度和三種氣體壓力，藉以得到中性火焰和適當粗細的微小金屬顆粒，這是獲得優良鍍層的主要關鍵；

(7) 工作完畢後，將噴槍噴嘴系統拆下，放在汽油內洗淨，並用清潔紗布擦乾，再經太陽晒過一、二小時後裝配，在裝配時圓錐閥應塗抹羊毛油潤滑；

(8) 噴槍內因有高速壓縮空氣通過，故需經常檢查和定期拆洗（一般工作 60~80 小時）。

(9) 噴槍不工作時，應放在專門的工具箱內，禁止與有機物質接觸；

(10) 操作時帶好口罩眼鏡，並用棉花球堵塞耳朶，必要時要帶上面罩，以保作業安全。

### 2. 常發生幾種故障及排除方法

(1) 當噴槍上的開關開足，氣門完全開放時，火焰反而會產生熄滅的現象。這是由於各種氣體壓力調節不當，或者氣體通路中存有污垢，噴嘴系統，輸氣膠皮管漏氣，和兩級壓力表有毛病而產生的。

一般在點火時各種氣體壓力不要過高（一般壓縮空氣為每平方吋 30 磅，乙炔氣為每平方吋 10 磅，氧氣為每平方吋 11 磅），只有火焰已經點燃以後，才可以提高壓力。對於後者，可將噴嘴系統拆開洗清潔，並去除壓力表毛病，重新塗好密封劑再裝配使用；

(2) 噴鍍時火焰伸長而金屬綫材停止移動或者移的太慢。這是由於壓縮空氣壓力過低或者沒有了，或者是傳動機構的阻力過大，而產生的。此時，應立刻停止噴鍍，重新折洗加潤滑油。但這只有在用壓縮空氣透平機輸送綫材的噴槍中才會產生的；

(3) 在噴鍍過程中火焰熄滅。這是氣體通路被污垢塞住，輸氣的膠皮管被壓扁或者氧氣和乙炔氣已經用完所致。這種情況往往還會引起回火和爆炸。其清除辦法是用汽油洗去污垢，清除輸氣管擠壓障礙，或重新更換氧氣和電石。

(4) 金屬噴鍍層不夠細，這是由於金屬綫材輸送速度太快或者乙炔氣、氧氣以及壓縮空氣壓力過低所致，應重新調節金屬綫材輸送速度和根據具體情況適當提高三種氣體壓力。

(5) 噴鍍時金屬綫材輸送運動中斷。這類故障的發生可能是金屬綫材有大的皺折所致。應把金屬綫材除去皺折，小心繞好放在綫材架上。

(6) 金屬綫材燒牢在噴嘴內。這可能由於：

- ① 氧氣過多，產生氧化性火焰。
- ② 金屬綫材輸送速度太慢或者有停止現象產生。
- ③ 金屬綫材皺折處很多，造成間斷輸送，輸送速度不均勻。

這時應根據上述原因，採取相對的改進措施，並將金屬綫材輸送導輪洗淨，把燒牢的金屬綫材取出。如果用鉗子拔不出來，可以用麻花鑽鑽掉，但必須注意不要損壞噴嘴孔。

(7) 產生回火和爆炸。噴嘴系統和氣門開關漏氣，污垢堵塞及氣體中含油太多，都能引起回火和爆炸。噴嘴系統或者金屬綫材導管部份，用了不適當的工具拆過，以及噴嘴導線孔與綫材直徑不適合，也同樣會引起回火和爆炸的。消除的方法是重新選擇與噴嘴導線孔相適應直徑的金屬綫材，調換濾清器中焦炭，羊毛和紗布，並用汽油洗去污垢，重換密封劑，即可排出故障。

### 勘 誤 表

期數	頁數	行 數	誤	正
5	6	右倒 2	難所……	難以……
5	6	右倒 6	但是先知……	但是光知……
5	7	左倒 10	$V_m = 80 \sim 100\%$	$V_m = 80 \sim 150\%$
5	7	右表中	<0.4%	<40%
5	8	右圖 1 中	400%	40%
8	1	8	力求少用鈔	力求少用錢