

金屬噴射法 塗料與塗法



法 射 噴 屬 金
法 塗 與 料 塗

目 錄

I、緒言	93-1
1. 定義 2. 歷史回顧 3. 發展可能性	
II、金屬噴射法之理論	93-3
III、金屬噴射法之設備	93-5
1. 噴射間 2. 射砂間 3. 熱氣 4. 氧氣 5. 壓縮空氣 6. 減壓閥 7. 射砂設備 8. 排氣機 9. 噴射金屬絲時之捲 絲設備 10. 用於噴射部份品之旋轉設備 11. 噴射金屬絲與噴射 金屬粉	
IV、金屬噴鎢	93-10
A. 用於融熔金屬之噴鎢	93-10
B. 用於金屬粉之噴鎢	93-10
1. 秀麗氏法 2. 柯爾莫諾氏法	
C. 金屬絲噴鎢	93-12
1. 煤氣加熱噴鎢及其最佳施工法 2. 電氣加熱噴鎢	
D. 附屬設備	93-23
1. 角隅噴嘴 2. 噴嘴延續管	
V、金屬噴射法	93-25
A. 待噴襯底之預先處理	93-25
1. 利用石英砂從事射砂工作 2. 利用剛砂從事射砂工作 3. 腐蝕 4. 利用機械使面粗糙之方法 5. 利用銀電極與電弧光使 面粗糙之方法 6. 黏附層與基礎層之噴射法	
B. 金屬層之施敷	93-27
1. 手工操作 2. 手工操作之噴射條件 3. 自動操作 4. 金	

屬噴射之效率 5. 噴鎔能力 6. 保護措施

C. 金屬層厚度之測定.....93-30

D. 金屬層之事後處理.....93-30

1. 機械方法 2. 熱學方法

VI、金屬噴射層之特性.....93-33

1. 組織 2. 密度 3. 緊密性與疏鬆度 4. 硬度 5. 附著
力(彎曲角度) 6. 耐磨強度 7. 皺縮現象

VII、金屬噴射法之應用範圍.....93-40

A. 機械製造廠中之應用.....93-40

1. 用以改良損壞部份品 2. 用以防止損壞

B. 以防銹為目的之應用場合，利用下列金屬噴射：.....93-43

1. 鋅 2. 鋁 3. 鎳 4. 鎳與耐酸鋼 5. 黃銅 6. 銅
7. 青銅 8. 錫 9. 鉛 10. 白合金

C. 非金屬材料之金屬加工.....93-45

D. 塑膠之火焰噴射法.....93-46

1. 根據秀麗氏系統 2. 根據「格麗斯漢」系統

E. 其他噴射法.....93-47

VIII、金屬噴射法之經濟價值.....93-47

1. 工料大小之影響 2. 噴射工作與塗刷工作之比較 3. 噴射
費用

IX、附錄.....93-50

I、緒言

1. 定義 「金屬噴射」一詞在工藝中多用於下列三種工作方法：

- a) 噴鑄法（壓鑄物），
- b) 噴壓法（流壓法或冷噴法），
- c) 此處所用之金屬噴射法。

為免誤解起見，上述三種方法有加要說明之必要：

a) 噴鑄法 將一種液態之工料經過噴嘴利用壓力壓入模型中，形成有名之「噴鑄物」，如今統稱「壓鑄物」。

b) 噴壓法 將冷工料在高壓下經過撞擊式之壓機，川流不息，完成一定形狀。製造喇叭管與鉢之類均用此法，如今多稱流壓法或冷噴法。

c) 金屬噴射法 將工料融化，經過壓縮空氣或非活潑氣體吹成細霧而施敷在另外物體上。此法可將鋼料，非貴重金屬與非金屬工料噴在金屬或非金屬襯底上。前二者統稱金屬噴射法，後者限於噴射塑膠與琉璃等。

2. 歷史的回顧 過去之金屬噴射法多用以製造金屬粉末，在1882年受DRP 24460專利保護（圖1）。法將具有高度張力之氣體或蒸汽自噴管中噴出時，將液體之金屬（僅指非貴重金屬）噴散而成粉末。十年以後，有DRP 86983專利問世。此一專利係為一套特別設備，如圖2所示，將金屬放在鍋中融熔，再用高度張力之蒸汽經過噴射作用將液體金屬噴成粉末。

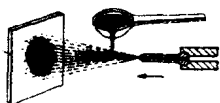


圖1. 融熔之金屬經過高張力氣體噴成粉末
專利編號為DRP 24460(1882)

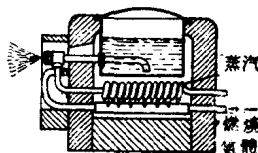


圖2. 製造金屬粉末之裝置專利編號為
DRP 86983(1892)

此外，尚有1899年之專利編號DRP 116798，此種裝置，如圖3所示。將液態金屬傾注於一塊旋轉中之圓盤上，此種液態金屬由於一種飛力之作用，形成極細微之金屬滴，沿圓盤四周向外擲入水桶中。

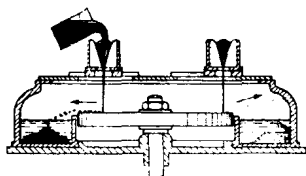


圖3. 利用液態金屬製造金屬粉末之裝置專利
編號為DRP 116798(1899)

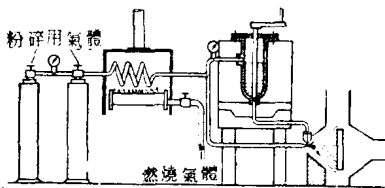


圖4. 第一座金屬噴射設備(1910)

德國工程師 Frang Her kenrath 與 Felin Mayer，瑞士工程師 M.u. Schoop，分頭試驗如何粉碎金屬，如何拋擲於牆上，以期獲得緊密層。初步試驗均用如圖4所示之裝置*。類似圖2所示之裝置。經過 Schoop 氏若干改進以後，可獲良好結果。此種利用液態金屬加工之裝置，其最大缺點為待施敷金屬之物體必須經過此種裝置，而使裝置搖動。拋擲冷的金屬粉末無法進行，因為單靠彈力不足以使金屬小顆粒形成一層黏附力強而緊密之覆面。如欲形成一層黏附力強而緊密之覆面，必須將金屬粉末事先加熱，或用熱氣拋擲。歷年來發展而得之裝置，多用流行之砂射原理與氣旋原理，如圖5所示。

如今所用之金屬粉末噴射裝置，幾乎全部採取後一原理。一部份壓縮空氣使金屬粉末旋轉，另一部份壓縮空氣則將金屬粉末吸取，經過火焰加熱，然後拋出。此法稱為金屬粉末噴射法。

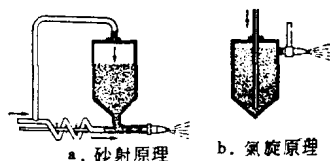


圖5. 金屬噴射法之典型描繪

研究發展繼續進行，可將工料加工形成絲狀，進入火焰中融化，然後利用壓縮空氣粉碎而拋出，結果甚佳，不但品質優良，而且處理方便，費用不大。此種金屬絲噴射法之應用時期甚長。最近又發展而得一種所謂金屬粉末噴射法。

如經費許可，最好利用不活潑氣體代替壓縮空氣，藉以減少氧化作用（利用保護氣體從事噴射工作）。

*參看 Schoop 與 Daeschle 二氏所著之金屬噴射技術手冊第三頁

3.發展可能性 金屬噴射法雖已應用四十年之久，而且仍在繼續不斷改良中，但其發展並未結束。在過去二十年中甚至可以噴鋼。德國可以供應硬度在 450 HB 以下之所有鋼絲。

金屬噴射法又引入化學工業中，作為防銹層之製造。最早製造防銹層者為噴鉛法與噴鋅法。在機械製造學中常有塑膠利用金屬加工者：也有利用塑膠本身比照金屬粉末噴射法噴射塑膠者。此法之優點在簡單而省錢，為工業界所周知。

II、金屬噴射法之理論

金屬噴射法在未完全明瞭其實際工作過程以前即已有人應用。過去有人認為實際之工作過程乃為金屬顆粒在凝固狀態中送到襯底上時，分佈金屬顆粒之動能轉變而成熱能，使顆粒在工作過程之瞬間成為可塑性，形成一層。此一理論不正確，可由工作過程中所需要之速度加以計算而證實之。

融化金屬顆粒所需要之能，可按下式求得：

$$\frac{p \cdot v^3}{2 \cdot 9.81 \cdot 427} = p [c(t_1 - t_2) + s]$$

此中：

p 為金屬顆粒之重量，單位為 g

v 為金屬顆粒之速度，單位為 m/sec

9.81 為地球加速度，m/sec²

427 為熱能與功之換算值：1 cal = 427 g·m 或 1 Kcal = 427 kg·m

c 為金屬之比熱，單位為 cal/g/°C

t_1 為金屬之融點，單位為 °C

t_2 為當時金屬顆粒之溫度，單位為 °C

s 為金屬之融化熱，單位為 cal/g

如當時金屬顆粒之溫度為 $t_2 = 70^\circ\text{C}$ ，則速度當為：

$$v = 91.5 \sqrt{c(t - 70) + s}$$

*參看 Arnold 氏著：金屬噴射法載應用化學雜誌 99(1917) 第 209 頁。

*參看 Schenk 氏著：關於金屬噴射法製成保護層之黏附力與密度，1933 年柏林出版。

此一公式可以求得下列各種金屬所需要之速度：

鉛 337 m/sec，鋅 763 m/sec，銅 1046 m/sec，錫 446 m/sec
鋁 1274 m/sec。

試驗所得之數據遠較上列數據為低，例如鋅之速度約為 140 m/sec 而已。

第二個理論謂金屬小顆粒係在冷卻後達到襯底，覆蓋層之形成乃歸因於彈性應力，是謂「冷卻成形」。此一理論，在 1920-30 年間甚囂塵上。反駁此一理論之事實為噴出之鐵粒飛出二公尺以後仍在發光，而且襯底在噴射時發熱。此外，經過光學儀器之測量，可以決定鐵粒在噴射時離開噴嘴 100 ... 200 mm 之距離以後，溫度仍有 1000°C 左右*。

第三個理論謂彈出小顆粒之溫度當在融點以上。此一理論，第一，與上述測定之結果相背；第二，金屬融化以後經過壓縮空氣立刻粉碎而又自火焰區域急速引出，金屬顆粒在此途中冷卻，其溫度不可能在融點以上。

最近建立之理論，認為金屬顆粒係在高溫與可塑性之狀態中彈在襯底上*。此一理論可有事實證明：將金屬顆粒燒入待噴之玻璃中，金屬之融點當在玻璃之軟化度之上。如果金屬顆粒噴在金屬襯底上，則雖在高熱狀態中，也不至變成合金，金屬顆粒也不至銲接，因為掠過金屬顆粒之壓縮氣體已將金屬顆粒在達到襯底以後，迅速降低溫度。此乃由於流動迅速之空氣具有高度熱傳導性所致。此種現象，稱為反跳效應。此可利用試驗證實。試將顆粒噴射在一種隔熱之襯底上，其冷卻之迅速不亞於噴射在導熱之襯底上。

另一證明乃為燃燒物質不可噴射，金屬也須低融點者。如果選用鐵為原料，須有較大距離，以免襯底燒焦。如果選用銅或銀為原料，須使顆粒極細，因為小的顆粒吸收熱量較少。

壓縮氣體在噴鎢至襯底間之過程中冷卻金屬顆粒甚微，因為壓縮空氣與金屬顆粒係以同一速度前進，缺乏相關移動，而且由於噴射距離（噴嘴與工料間之距離）不大，金屬顆粒之飛躍時間極短。以鋅為例，噴射距離為 200 mm 時，飛躍時間僅為 0.0014 秒**，但須加以說明：壓縮空氣在噴嘴附近之溫度較高。

有人認為金屬顆粒受空氣磨擦影響，多呈流線型進行**，但僅在金屬

*參看 Thormann 氏著：金屬噴射法之研究，1933 年在 Karlsruhe 大學。

*參看 Arnold 氏著：金屬噴射法，載於應用化學 99 (1917) 第 209 頁。

*參看 Reiniger 氏著：金屬噴射層之特徵載冶金學 (1933) 第 42 頁。

顆粒呈液體狀態經過靜止之空氣時有此情形；或在金屬顆粒進行速度大於周圍空氣之速度時有此情形。所以金屬顆粒在噴射時不至於變更型態。金屬顆粒視所噴金屬之種類不同而有不規則型態（例如鋅），有時為圓型（例如銅）。經過特殊試驗，可以證明此一假定。

可塑性之金屬顆粒由於反跳的結果，侵入襯底之不平處而被夾住，以後噴出之金屬顆粒又被以前噴出而被夾住之金屬顆粒夾住。此種黏附情形僅是機械性的，而非銲接。噴出之顆粒上下黏附只是因為夾住關係。顆粒與顆粒之間包含氧化物與無數細孔（圖6）。此種氧化物係由過熱金屬與空氣接觸而發生。如用中性火焰或還原火焰操作時，氧化作用甚微，而且金屬顆粒自融化至被反跳之時間僅為 $1/1000$ 至 $2/1000$ 秒左右。操作時如用過量氧氣，則氧化作用進行迅速，金屬噴射而成之一層無甚用處。輕金屬可用過量煤氣噴射，銅及其合金可用過量氧氣噴射，氧化物將作精細分佈而成巢狀結構。關於氧化物所形成之結構對於金屬噴射層之特性有何影響，當在噴射層之特性一章（第六章）詳予說明。

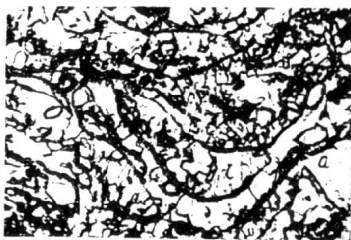


圖6. 噴成鋅層之顆粒，氧化物與細孔。

放大倍數 = 500

a. 氧化物 b. 金屬顆粒 c. 細孔

III、金屬噴射法之設備

1. 噴射間 噴射金屬時，由於金屬塵埃與金屬蒸汽之發生，需要通風良好之特製房間，房間大小視待噴物件之大小而定。下述設備不可或缺（圖7）：一間噴射間，備有排除細粉之通風機，乙炔、氧氣與壓縮空氣之接頭以及旋轉待噴物件之旋轉設備。如噴金屬絲，可裝一個捲絲車，使金屬絲順利運行。

2. 射砂間 金屬噴射以前之表面，事先多用射砂法處理。由於砂粒與塵埃之飛揚，需要一個特別房間。房間四壁最好敷以鐵板或橡皮板。底部利用格

子架製成，以使用後之砂粒下落而收集再用。此外，尚需一座三馬力之通風機

3.熱氣 舊式之金屬噴射設備多用氫/氧或燈用煤氣/氧之火焰；也有利用銲接所用之乙炔/氧火焰者，乙炔瓶裝；也有利用電石自行發生乙炔者。用於銲接工作之乙炔發生器有各種不同之構造，請參看本叢書第十三冊，此處不復贅述。用於金屬噴射工作之乙炔發生器，乙炔壓力至少 1.5 atu ，稱為高壓發生器。壓力必須保持一定，否則，金屬噴射之結果不堪設想。最好利用瓶裝乙炔，利用減壓閥將壓力始終保持在 1.5 atu 。

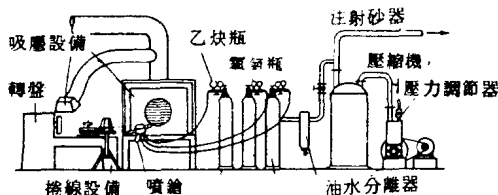


圖 7. 金屬噴射設備之典型描繪。

乙炔有爆炸危險，故在噴鎗出口之壓力不可超出 1.5 atu 。

在若干場合也有利用丙烷/氧之火焰者。丙烷之供應比較方便。

4.氧氣 氧氣在製造廠裝入鋼瓶。供應大用戶時，多先液化而盛入槽中，以便運輸。利用特製之氣化器，使成液體狀態，經過導管或裝入鋼瓶中，送至工作地點。氧氣純度必須與用在銲接場合相同。利用一個減壓閥，將壓力保持在某一需要大小，一如乙炔。

5.壓縮空氣 壓縮空氣在金屬噴射操作與射砂操作均有需要。準確之耗用量視所用設備之種類而有異，又視噴鎗中之金屬絲是否利用壓縮空氣渦輪機抑或電動馬達所推動而有異。一般情形，每支噴鎗所耗用之壓縮空氣約為 $40 \text{ m}^3/\text{h}$ ，每個射砂器所耗用之壓縮空氣至少 $100 \text{ m}^3/\text{h}$ 。操作壓力應在 6 atu 。由此等數字看來，壓縮空氣不能不裝在鋼瓶中以供使用，因為一個鋼瓶之壓力如達 150 atu ，僅能裝 6 m^3 壓縮空氣，壓縮空氣必須經過壓縮機產生。活塞壓縮機與渦輪壓縮機同樣適用。

壓縮空氣之壓力經過減壓閥減至工作壓力，必須保持不變，而且不得含有油與水。因此，在壓縮空氣之引導途中必須裝有一個氣室，其大小至少可以容納500呎空氣，藉以消除壓力之波動，而且裝置油與水之分離器，藉以純化空氣。

6. 減壓閥 減壓閥對於噴鎗工作之結果甚為重要。欲獲良好之噴射層，上述之壓力必須保持穩定，壓力如不穩定而有波動，則影響火焰組合，進而影響噴射層之特性。此外，需要一個流體壓力計，可以指出實際壓力，以免火焰在燃點噴鎗時發生回擊現象。老式之噴鎗根據常壓系統，新式之噴鎗則根據注射系統。此處兩種氣體工作壓力不等，氧氣壓力較煤氣壓力為高。

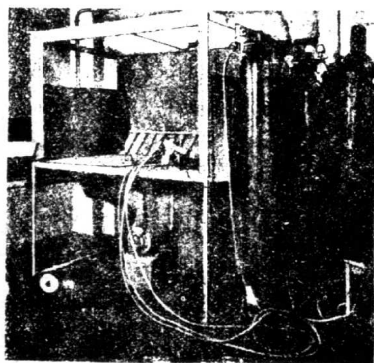


圖 8. 金屬噴射法之噴射層

閥如不良，或流體壓力計如不精密，勢必引起噴鎗失靈，且有其他惡劣後果。因此，必須特別注意閥之品質，不可專購便宜貨而貪小失大。噴鎗製造廠商常常自行提供所需要之閥，或介紹可靠之製閥廠商。

7. 射砂設備 射砂法之目的係將表面變粗，須有適當設備。設備之大小與式樣（自由放射器或鼓式旋轉器）與待射之部份品有關。如為大件部份品利用自由放射器為宜，如為小件部份品，則以鼓式旋轉器即可。

射砂器（自由放射器）係按壓力系統操作，將一部份壓縮空氣引入貯砂器中，壓在砂上。大部份壓縮空氣則通過砂之出口，將砂經過注射作用而引出（圖 5 a）。

噴嘴之工作時間至少為500…700小時，始能使空氣流與砂流維持均勻

所用砂之種類與顆粒大小，將在預先處理一章（第五章A）加以說明。

8. 排氣機 排氣機在金屬噴射工場中用以排除砂粉與金屬粉。排氣機最好有兩個。一個較強，約為3馬力，用在射砂間；一個較弱，約為2馬力，用在金屬噴射間。

噴射小件部份品時，可用一間三面封閉之噴射櫥*，連接固定之排氣機（圖8）。第四面則懸掛簾子。噴射大件時，利用可以移動而且可以抽拉之吸管，可以直接在噴射部位排氣（圖7）。在噴射間吸住之金屬粉在濾粉器中獲得而再利用。此種吸管特別適用於貴重金屬粉噴射設備。

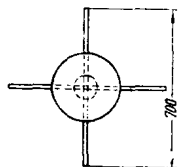
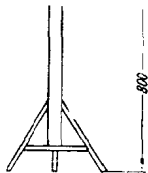


圖9. 利用垂直軸製成之捲線設備

9. 捲絲設備 為免噴射金屬絲之相互纏繞

與折斷而且可使

噴成之金屬絲連

續輸送起見，必

須使用捲絲設備

。此種捲絲設備

或由一個錐形鼓

與垂直軸製成，

如圖9所示；或

由一個筒狀輥子

與平行軸及四壁

形成，如圖10

所示。錐形鼓必

須易於轉動，金

屬絲當可捲動自如。捲絲設備可視操作境遇自行設計。

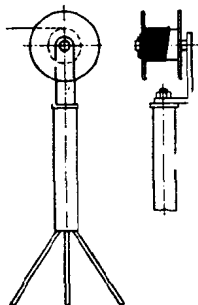


圖10. 利用平行軸製成之捲線設備

10. 用於噴射部份品之旋轉設備 如欲平均噴射筒狀部份品，必須利用旋轉設備。例如舊式之鑽床，除有良好之分段速度以外，並有固定噴鎗於工作之大優點。同時利用垂直與平行之旋轉設備，甚為方便，如圖11所示。垂

*參看 Fritz 氏著：銲接用之放射與噴射聯合機 載機械與工具雜誌（1951）第22/23期。

直之紡錘利用一個簡單之皮帶輪傳動。

11. 噴射金屬絲與噴射金屬粉 凡可形成絲狀之金屬均可利用金屬絲噴鎗噴出。最有用之金屬絲，其直徑多在 1 與 3 mm 之間。最常用之金屬絲直徑為 2 mm。為使金屬絲之推動均勻而穩定，金屬絲之直徑必須十分準確，而且不可有鐵銹與油脂存在。最基本之條件為噴射金屬絲必須具有足夠之硬度，耐磨力或耐銹力。良好之噴射金屬絲 * 可由著名之金屬絲工廠與噴鎗製造廠商供應。

表 1. 噴射法常用金屬之比重與融點

工 料	比 重 g/cm^3	融 點 $^{\circ}C$
鋼	約 8.0	1350-1450
銅	8.93	1083
青銅	約 8.7	900-1000
黃銅	約 8.5	900-1000
鋁	2.7	658
鋅	7.13	420
鉛	11.34	327
錫	7.28	232

噴射法所用之金屬粉或塑膠粉必須極細。原料金屬粉愈細，噴成之表面也愈細。原料有金屬與非金屬兩種。用於金屬噴射法之成絲金屬，如表 1 所

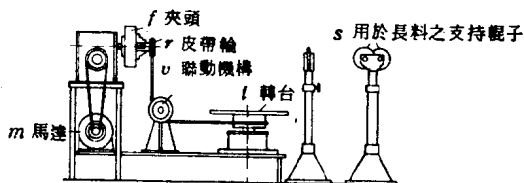


圖 11. 利用垂直軸與平行軸之旋轉設備

*參看 Fritz 氏著：關於金屬絲之噴射，載金屬線世界 (1951) 第 11 期。

示，包括其比重與融點。

除表列各種原料外，尚有不少合金也可應用。

IV、金屬噴鎗。

A、用於融熔金屬之噴鎗

用於噴射融熔金屬之噴鎗，類似油漆之噴鎗。融熔之金屬盛於一個罐中，利用壓縮空氣將融熔金屬噴出。此種方法由於處理困難，如今已不再應用。

B、用於金屬粉之噴鎗

用於金屬粉之噴鎗金屬技術之次一發展（圖 12）。在德國尚未普遍應用，但在英國、美國及其他國家則有應用。用於噴射塑膠粉之噴鎗發展在德國 Frankfurt 城 Krielteler 街之 Griesogen, 以及 Neuffen 與 Neuenrade 兩地之 Biel, Elisental 工作協會，漢堡之 Roland Fienemann, 均有發明。利用噴粉法時，噴嘴藉著壓縮空氣將金屬或非金屬粉末噴出。粉末離開噴嘴時為煤氣與氧氣之火焰融化，並由壓縮空氣之力量，拋擲於待噴物之襯底上。

粉末噴鎗之優點為利用同一噴鎗可以噴射所有金屬，甚至塑膠。利用大噴嘴可以噴射大面積，在單位時間內可以噴射大量金屬。

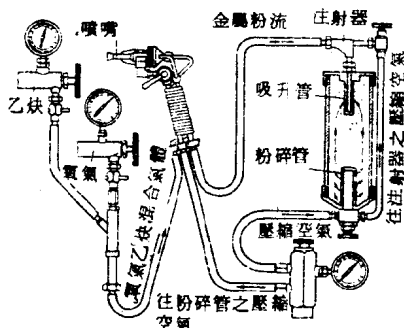


圖 12. Schoop 氏之金屬噴射設備

*參看 Fritz 氏著：新式噴鎗及其利用載工業指導（1951）第83期。

利用粉末噴鎗之不安全性，多因操作人員不能保證金屬粉經過火焰確實熔融。噴鎗操作不良，金屬粉雖然經過火焰，但不能熔融，僅能軟化，或甚至僅能加熱而已。如是則自然影響噴射層之品質。另一方面，金屬粉如果經過太強之火焰，則有氧化之可能。如是對噴射層之品質也有不良影響。前一錯誤多由高融點之金屬引起，後一錯誤則由低融點之金屬引起。是以必須嚴格遵守噴射條件。

1. 秀麗氏法 秀麗氏之粉末噴射法所用原料為顆粒極細之金屬粉。裝在一個盛器中，盛器類似砂鐘（譯者註：砂鐘用以計算煮蛋時間，至砂落盡時蛋即煮熟）。利用一個壓縮空氣操作之震動器，保證盛器內部金屬粉之充分混合。



圖 13. 秀麗氏之金屬粉噴鎗

圖 13 所示，為噴鎗利用氧氣與乙炔或丙烷或燈用煤氣之情形。進入噴鎗之壓縮空氣，一部份經過環狀噴嘴從事冷卻工作，一部份經過一個注射器。此注射器與粉末盛器連接。但此連接由於噴鎗之鑽孔而中斷。因此，在操作時壓縮空氣經過鑽孔而引入外界空氣，如果操作人員利用大拇指閉住鑽孔，則壓縮空氣將吸取金屬粉末經過注射器。金屬粉末再由壓縮空氣引出，經過環狀火焰，在此過程中加熱而至金屬之融點，最後，壓縮空氣將熔融之金屬粉末均勻拋擲於待噴物件之機底上。利用秀麗氏法可將任何金屬加熱至融點 1600° 而噴出（表 2）。利用秀麗氏法噴射塑膠，容後詳述。

2. 柯爾莫諾氏法 * 此法發展在美國，為金屬噴射與銲接之聯合法，可將

* 僅指銲而言

表 2. 考麗氏法中火焰調節與金屬粉末噴鎗之消耗量及噴射能力一覽表

工 料	乙 炔 壓 力	氧 壓 力	壓 空 氣 力	耗 量 *			噴 射 能 力		
	atü	atü	atü	乙 炔	氧 氣	壓 縮 空 氣	噴 射 厚 度	噴 射 面 積	噴 射 時 間
				m ³ /h	m ³ /h	m ³ /h	mm	cm ² /h	min
鐵 鐵	0.42	2.1	0.7 ... 1	-	-	-	3.3	1.2	50
鋼	0.42	2.1	0.7 ... 1	-	-	-	3.3	1.2	50
銀	0.42	2.1	0.7 ... 1	-	-	-	3.3	1.2	50
銅	0.42	2.1	1.0	-	-	-	3.4	1.3	46
青 銅	0.42	2.1	1.0	-	-	-	3.4	1.3	46
黃 銅	0.42	2.1	1.0	-	-	-	3.4	1.3	46
鉛及其合金	0.42	2.1	1.4 ... 2.1	-	-	-	2.9	8.0	7.5
鋅	0.42	2.1	2.8 ... 3.5	1.3	1.4	26	10.0	10.0	6
錫	0.35	1.4 ... 1.7	3.5 ... 4.2	-	-	-	9.5	9.0	6.6
鉛	0.35	1.4	3.5 ... 4.2	-	-	-	11.0	6.5	9.1

不同之金屬工料噴成一種特別堅硬之合金(表 3)，厚度可達 2 mm。此種堅硬合金擴散在黏附襯底上，具有特大硬度(35 ... 62 洛氏硬度或 335 ... 620 kg/mm² 勃氏硬度)，而且具有高度防銹性能。延展係數與沃斯田鋼相同。此法計有三個工作過程：

1. 預先處理：加酸，使表面有適當之粗糙。
2. 噴射：凡在融化時由於容積收縮而引起裂痕之場合，可用此法而避免。噴射厚度不可大於 2 mm。
3. 融化而擴散：處理溫度為 1000 ... 1150°C。

襯底工料之融點必須超過 1200°C。在柯氏合金融化時，並不形成液狀，而係形成麵狀，並有高度可塑性。如此，可以避免滴落現象。噴射層經此三步工作過程以後，再加粗磨即行完成。

C、金屬絲噴鎗

* 由美國 Detroit 之 Walt-Colmonony 公司發展而得。

表 3. 最常用柯爾莫諾合金之重要數據 *

粉末 編號	洛氏 硬度	比重	融點 °C	大概組成%				加工 方法
				Ni	Cr	Be	Fe + C + Si 最高值	
6	56--62	7,8	1050	65--75	13--20	2,75--4,75	10	僅經粗磨
5	45--50	8,02	1093	71--81	10--17	2--4	9	硬金屬工具
4	35--40	8,22	1150	75--85	8--14	2--3	8	"

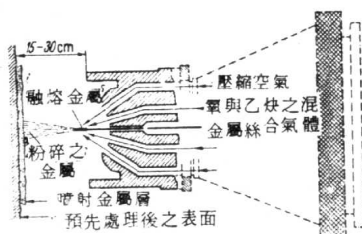


圖 14. 煤氣加熱金屬絲噴鎗之噴射系統

1. 煤氣加熱噴鎗及其最佳施工法 金屬粉末噴射工具繼續發展而得金屬絲噴鎗。此種噴鎗所用之工料為絲狀金屬。利用一個壓縮空氣渦輪，一個電動馬達或再加一套可曲性軸，即傳動鑲邊之輥子。此等輥子夾住金屬絲，使金屬絲通過噴鎗。金屬絲離開噴鎗之噴嘴時，受火焰高溫而融化，繼而為壓縮空氣吹碎而投擲於襯底上（圖 14）。金屬粉噴鎗之缺點不復存在，噴出均勻。但如金屬絲前進過速，則金屬絲融化不全，離開火焰後仍為金屬絲。因此，最近發展而得一種及時輸送金屬絲之設備。

金屬絲經過噴鎗時如果進行過於緩慢，則金屬絲到達火焰立刻融化而粉碎。金屬絲之進行無論過速過慢，均將減少噴射之金屬量。金屬絲噴鎗對於噴射層之品質，雖有不理想處，但其危險程度並不太大，因為金屬已經徹底融化，噴射層甚為堅實。噴鎗必須安排妥當，務使金屬絲之前進速度均勻，而且在噴嘴前 2...3 mm 處開始融化。金屬絲噴鎗之缺點為其噴射能力受金

* 看看 Reiniger 氏著：噴鍍新法，載金屬表面 4（1950）第 7 期。