

## 第三章、金屬製品製造業(螺絲業)

金屬製品製造業之特定製程範圍為從事有、無螺紋製品之緊固件製造如銷、釘、鉚釘、螺帽、螺栓、螺絲、螺旋、螺旋圈、墊圈(華司)等製造之成型、搓牙、熱處理、表面處理等製程。

### 第一節 產業特性介紹

台灣螺絲工業的崛起，大約是在第二次世界大戰以後，初期主要為內銷。越戰期間，因美援指定在台灣採購，才開啟螺絲業發展新契機；再加上當時政府積極推動十大建設，對鋼鐵周邊產品需求提高，因此造就了今日蓬勃發展。台灣產製的螺絲已遍佈全球，若以出口噸數來看，幾乎是地球上有人地方，就有台灣產製螺絲出現，因此台灣可說是世界第一「螺絲供應王國」。

螺絲產業目前主要分布在南部地區，從中鋼公司進而促使占有地利之便的岡山地區一躍成為台灣螺絲產業重鎮，更成為當地所獨有的特產。螺絲業雖不算是尖端科技工業，但其產品涵蓋機械、土木、建築、電子、汽車、電機……等產業，是不可或缺的基本零件，最小的使用在 IC 晶片上，最大的則運用於一般航空機上，而且工業化程度愈高的國家，對螺絲類產品的需求量也愈高。

螺絲螺帽主要出口國家為美、德、日、加、英、澳、香港等國，其中美國是台灣螺絲的主要出口國，約占螺絲類產品市場總出口量的 50% 以上。這也是台灣螺絲產業在面臨東南亞、中國等新興經濟體系的勞力競爭下，至今仍能屹立於國際競爭舞台的原因。未來政府及螺絲公會還要透過企業分工互補的產業網絡，充分應用有限資源，全心專研核心技術，促進整個螺絲產業的技術更進步，開創永續經營的「螺絲寶島」。

螺絲生產製程主要包括球化退火、酸洗及皮膜處理、抽線、成型、搓牙、清理油及屑、熱處理、及表面處理、包裝等，其詳細製程如下(註 1)。

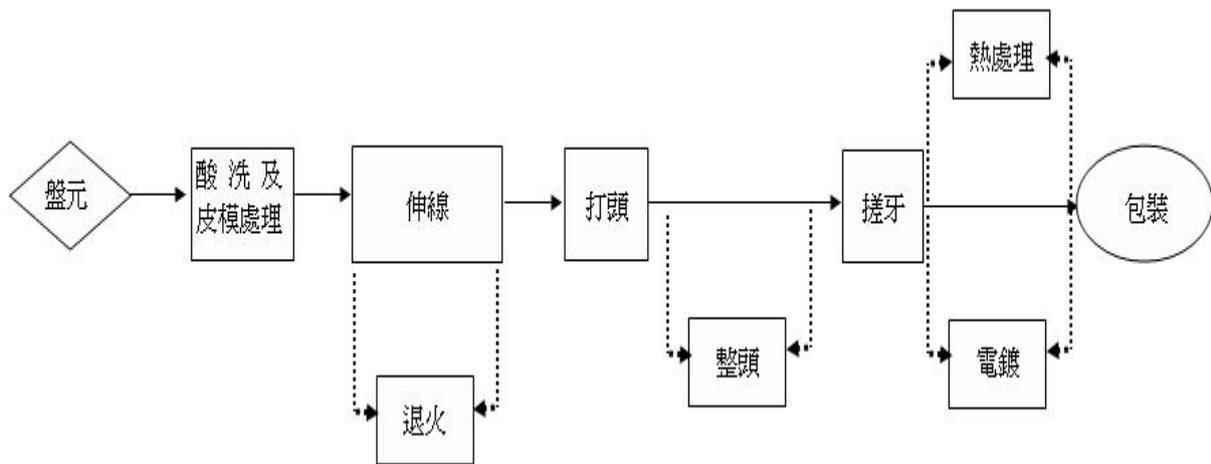


圖3.1 螺絲螺帽生產製程

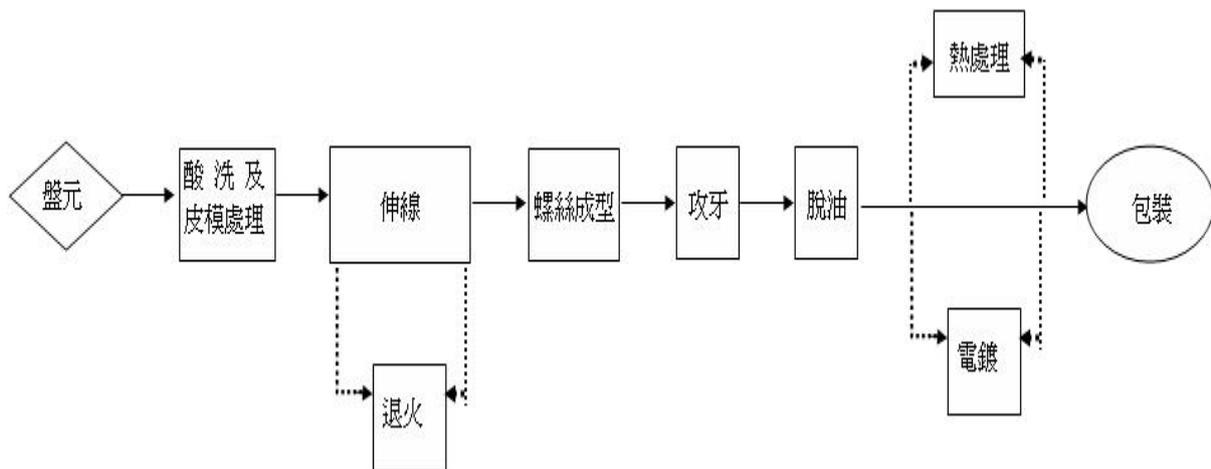


圖3.2 螺絲生產製程

1. 退火：

退火係指將鋼料加熱至適當溫度後，持溫一段時間再緩慢冷卻（爐冷），使內部應力消除、組織均勻化、碳化物之球狀化及鋼材之軟化。

2. 酸洗及皮膜處理：

冷鍛成型的線材在冷鍛前應經潤滑處理，以減少模具與線材間之摩擦力。一般利用磷酸鹽與線材起化學作用，使線材表面生一層磷酸鹽皮膜，此薄膜即有潤滑能力。經磷酸鹽薄膜處理後之線材在冷鍛成型等加工過程中，可防止線材與模具間之直接接觸磨擦而減少擦傷，且可提高品質及維護生產安定性。

3. 抽線：

經前處理（球化退火或磷酸鹽皮膜處理）之線材經抽線機的眼模孔

抽出，抽成均勻的線徑。在抽線過程中會使用潤滑粉以增加潤滑。

#### 4. 成型：

藉成型機械以衝擊及擠壓的方式，將線材壓造成所要求的螺絲形狀，此過程利用冷間鍛造（即以室溫鍛造），故亦稱鍛造成型。成型過程中因以衝擊與擠壓方式利用模具將線材擠壓成型，造成模具與線材溫度上升，故在此過程中須使用金屬加工用油以降低機械溫度，延長機械使用壽命。

#### 5. 搓牙：

螺絲成型後必須切削螺絲的螺紋，利用搓牙機械上帶有牙紋之牙板來壓出螺紋，此過程稱為搓牙。此過程中須使用金屬加工用油以降低其溫度、防止其磨損、保持牙板銳利避免其切削能力下降、延長機械使用壽命。

#### 6. 脫油：

清理油、屑搓牙後的螺絲附著切屑和金屬加工用油，所以要等其自然乾燥後用篩除用具將切屑與螺絲分離。

#### 7. 熱處理：

螺絲搓牙完成後，要發揮其性能（如硬度、耐磨耗性或韌性等），須經熱處理來調整。即將螺絲施以適當的加熱與冷卻，使其組織改變，而獲得所需要的性能。熱處理會經三步驟：(a) 淬火：將螺絲加熱至熱處理溫度（約850~1300°C）後，將之放入淬火油中急速冷卻，以提高硬度及耐磨耗性。(b) 退火：使螺絲緩慢冷卻至室溫。(c) 回火：因淬火後之螺絲，非常脆，易龜裂，故需經回火處理。回火是將螺絲加熱到熱處理溫度（約650~1500°C），將之放入回火油中急速冷卻，保溫後冷卻至室溫，可降低脆性及內應力、增加韌性及穩定尺寸。回火溫度愈高時，硬度愈低而韌性愈大，故需配合所要求之硬度或韌性來選用適當的回火溫度。

#### 8. 表面處理：

指為了增加美觀或防銹，而進行研磨、脫銹、脫脂、鍍金、陽極氧化、金屬著色、或塗裝等表面處理。



圖 3.3 製作螺絲的線材



圖 3.4 製作螺絲的成型機



圖3.5 未密閉之搓牙機械



圖3.6 密閉之搓牙機械

## 第二節 潛在危害分析及預防對策

### 一、金屬製品製造業之潛在危害分析如下：

螺絲、螺帽製作過程之原料線材切斷、螺絲打頭與螺帽成型衝模及螺絲輾牙等製程所使用之生產機具，以打頭機、輾牙機、組合成型機為主，故主要危害特性為與高溫接觸、與有害物接觸、被切割擦傷、被夾被捲、衝撞、油氣、噪音、粉塵；其他機械如堆高機、固定式起重機、交流電銲機之危害特性則為被撞、物體飛落、感電等；茲說明油霧滴及噪音如下。

#### (一)油霧滴與多環芳香烴碳氫化合物(PAHS)危害及預防對策：

螺絲製造業使用金屬加工用油相當多，金屬加工用油分三種等級：1. 純礦物油：只有礦物油而未含水。2. 溶解性礦物油（乳化狀的油）：有礦物油及水。3. 合成油：未含礦物油，但包括抗腐蝕劑、極壓添加劑、抗泡沫劑、著色劑及殺菌劑。純礦物油有高的潤滑特性但是冷卻效果較差。溶解性礦物油和合成油廣泛的被當作冷卻劑，在同樣的時間也能提供潤滑。純礦物油在二十世紀前期被廣泛使用，在1950年代許多工廠用溶解性礦物油取代純礦物油，現在還是普遍使用溶解性礦物油。通常可分為非水溶性與水溶性兩大類。前者用於切削及輪磨加工時，不須加水稀釋為一定濃度，而後者則有此必要。(註2)

### 二、以上所述之危害分析彙整如下表：

| 金屬製品製造業主要危害分析表 |                         |  |
|----------------|-------------------------|--|
| 作業別            | 危害來源                    | 危害種類   |
| 盤元             | 1. 堆高機、起重機<br>2. 盤元     | 1. 機械撞擊<br>2. 物體倒塌、物體飛落                        |
| 酸洗及皮膜處理        | 1. 起重機、酸洗機<br>2. 酸洗液、盤元 | 1. 機械撞擊<br>2. 酸洗時發生人員吸入或接觸酸洗液之酸氣（液）<br>3. 感電危害 |
| 伸線             | 1. 拉伸機<br>2. 盤元         | 1. 機械撞擊、夾捲<br>2. 噪音、高溫危害                       |

|     |                          |                             |
|-----|--------------------------|-----------------------------|
| 退火  | 1. 堆高機、起重機、退火機<br>2. 盤元  | 1. 機械撞擊<br>2. 高溫、熱危害        |
| 打頭  | 1. 打頭機、堆高機、起重機<br>2. 螺絲帽 | 1. 機械撞擊<br>2. 噪音危害          |
| 整頭  | 1. 起重機、研磨機<br>2. 螺絲帽     | 1. 機械撞擊<br>2. 粉塵、噪音危害       |
| 搓牙  | 1. 起重機、搓牙機<br>2. 螺絲帽     | 1. 機械撞擊<br>2. 噪音危害          |
| 熱處理 | 1. 熱處理機、起重機<br>2. 螺絲帽    | 1. 機械撞擊<br>2. 高溫、熱危害        |
| 電鍍  | 1. 起重機、電鍍池<br>2. 螺絲帽     | 1. 機械撞擊<br>2. 作業人員吸入或接觸電鍍酸氣 |
| 包裝  | 1. 堆高機、起重機、包裝機<br>2. 成品  | 1. 機械撞擊<br>2. 人因工程危害        |
| 出貨  | 1. 堆高機、起重機<br>2. 成品      | 1. 機械撞擊<br>2. 成品物體倒塌        |

由於工作母機需使用大量切削油作為潤滑與降溫介質，故造成油霧逸散，金屬加工用油有油霧滴與多環芳香烴碳氫化合物(PAHS)危害：

1. 油霧滴的危害：流行病學及動物實驗研究證明油霧滴經由呼吸道吸入可能造成氣喘、喉癌、支氣管炎、肺功能降低、肺炎、肺癌、胃癌、直腸癌、前列腺癌、胰癌及膀胱癌。各國油霧滴暴露之標準值，可發現所列舉之單位均設定其八小時日時量平均限值為 $3-5 \text{ mg/m}^3$  之間，但僅有美國勞工安全衛生研究所、英國安全衛生署及我國訂定短時間暴露限值（均為 $10 \text{ mg/m}^3$ ）。
2. 多環芳香烴碳氫化合物之危害：金屬加工用油中的礦物油有著複雜的成分，天然礦物油用高沸點去蒸餾，會產生致癌的多環芳香烴碳氫化合物 Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAHs)。PAHs 係指碳氫化合物在不完全燃燒條件下，所產生具多環分子結構之化合物，即指兩個

或兩個以上苯環互相鍵結所形成的碳氫化合物，是一種混合物。PAHs 蒸氣壓介於 $10^{-4}$  ~  $10^{-11}$  mmHg 之間，與一般化學物之蒸氣壓比較，在室溫下屬於半揮發性有機化合物 (Semi-Volatile Organic Compounds, SVOCs)，且其揮發性係隨著分子量之增加而降低，因其分子量較大，故PAHs 具有高熔點及高沸點之特性，通常分子量較低之PAHs 以氣相存在，伴隨分子量增加其在固相之比例隨之增加。在大氣中，即使相同分子量之PAHs，其在結構上亦具有多種同分異構物，PAHs 之危害特性乃PAHs 經由呼吸道吸入時，氣相PAHs 對人體而言可直接到達肺泡而進入人體中，固相PAHs 隨著所吸附的微粒特性，對人體有不同的作用；大粒徑者，在上呼吸道即被排出；小粒徑者 ( $<10\mu\text{m}$ )，由於布朗運動之作用，易沈積於肺泡中，無法以纖毛作用去除之，唯有靠巨噬細胞吞食，再由循環系統除去，相對增加人體對於PAHs 吸收的效率與對人體的危害作用。PAHs 本身並不具備直接之致癌性及致突變性，需經過生物組織的代謝轉化才能產生致癌性與致突變性。流行病學研究證明PAHs 經由呼吸道吸入時會造成氣喘、支氣管炎、肺癌。動物實驗發現PAHs 中具致癌性者，以含4~7 環之PAHs 為最主要物種，其致癌性強度又以BaP( Benzo(a)pyrene ) 最具代表性，事實上目前仍欠缺人體試驗資料。

可能暴露於油霧滴與PAHs 的作業人員由螺絲製造過程發現僅成型（使用特級循環機油）、搓牙（使用通用機油及柴油）及熱處理（使用淬火油及回火油）等三個製程使用金屬加工用油，故此三個製程勞工可能暴露到油霧滴及PAHs。(註3)

目前國內具有線材軟化與表面處理程序之工廠為數不多，僅少數幾家較具規模之公司具有此製程，多數工廠均購買經處理後之線材，進行螺絲、螺帽加工製作程序。而其熱處理程序也大多數委託專業熱處理廠商處理之，再送回包裝即為其成品。



圖 3.7 螺絲打頭機油霧污染源



圖 3.8 螺絲軋牙機油霧污染源



圖 3.9 螺帽成型機油霧污染源



圖 3.10 螺絲打頭機油霧污染源

## 二、油霧滴與多環芳香烴碳氫化合物(PAHS)危害之預防對策：

有關螺絲製造業危害防範，其機械及其處理之共同安全衛生事項請參考附錄一，此外尚需注意高溫、噪音、粉塵、及感電的預防。

另對於暴露於油霧滴與PAHs的防範可依下列所述之管理方式進行危害

控制，其管理方式可分為工程管理、健康管理及行政管理等三種。

1. 工程管理：即利用工程方法來控制危害，包括：

- (1) 取代：可選擇無礦物油成分或礦物油成分少的金屬加工用油，來代替含礦物油成分的金屬加工用油。
- (2) 密閉：藉機械化或自動化使勞工免於接觸有害物；例如將成型及搓牙機械置於密閉的空間，使勞工無法直接暴露到油霧滴與PAHs。
- (3) 廠房之設計：藉整體換氣裝置控制油霧滴及PAHs 時，應設計使油霧滴及PAHs 在排出時不經過勞工作業位置（或呼吸帶），以有效減低勞工之暴露。
- (4) 整體換氣：藉不斷引進足量的新鮮空氣，使油霧滴及PAHs 能及時排除或予以稀釋，以確保作業環境內的油霧滴及PAHs 不超過標準值。
- (5) 局部排氣：利用氣罩將油霧滴與PAHs 於以捕捉，再經導管、空氣清淨裝置等加以處理排除，以減低勞工暴露量。

2. 健康管理：實施方法包括：勞工健康教育及健康管理分級。勞工健康教育方面，係指為促使勞工養成合乎安全和衛生的工作習慣，故其教育內容包括如何正確使用防護具、教導使用正確作業步驟、養成良好個人衛生習慣（不要在工作場所中飲食）。另就健康管理分級而言，係針對新聘勞工實施體格檢查，以分配勞工到適合其身體狀況的環境工作。

3. 行政管理：當作業環境中的危害因素若因技術或經濟因素，致未能採用合適之工程管理方法來減低勞工的暴露量至標準值時；或經由各種健康檢查發現勞工已有健康危害情形發生時，此時需採用行政管理予以補救，包括輪換勞工所擔任的工作、永久或暫時的調任至其他工作、使用個人防護具等。因此可進行搓牙及成型製程勞工與熱處理製程勞工之工作職務輪替，避免搓牙與成型製程勞工長期高濃度暴露油霧滴與PAHs，並提供勞工適合的個人防護具，包括防毒面具或防塵面具。

1. 廢氣收集

螺絲製程產生油霧之主要污染源為打頭機及輓牙機，依據現場操作特性提供改善建議，可設計一具有覆蓋功能之可掀式集氣罩收集，而集氣管

則可選擇可撓管材質，以方便其氣罩集氣操作。

## 2. 油霧廢氣之處理

打頭、輾牙過程所逸散之油霧廢氣具有黏稠之特性，要有效處理此類廢氣，可採用低電壓靜電集塵機控制設備處理之。



圖 3.11 打頭機裝置密閉氣罩



圖 3.12 製程收集之油霧送往低電壓靜電集塵機處理



圖 3.13 打頭機裝置密閉氣罩



圖 3.14 將收集後之油霧廢氣、導入裝有過濾裝置之吸油設備處理



圖 3.15 利用設有可撓管之集氣罩以收集打頭時所產生之油霧



圖 3.16 利用設有可撓管之集氣罩以收集軋牙時所產生之油霧



圖 3.17 夾尾機之局部排氣裝置

### (一) 噪音危害及其預防對策

目前國內螺絲製造業的現場噪音常高達95dBA，以每日工作八小時計，整個工作日的噪音暴露劑量達200%，已超過安全標準。雖然許多公司分別採取多項補救措施，但仍無法降低螺絲自動化生產設備產生的噪音。常見的方式大都僅能向員工宣導噪音對人體的危害，並介紹護具的使用方法，希望藉由消極的防護措施，保護工作人員的安全。

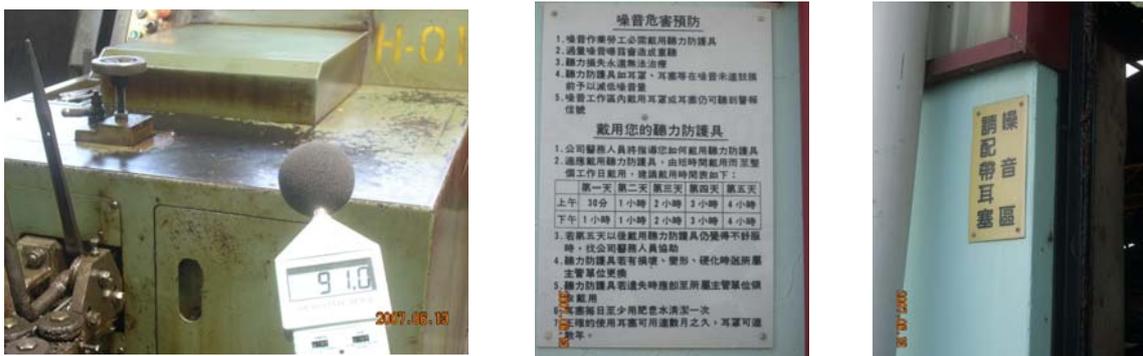


圖 3.18 噪音量測及其危害預防標示

螺絲生產設備一般分為打頭、軋牙與絞尾等步驟，應針對生產設備中打頭機及軋牙機的噪音進行工程改善，其噪音類型及改善如下所述。

#### 1. 打頭：

擷取適當長度的鋼線，並在鋼線的一端衝擊出螺絲頭形與溝槽，由於

所需的動力極大，相對發出的噪音較高；此類噪音係由機械連續性的衝擊形成的間歇性噪音，且衝擊的能量會經由機械結構傳達到地面，造成周圍地面的振動。

## 2. 輓牙：

經過打頭完成的裸材，藉由輓牙的程序，可以在鋼線上輓出所需的螺牙，形成螺絲的基本外型；由於輓牙涉及機械與金屬的摩擦，一般會發出極大的噪音；裸材可以連續進入輓牙的位置，且輓牙的過程稍長於打頭，因此會產生穩定性的噪音。

3. 絞尾：作業過程噪音量較小，故暫可不列入工程控制。

## 噪音之工程改善：

1. 針對打頭機噪音的改善，規劃使用兩種方法。第一種方法為噪音源的包覆與隔離，第二種方法為振動源傳遞路徑的截斷。由於一部工作機械如果沒有良好的包封設施，則馬達的噪音、機構衝擊與摩擦、零件碰撞與結構的振動等，均可能藉由空氣路徑或結構路徑而傳遞到外在環境。希望經由噪音源的包覆與隔離達到打頭機噪音改善的目的。
2. 打頭機的衝擊力會使樓板產生振動，可用氣墊式避震器以減少打頭機對樓板的強制振動力。

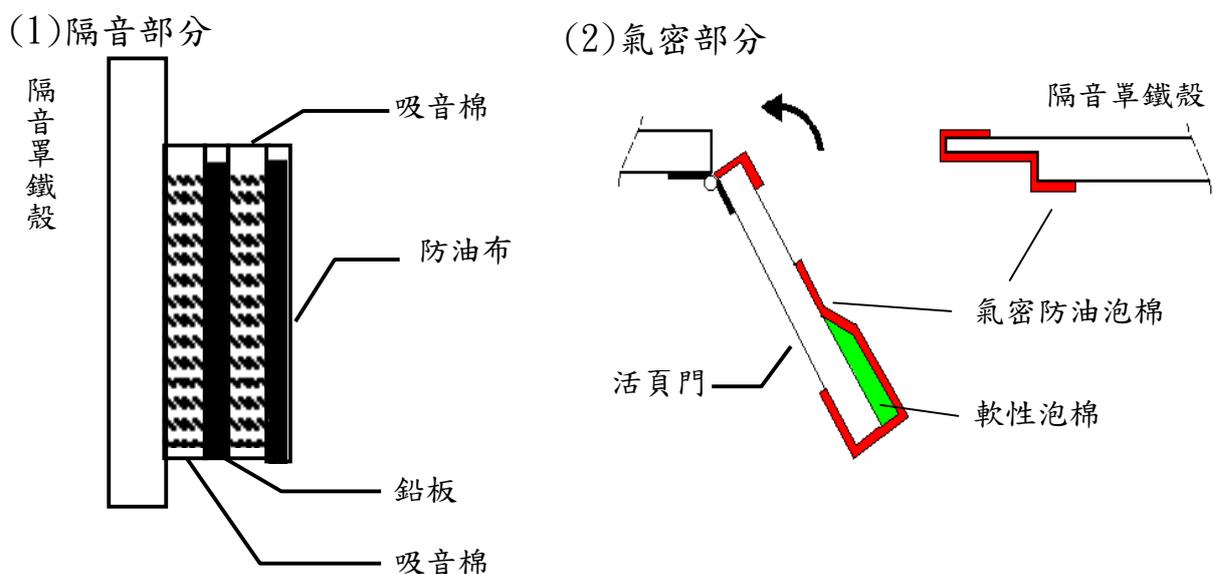


圖3.19 隔音材黏貼示意圖

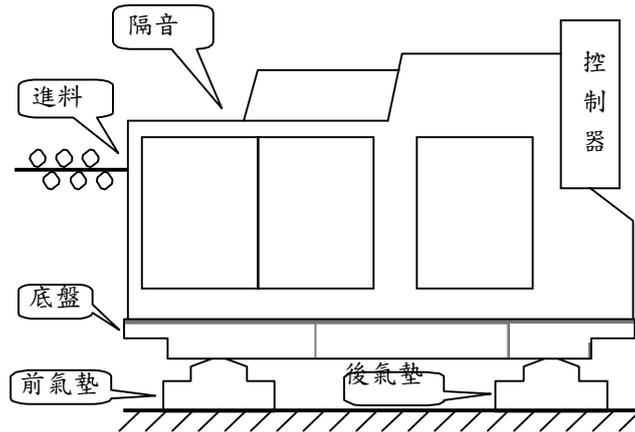


圖3.20 避震器安裝示意圖

3. 軋牙機噪音源改善的規劃方法與打頭機相同。如下圖所示，包覆與隔離軋牙機噪音的方法與處理打頭機的方法相同。軋牙機的外圍設置隔音與防止冷卻油噴濺出來的隔音罩，隔音罩以厚度約 3 mm 鋼板鍍成，周圍開數個蓋板方便工作人員進行維修與檢視。該隔音罩約可降低5 dB的噪音。使用鉛板三明治材貼附在軋牙機的隔音罩上同時也採用軟性的氣密防油泡棉黏附在蓋板與隔音罩接觸的部分。如此不僅可以吸收軋牙機產生的噪音，更可以加強蓋板的氣密性，達到隔音的目的。(註4)

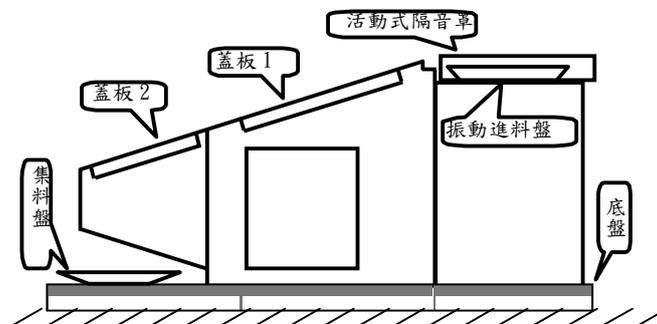


圖3.21 軋牙機隔音罩示意圖：

參考文獻：

註1：摘自工業局資料。

註2：資料取自勞工安全衛生研究所。

註3：取自勞工安全衛生研究所，金屬加工用油有油霧滴與多環芳香烴碳氫化合物(PAHS) 危害資料。

註4：摘自勞工安全衛生研究季刊 螺絲廠設備噪音改善案例。