

## 第八章、金屬基本工業(鋼線鋼纜業)

金屬基本工業之特定製程範圍為酸洗、伸線、退火、鍍鋅等製程。

### 第一節 產業特性介紹

鋼線鋼纜工業向為鋼鐵工業之重要關聯性產業。鋼線工業由於原料及加工不同，鋼線的種類很多，我國鋼線鋼纜同業公會列舉許多不同鋼線鋼纜種類及定義，此舉部分重要者如下：

#### 一、鋼線(高碳)High Carbon Steel Wire

鋼線是以高碳鋼盤元經酸洗，伸線製程而成，表面光滑，未施加鍍塗處理者。線徑較細者，則經過軋化退火、酸洗、伸線兩次以上製程。截面為圓形，可供後續加工。

#### 二、鍍鋅鋼線 Galvanized Steel Wire

鍍鋅鋼線是以鋼線(高碳)施以熱浸鍍鋅或電鍍鍍鋅而成。線徑較細者，則可採用：軋化退火、酸洗、鍍鋅後再伸線而成。具有防銹、防蝕功能。

#### 三、彈簧鋼線 Spring Wire

彈簧鋼線為鋼線之一種，視彈簧型式及特性，採用不同等級之高碳鋼盤元經：軋化退火、酸洗，伸線製程而成，表面光滑，未施加鍍塗處理者。線徑較細者，則需經反覆二次製程而成。截面為圓形，可供後續加工。

#### 四、輪輻鋼線 Spoke Wire

輪輻鋼線為使用於輪圈輻條之鋼線，以高碳鋼或不銹鋼盤元經：酸洗、伸線製程而成。表面光滑，截面為圓形，可供後續加工。

#### 五、異形鋼線 Shaped Wire

異形鋼線是以高、低碳鋼、不銹鋼、合金鋼盤元經：酸洗、再以異形眼模伸成或壓延方式成形。其截面有方形、六角形、異形、半圓形、梯形、扁平、槽溝等多種。

#### 六、傘骨用鋼線 Umbrella Rib Wire

傘骨用鋼線是以中、高碳鋼盤元經：酸洗、伸線製程而成。圓形鋼線，適用於製傘業。

## 七、傘骨用槽線 Fluted Umbrella Ribs

傘骨用槽線是以中碳鋼盤元經：酸洗、伸線、壓延、退火、成型、淬火、回火、切斷等製程而成 U 型槽線。適用於製傘者。

## 八、輪胎鋼線 Bead Wire

輪胎鋼線是以鋼線（高碳）經：應力消除、鍍銅而成。輪胎鋼線其與橡膠有良好的膠著性，供製造輪胎胎唇用。



圖 8.1 經由盤捲機完成之盤元線材

## 九、韌化退火鋼線 Patenting Steel Wire

韌化退火鋼線是以中、高碳鋼盤元經：酸洗、伸線再施以空氣或鉛浴等韌化退火處理而成，可供再一次伸線之用。

## 十、鍍鋅韌化退火鋼線 Patenting & Galvanizing Steel Wire

鍍鋅韌化退火鋼線是以韌化退火鋼線施以熱浸鍍鋅而成，可供再一次伸線之用。

## 十一、球化線材 Spheroid Annealing Wire

以熱處理的方法，將盤元或線材中的碳化物予以球化，提升延展性，降低硬度以利後續加工。使用低、中、高碳鋼或合金鋼盤元，經：酸洗、伸線、球化、精伸等製程而成，表面光滑，未施鍍塗處理者。截面為圓形，可供後續加工。

## 十二、預力鋼線 Prestressed Concrete Steel Wire

以高碳鋼盤元經：酸洗、伸線、壓痕、矯直、藍化處理等製程而成。為維持直線性以大內徑之捲盤狀包裝，適用於預力水泥製品。

### 十三、預力鋼絞線 Prestressed Concrete Steel Strand

以高碳鋼盤元經：酸洗、伸線、絞合、藍化處理等製程而成。依構成一般有二股、三股、七股及十九股絞線，適用於預力水泥製品及結構工程。

### 十四、混凝土用預力鋼棒 Steel Bars Prestressed Concret

以高碳鋼盤元或硼鋼經：除銹、伸線或異形處理，淬火、回火等製程而成，未施鍍塗處理。以大內徑捲盤狀包裝，適用於預力水泥製品。

### 十五、鍍鋅鋼纜 Galvanized Steel Wire

Rope 鍍鋅鋼纜是以鍍鋅鋼線依構成種類，規格之不同，以數條鍍鋅鋼線施以絞撚成單股，再以若干單股予以合股而成。視使用需要得塗佈鋼纜油脂。

### 十六、鋼纜 Steel Wire Rope

鋼纜是以鋼線依構成種類規格之不同，以數條鋼線施以絞撚成為單股，再以若干單股予以合股而成。視使用需要得塗佈鋼纜油脂。

### 十七、塑膠被覆鋼纜 Plastic Coated Steel Wire Rope

塑膠被覆鋼纜是在鋼纜表面被覆尼龍、PVC 等塑膠材料，防止鋼纜腐蝕，增加潤滑性、美觀。

### 十八、鍍鋅航空器用鋼纜 Wire Rope for Aeronautical use

鍍鋅航空器用鋼纜是以鍍鋅韌化退火鋼線，再予以伸線成較細鋼線，依構成種類、規格不同，以數條鋼線施以絞撚成單股，再以若干單股予以合股而成。

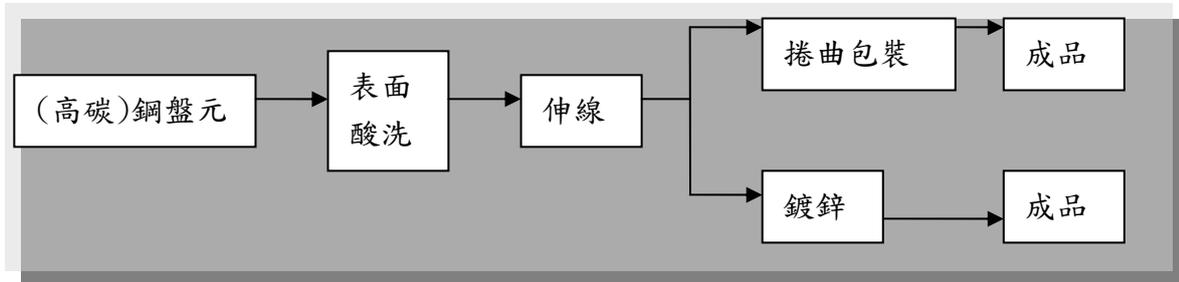
### 十九、鍍鋅鋼絞線 Galvanized Steel Wire Strand

鍍鋅鋼絞線是依規格別以數條鍍鋅鋼線施以絞撚成單股絞線。適用於電力通信之架空地線、埋設地線、電纜支持線。

#### 一、鋼線製造流程

從以上鋼線定義，吾人可知鋼線製造流程，雖有少許差異但大致相同，此將一般性流程說明如下：

鋼線是以（高碳）鋼盤元經酸洗，伸線製程而成，透過捲曲包裝成為一般的鋼線，為提高鋼線的耐腐蝕性及保持它的優異機械特性，在鋼線的表面做鋅被覆處理。圖為鋼線的製造程序：



所謂的盤元是指鋼廠經過高溫熱軋後，未做任何常溫下加工的線。酸洗的目的是用來除去在熱軋、退火、熱處理、熱成型、熱處理、鑄造等高溫下所產生的氧化層，在去除氧化層時，由於酸液腐蝕性極高，同時也會對基層材料產生侵蝕及對酸洗使用設備有相當大影響。



酸洗使用的酸液，主要有硫酸及鹽酸，其他如磷酸、硝酸、硝酸加氫氟酸及腐蝕性較低的有機酸，有時檸檬酸及酒石酸，也被拿來使用在酸洗。

線材的抽線(伸線)其方法是先將盤元以鹽酸、硫酸或其他機械方式將表面的銹皮去除，再以磷酸鹽或硼砂等作為表面被覆，使表面粗糙，使伸線粉易附著在表面，盤元在被拉經一個由很硬且耐磨材料製成之圓錐形模子，此時產生很好的潤滑效果，盤元經過模子後即縮小了直徑，此為伸線的原理。

鍍鋅就是在鋼線上表面鍍上一層具有保護功能的被覆物(鋅)，鋼線之鍍鋅作業最常使用的方式為「熱浸法」，鍍鋅層表面生成緻密保護皮膜具良好的耐蝕性，因金屬鋅比鋼鐵在電化學上較具活性，有電化學的犧牲防蝕作用。當鍍鋅鋼線之層有局部損傷而露出部分鋼線底材時周圍的鋅會先腐蝕而保護底材。鍍鋅層是在鋼的底材生成鐵和鋅的合金，並且在其上有一純鋅層。因此與鋼材的附著性良好，不會因衝擊或摩擦而易剝離。

鋼線鍍鋅作業程序如下圖所示，包括鋼線的去脂、酸洗、助溶劑處理、乾燥前處理，在熔融鋅浸入鋼線形成鍍鋅皮膜的浸鍍工程，以及鋼線拉出鋅液後的冷卻作業。

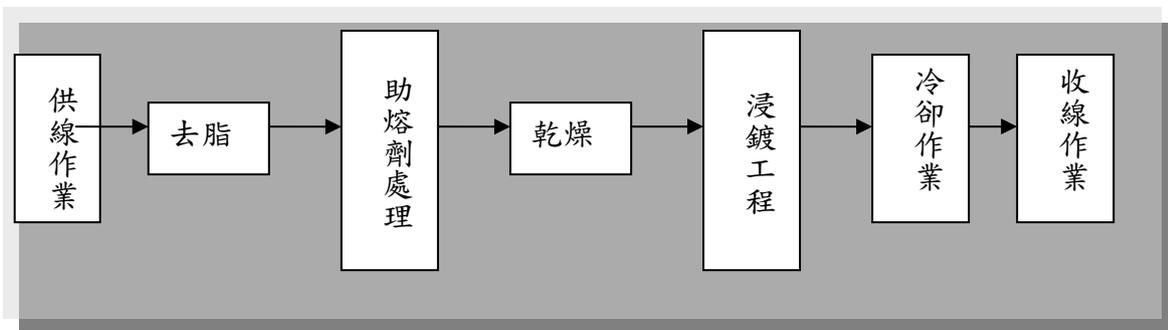


圖 8.4 鋼線熱浸鍍鋅作業流程

從上可知鋼線製造流程常用原物料為(高碳)盤元、酸洗液(鹽酸、硫酸)、潤滑劑、金屬鋅等，主要的產品為鋼線、鍍鋅鋼線。

#### 不銹鋼線製造流程

不銹鋼之冶煉方法與普通鋼比較時稍異，主要因高鉻鋼熔解時產生精練過程脫碳困難，鉻雖說在脫碳會妨礙反應之進行，情況不良之不銹鋼脫碳問題，大致上還需要使其達到低碳的要求。

不銹鋼線是使用熱間壓延的線材來做原料，由線材到線的製作過程大致上如下圖所示：

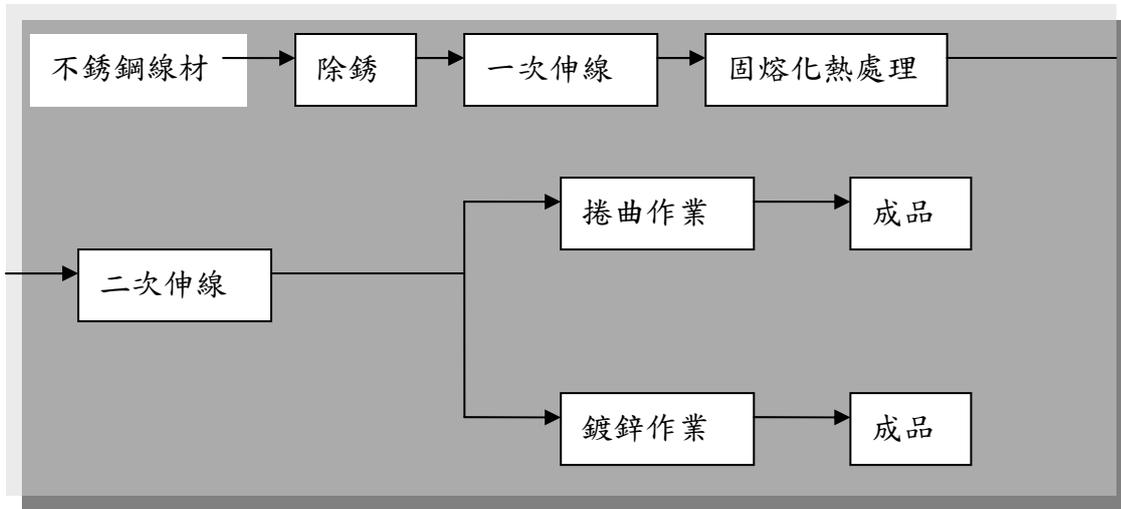


圖 8.5 不銹鋼線製造流程

由熱處理到冷間壓造工程，需要反覆實施到所要求的尺寸，再依所需表面狀態來加工到製品。對線材的品質，化學成分，依所需不銹鋼線要求的特性，即耐蝕、耐熱性、機械性質、冷間壓造性、切削性等來決定。

從上可知不銹鋼製造所需的主要原料為：合金鐵類，不銹鋼廢料，普通鋼廢料等三大類。製成的產品為不銹鋼線。

### 鋼纜製造流程

吾人可知鋼線製造流程，雖有少許差異但大致相同，此將一般性流程說明如下：

鋼纜又稱為鋼索，種類亦多，但大致係將數條鋼線集合起來編製成螺旋形排列的結構物，其使用範圍非常廣泛。鋼索係由退火鋼線製造，鋼纜的整體叫做鋼絲繩，其中心的麻繩稱為麻心，麻心周圍的六股(標準形式六股)鋼繩叫做鋼股，有一部份特殊鋼股中心有麻繩，其麻繩稱為鋼股麻心，組成鋼股的鋼線是叫做鋼絲或素線。

下圖為鋼纜的製造流程：

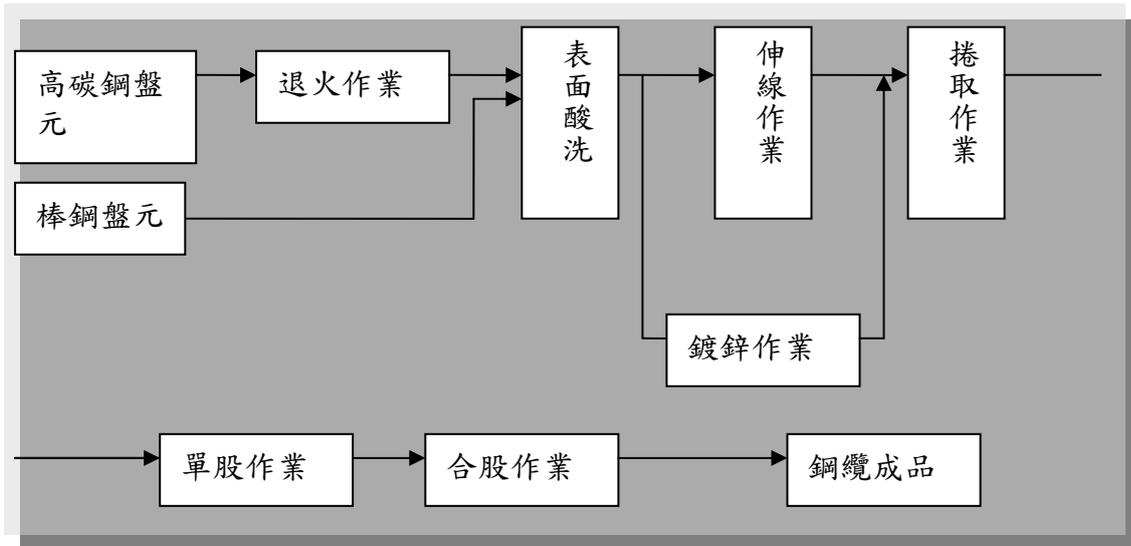


圖 8.6 鋼纜製造流程

由鋼纜的流程圖可知，鋼纜為鋼線作業的再次加工，在原物料方面大致上與鋼線類似，主要還是以高碳鋼盤元、棒鋼盤元，經過熱處理，酸洗，再經伸線作業，經過這些過程所產生的鋼線，再經由單股作業或合股作業產生鋼纜。

其中退火作業為熱處理的一種，退火是指將線材加熱到適當的溫度保持一定的時間後緩慢冷卻的一種熱處理方法，盤元線材送進鐘罩式退火爐進行退火，以消除線材之內應力，提昇線材之加工性，目的在改變機械及物理特性，調整金相組織消除內部應力，擴散或釋出氣體，改善切削及加工性等。



圖 8.7 鐘罩式退火爐

一般在鋼鐵線材熱處理的種類有淬火、回火、正常化、退火、勒化退火、油溫調質處理、藍化熱處理、固溶化熱處理，根據不同的鋼種線材會使用不同的熱處理方法。為了使被加工材料有良好的抽拉加工性，或使抽拉後的製品有所定特性，在抽拉加工前後，或抽拉加工中，施行各種必要的熱處理。

鋼纜是以鋼線依構成種類規格之不同，以數條鋼線施以絞撚成為單股，再以若干單股予以合股而成，視使用需要得塗佈鋼纜油脂。

從上可知鋼纜製造常用原物料大致上與鋼線相同，主要以高碳鋼鐵盤元、鹽酸(氫氟酸)、硫酸、金屬鋅、以及其他油脂、酚類。

## 第二節 潛在危害分析及預防對策

雖然拉絲工業充滿了由於拔絲以及材料處理所產生的各種機械性和化學性危害，但根據記錄，拉絲製程上所發生之事故大部分屬輕傷害，例如：酸液濺出、割傷、碰傷和眼睛受傷等，然因製程設備維修或因緊急狀況未妥善進行安全管制，極為容易發生夾擊、捲入等意外事故。



圖 8.8 盤元線材之精整軋延作業線

工業衛生問題主要因為：與酸接觸、吸入：粉塵、氧化皮和拉絲用潤滑劑皮膚接觸而引起的皮膚病，但如鍍鉛槽沒有加蓋，或未設局部排氣裝置時，工作人員常接觸鉛塵則有可能發生鉛中毒。

預防措施方面：

針對上述相關危害處採取各種安全防範措施。凡可能觸及有危險點的機械結構運動部分、傳動裝置、夾軋點、線材進入點等，尤其是盤元完成表面處理後，將使用網綁設備將盤元以鋼帶作包裝，作業現場對於可能接觸鋼帶之處均加以隔離，以免發生切割傷害。在保持安全距離處應用屏障或圍籬、柵欄加以防護，也要考量設置足以防止線材斷裂甩出而傷及作業人員，且要設置必要的安全聯鎖裝置，即使拉絲軋輪以很慢的速度轉動時，屏障或圍籬、柵欄等仍應保持閉合狀態，盤元線材出貨時使用堆高機運輸，對於堆高機作業動線現場需進行管制，以杜絕人車發生碰撞之意外事故。



圖 8.9 使用網綁設備將盤元以鋼帶作包裝



圖 8.10 盤元線材出貨時使用堆高機運輸

以上所述之危害分析彙整如下表：

金屬基本工業主要危害分析表		
作業別	危害來源	危害種類
(高碳)鋼盤元	1. 起重機、堆高機 2. 盤元	1. 機械撞擊 2. 物體倒塌、物體崩塌
表面酸洗	1. 起重機 2. 盤元、酸洗液	1. 機械撞擊 2. 作業人員吸入酸氣、溺斃危害
伸線	1. 起重機、堆高機、伸線機 2. 盤元	1. 機械撞擊 2. 噪音危害
捲曲包裝	1. 捲曲機、起重機、堆高機 2. 半成品	1. 機械撞擊 2. 噪音危害
鍍鋅	1. 起重機、鍍鋅池 2. 半成品	1. 機械撞擊 2. 接觸危害物、溺斃危害
成品	1. 起重機、堆高機 2. 成品	1. 機械撞擊 2. 物體倒塌、物體崩塌
供線作業	1. 起重機、堆高機 2. 盤元	1. 機械撞擊 2. 物體倒塌、物體崩塌
去脂	1. 起重機、堆高機 2. 盤元、酸洗液	1. 機械撞擊 2. 作業人員吸入酸氣、溺斃危害
助熔劑處理	1. 起重機、堆高機 2. 盤元、助熔劑	1. 機械撞擊 2. 作業人員接觸危害物
乾燥	1. 起重機、堆高機、乾燥機 2. 半成品	1. 機械撞擊 2. 物體飛落
浸鋅工程	1. 起重機、鍍鋅池 2. 半成品	1. 機械撞擊 2. 接觸危害物、溺斃危害
冷卻作業	1. 起重機、堆高機 2. 半成品	1. 機械撞擊 2. 物體飛落
收線作業	1. 起重機、堆高機、收線機	1. 機械撞擊

	2. 成品	2. 物體倒塌、物體崩塌
不銹鋼線材	1. 起重機、堆高機 2. 線材	1. 機械撞擊 2. 物體倒塌、物體崩塌
除鏽	1. 起重機、堆高機、除鏽池 2. 線材	1. 機械撞擊 2. 作業人員接觸危害物
一次伸線	1. 起重機、堆高機、伸線機 2. 線材	1. 機械撞擊 2. 噪音危害
固溶化熱處理	1. 起重機、堆高機、熱處理爐 2. 線材	1. 機械撞擊 2. 高溫、熱危害
二次伸線	1. 起重機、堆高機、伸線機 2. 線材	1. 機械撞擊 2. 噪音危害
捲曲作業	1. 捲曲機、起重機、堆高機 2. 半成品	1. 機械撞擊 2. 噪音危害
鍍鋅作業	1. 起重機、鍍鋅池 2. 半成品	1. 機械撞擊 2. 接觸危害物、溺斃危害
成品	1. 起重機、堆高機 2. 成品	1. 機械撞擊 2. 物體倒塌、物體崩塌
高碳盤元	1. 起重機、堆高機 2. 盤元	1. 機械撞擊 2. 物體倒塌、物體崩塌
退火作業	1. 起重機、堆高機、退火爐 2. 盤元	1. 機械撞擊 2. 高溫、熱危害
棒銅盤元	1. 起重機、堆高機 2. 盤元	1. 機械撞擊 2. 物體倒塌、物體崩塌
表面酸洗	1. 起重機 2. 盤元、酸洗液	1. 機械撞擊 2. 作業人員吸入酸氣、溺斃危害
伸線作業	1. 起重機、堆高機、伸線機 2. 線材	1. 機械撞擊 2. 噪音危害
鍍鋅作業	1. 起重機、鍍鋅池	1. 機械撞擊

	2. 半成品	2. 接觸危害物、溺斃危害
捲曲作業	1. 捲曲機、起重機、堆高機 2. 半成品	1. 機械撞擊 2. 噪音危害
單股作業	1. 絞撚機 2. 半成品	1. 機械撞擊、切割、夾捲 2. 噪音危害
合股作業	1. 合股機 2. 半成品	1. 機械撞擊、切割、夾捲 2. 噪音危害
鋼纜成品	1. 起重機、堆高機 2. 成品	1. 機械撞擊 2. 物體倒塌、物體崩塌

在搬運盤元等素材時，亦需採取安全搬運方式及步驟，對使用到危險化學品的生產過程，需採用封閉設施，並設置局部排氣裝置清除作業場所之有害氣體和粉塵。應將個人安全防護具(安全帽、護目鏡、面罩、手套、和鞋類等)，發給暴露於該作業風險之作業人員使用，並應提供各式安全防護用具的訓練教導正確使用方法。還應進行安全作業標準之訓練，包括對每項作業如何選擇和正確使用各種工具。

在醫學預防措施上，需提供可防護皮膚之護手膏和對作業人員進行定期之健康檢查(例如：對可能暴露於鉛中毒的作業人員，應包括血中鉛之檢驗)，以及建立可迅速反應及處理有關意外事故之管理制度(包括各種虛驚事故)。

此外必須一提的是金屬燻煙熱。不同工作場所，當暴露於某些足夠濃度的金屬煙塵後，會引起的一種共通的疾病綜合症。常見於銅鑄造、鍍鋅、軋鋼、電焊等操作現場，以及其他使用熔融金屬，特別是鋅的工業。本病不是慢性病，但存在復發性質的急性症狀，這是一個很大的危害特性，如果作業人員停止接觸數天症狀即可消失。金屬燻煙熱的症狀在新進作業人員接觸一定濃度的煙塵後即可出現，甚至資深作業人員在周末休息後再開始工作後亦可能發病。一般該症狀在接觸後 4 至 8 小時內可能開始出現症狀。通常，首先口內感到異味，其後，上呼吸道刺激並伴隨有咳嗽和粘膜乾燥、肌痛、突發寒顫、乏力、疲倦以及全身不適。其他症狀有噁心、偶發嘔吐、中度到重

度頭痛，有些精神活動反常。需要特別注意。(註 1)

另外有關退火等熱處理請參閱附錄一：機械及其處理之共同安全衛生事項

參考文獻：

註 1：摘自 ILO 職業安全衛生百科全書。