

鋁鎂合金及特殊鋼製造工廠作業勞工暴露與健康風險評估

Metal Exposure and Health Assessment of Workers
in Aluminum Magnesium Alloys and Specialty Steels
Manufacturing Factories



鋁鎂合金及特殊鋼製造工廠作業勞工暴露與健康風險評估 ILOSH103-A304

勞動部勞動及職業安全衛生研究所

勞動部勞動及職業安全衛生研究所
INSTITUTE OF LABOR, OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH, MINISTRY OF LABOR



地址：新北市汐止區橫科路407巷99號
電話：(02) 26607600
傳真：(02) 26607732
網址：<http://www.ilosh.gov.tw>

ISBN 978-986-04-4694-4



GPN: 1010400761
定價：新台幣100元

鋁鎂合金及特殊鋼製造工廠作業勞工
暴露與健康風險評估

**Metal Exposure and Health Assessment
of Workers in Aluminum Magnesium
Alloys and Specialty Steels
Manufacturing Factories**

勞動部勞動及職業安全衛生研究所

鋁鎂合金及特殊鋼製造工廠作業勞工
暴露與健康風險評估

**Metal Exposure and Health Assessment
of Workers in Aluminum Magnesium
Alloys and Specialty Steels
Manufacturing Factories**

研究主持人：鄭乃云、許憲呈

計畫主辦單位：勞動部勞動及職業安全衛生研究所

研究期間：中華民國 103 年 6 月 19 日至 103 年 12 月 31 日

本研究報告公開予各單位參考
惟不代表勞動部政策立場

勞動部勞動及職業安全衛生研究所

中華民國 104 年 4 月

摘要

我國合金製造產業年產量約一百四十萬噸，其中又以鋁、鎂、鈦和特殊鋼等材料為主，近年鋁鎂合金多用在 3C 產品之外殼，而特殊鋼製品以不鏽鋼為主，目前國內相關工廠約 2,400 家。在合金製造過程中，工廠會視需求添加錳、鉻、鎳、銅與鈷等重金屬物質，增加產品的耐腐性、耐磨性及抗氧化性。

金屬冶煉製程中，重金屬元素會隨著粉塵逸散到作業環境中，使作業勞工暴露重金屬環境可能導致健康危害。本研究針對合金製造業作業勞工的重金屬職業暴露進行調查，共完成 3 家鋁鎂合金製及特殊鋼製造廠之採樣，A 廠共採集 14 個空氣樣本及 7 個尿液樣本，B 廠共採集 40 個空氣樣本、18 個尿液樣本，C 廠共採集 26 個空氣樣本、38 個尿液樣本。進行空氣中金屬成分的濃度分析結果發現現場空氣濃度皆低於法規容許濃度標準，而行政區的空氣中金屬濃度也都比作業現場的濃度低。A 廠中鐵的濃度 ($421.90 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 以後處理區較高，B 廠熔爐區鋅的濃度最高 ($145.24 \mu\text{g}/\text{m}^3$)，在熔爐區附近的區域也具有鋅濃度。比較 B 廠 7 名勞工上工前及下工後的尿液中金屬濃度，發現並無太大差異。C 廠有勞工的尿液樣本中總鉻及鎳濃度高於美國政府工業安全衛生師協會 (American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH) 所建議 BEI 值 (25 及 $5 \mu\text{g}/\text{g Cr}$)。

結果由作業環境內鉻、鎳、鎘及鉛四種重金屬平均致癌風險推估得知，三廠之作業勞工暴露於六價鉻平均致癌風險接近職場可接受致癌風險 10^{-3} ，且非致癌風險推估結果 A、C 廠之錳暴露危害指數大於 1，建議對於高風險暴露族群應保持良好通風及注意個人防護具使用情形。

關鍵字：鋁鎂合金、特殊鋼、重金屬暴露、風險推估

Abstract

The alloy manufacturing industry annual output is about 1.4 million tons in Taiwan, especially in aluminum, magnesium, titanium and specialty steel and other materials. In recent years, aluminum-magnesium alloy is being mainly used in the shell of 3C products, and stainless steel is the main product of specialty steel. In Taiwan, there are about 2,400 factories which manufacture aluminum-magnesium alloy and specialty steel. The process of alloy manufacturing often includes the addition of manganese, chromium, nickel, copper or cobalt elements to increase corrosion resistance, abrasion resistance and oxidation resistance.

Heavy metals are widely used in the industry and are strongly related to severe environmental pollution, as well as health problems to industrial workers. Our study investigated three aluminum-magnesium alloy and specialty steel factories. We collected 14 area air samples and 7 urine samples from factory A, 40 air samples and 18 urine samples from factory B, and 26 air samples and 38 urine samples from factory C. Results from the air samples show that metal concentrations in the air are lower than those of permissible exposure limits; metal concentrations in the administrative area are also lower than those in the workplace. Iron level is $421.90\mu\text{g}/\text{m}^3$ in post-treatment area of factory A and zinc level is $145.24\mu\text{g}/\text{m}^3$ in melting area of factory B. The place near the smelting area has higher metal concentration. There is no significant difference of metal concentration between pre-shift and post-shift urine samples. The results of urine samples in factory C indicate that total chromium and cadmium concentration in some workers is higher than those BEI suggested by ACGIH (25 and $5\mu\text{g}/\text{gCr}$).

Average cancer risk of chromium, nickel, cadmium and lead of all three factories indicate that operating workers are exposed to hexavalent chromium (Cr^{6+}), which exceeds the acceptable cancer risk criteria of 10^{-5} to 10^{-6} . Average cancer risks of Ni and Cd in Factory C are higher than the acceptable average cancer risk range of 10^{-5} to 10^{-6} . Therefore, good ventilation and use of personal protective equipment are recommended for high-risk groups.

Keywords: aluminum-magnesium alloy, specialty steel, heavy metal exposure, risk estimation

目錄

摘 要.....	i
Abstract	ii
目錄.....	iii
圖目錄.....	v
表目錄.....	vi
第一章 前言.....	1
第一節 研究緣起.....	1
第二節 研究目的.....	2
第二章 文獻回顧.....	4
第一節 合金製造勞工職業暴露危害.....	4
第二節 職業重金屬暴露生物監測探討.....	7
第三節 作業環境容許暴露標準.....	9
第三章 研究方法及步驟.....	11
第一節 研究架構.....	11
第二節 研究對象.....	12
第三節 勞工問卷調查.....	13
第四節 空氣及尿液樣本採樣及分析.....	13
第五節 資料分析.....	15
第六節 勞工重金屬暴露健康危害風險評估.....	16
第四章 結果與討論.....	19
第一節 採樣對象基本資料.....	19
第二節 空氣暴露測定結果.....	25
第三節 尿液樣本測定結果.....	33
第四節 尿液樣本與空氣樣本相關性.....	39
第五節 勞工重金屬暴露健康危害風險推估.....	39
第五章 結論與建議.....	45

第一節 結論.....	45
第二節 建議.....	46
誌謝.....	47
參考文獻.....	48
附錄 1.....	50
附錄 2.....	54
附錄 3.....	61

圖目錄

圖 1 合金製造廠研究架構圖	12
圖 2 A 廠不同作業區域金屬濃度比較圖	26
圖 3 B 廠對照組與暴露組鋁、鎂及鋅濃度比較	28
圖 4 B 廠不同作業區域金屬濃度比較圖	29
圖 5 C 廠對照組與暴露組金屬濃度比較	31
圖 6 C 廠不同作業區域金屬濃度比較圖	32

表目錄

表 1 各金屬的熔點及沸點.....	4
表 2 勞工作業環境空氣中有害物質的容許濃度標準.....	9
表 3 風險評估參數設定值.....	16
表 4 致癌斜率係數.....	17
表 5 非致癌物質毒理資料.....	18
表 6 A 廠人口學資料.....	20
表 7 B 廠暴露組人口學資料.....	21
表 8 B 廠對照組人口學資料.....	22
表 9 C 廠暴露組人口學資料.....	23
表 10 C 廠對照組人口學資料.....	24
表 11 A、B 及 C 廠勞工服食中藥、健保食品及飲食習慣.....	24
表 12 A、B 及 C 廠作業現場粉塵暴露程度、通風設備及勞工佩戴防護具情形.....	24
表 13 A、B 及 C 廠現場作業勞工自我身體狀況描述.....	25
表 14 A 廠作業勞工尿液樣本分析結果.....	34
表 15 B 廠作業勞工尿液樣本分析結果.....	35
表 16 C 廠作業勞工尿液樣本分析結果.....	36
表 17 A、B 及 C 廠空氣中鉻、鎳、鎘及鉛濃度平均值.....	40
表 18 男性六價鉻、鎳、鎘及鉛平均終生吸入暴露量(LADD).....	40
表 19 女性六價鉻、鎳、鎘及鉛平均終生吸入暴露量(LADD).....	41
表 20 作業環境中六價鉻、鎳、鎘及鉛平均致癌風險(男性).....	41
表 21 作業環境中六價鉻、鎳、鎘及鉛平均致癌風險(女性).....	41
表 22 A、B 及 C 廠空氣中 7 種金屬濃度平均值.....	43
表 23 A、B 及 C 廠空氣中 7 種金屬女性平均終生吸入暴露量(LADD).....	43
表 24 A、B 及 C 廠空氣中 7 種金屬平均非致癌風險(男性).....	44
表 25 A、B 及 C 廠空氣中 7 種金屬平均非致癌風險(女性).....	44

第一章 前言

第一節 研究緣起

特殊鋼是指為某些特殊的要求而在鋼鐵煉製過程中添加一種或一種以上特殊元素，如鎳、鉻、銅、錳...等金屬所冶煉成的合金，改善原來一般鋼鐵原有的性質及表現其他特殊性質，以應用在不同產業用途的各種鋼材之總稱。由於具耐腐蝕、耐磨性及抗氧化的特性，特殊鋼材普遍應用於電子、建築材料、廚具、汽車材料等產業。目前國內生產特殊鋼材之廠家約有 11 家，專業生產廠則有 9 家生產特殊鋼材，統計 2009 年台灣特殊鋼產量約 240 萬噸，其產品種類以不銹鋼為最大宗，占特殊鋼產量的 9 成以上。2009 年國內特殊鋼產量為 242 萬公噸，其中不銹鋼產量就有 240 萬公噸，佔 99%，應用產業以金屬製造品、營建業及機械製造業為主[1]。

近年來台灣非鐵金屬產業，因為 3C 產品的使用量大增，使鋁鎂合金的製造量逐年增加，在鋁鎂合金製造上，鎂原料的使用，大部份作為鋁合金冶煉之添加合金元素，鋁合金添加鎂可提高強度、抗腐蝕性與重量強度比，並具有下列之特性：比強度優越、高熱傳性、具電磁遮蔽性、震動吸收性質優良、加工性良好、具回收性、尺寸穩定性高與非磁性。由於 3C 產業在攜帶式產品輕薄短小的發展下，加上廢棄物回收之綠色環保觀念與電磁遮蔽要求下，鎂合金之各種優越的特性，將取代現行使用之工程塑膠材料，目前鎂合金材料於 3C 產品的應用主要以外殼為主，如筆記型電腦、投影機、行動電話及 PDA 等可攜式電子產品之外殼，此產品具有很大的潛在市場。而鋁為所有鎂合金所添加合金元素中最為有效用的元素，它能提高材料的強度、硬度與抗腐蝕性，並擴展鎂合金的凝固範圍更易於鑄造。

台灣非鐵金屬之熔煉及一次加工業(不含鍛造、沖壓及製造業)，2012 年總產值估計為 2,531 億元，約有 400 家廠商。產值中鋁鑄品及鋁材占 7%，鎂材則

僅占 0.6%，其他非鐵金屬占 41%[2]。台灣鋁工業因直接以進口鋁錠或廢鋁進行熔煉，所以鋁合金錠煉製業為台灣鋁業之上游產業，鋁材一次/二次加工業為中下游產業。2011 年由於原物料價格及下游產業需求持續復甦，故鋁合金(含鋁錠、鋁鑄品、鋁材)總產值新台幣 842 億元(包含鍛件則約 918 億元)，與 2010 年相比成長 5.5%，2011 年鋁錠、鋁鑄品、鋁材總產量 81.9 萬公噸，較 2010 年成長 0.5%[3]。

在合金製造過程中，工廠會依需求添加錳、鎳、銅、鉻與鈷等金屬物質以增加其耐腐性、耐磨性及抗氧化性，但此一步驟將會導致重金屬的逸散，增加現場作業勞工的暴露風險。已有一些研究結果顯示合金製造業在製作錳鐵合金時，工人會有高濃度的錳暴露(高於美國 NIOSH 訂定的時量平均容許濃度(PEL-TWA, 0.2 mg Mn/m³)，顯見相關作業勞工的健康危害值得重視。因合金鋼為是在煉鋼過程視需要而添加不同元素所形成的特殊鋼材，鋼材原成分除含鐵、矽及錳作為合金元素外，尚含有如鉻、鎳、銅、鋁、錳、鈷...等元素，因此在金屬冶煉的過程，這些重金屬元素亦會隨著煙塵逸散到作業環境中，使作業勞工遭受暴露而導致健康上的危害，但國內對合金製造業作業勞工重金屬的暴露相關研究極少，因此針對合金製造業作業勞工的職業暴露進行調查是有其必要性。

第二節 研究目的

本研究「合金製造廠勞工重金屬暴露濃度分析及問卷調查研究」，主要目的包括：

- 一、透過文獻蒐集瞭解國內外有關特殊鋼及鋁鎂合金製造工廠勞工暴露情形。
- 二、透過事業單位實地訪查及現場作業環境測定，瞭解特殊鋼及鋁鎂合金製造廠作業勞工重金屬暴露現況。
- 三、透過生物偵測進行作業勞工體內重金屬暴露劑量評估，評估環境暴露與體內

暴露之相關性。

四、輔以問卷與時間活動模式調查作業勞工暴露參數，以瞭解勞工重金屬暴露與職業之關聯性。

五、進行合金製造作業勞工的風險推估：依據作業環境測定、生物偵測及問卷調查結果和暴露參數，推估勞工的暴露劑量，並利用健康風險模式，完整評估勞工的暴露風險。

六、依據測定及風險推估結果，提出作業環境之職業衛生改善建議，以作為相關合金製造作業人員之防護參考依據。

第二章 文獻回顧

第一節 合金製造勞工職業暴露危害

國內煉鋼多以廢鋼為原料，透過電弧爐煉製居多。電弧爐為批次作業，作業時間約為 70-90 分鐘，將廢鋼原料到電解爐中，利用石墨電極將廢鋼溶解成熔融的液態鋼。在溶解後的出鋼階段須將爐蓋打開的或加料調整特定元素，此製成之作業勞工極可能暴露金屬煙塵。其他如鋁鎂合金的製造，國內產業亦從廢料來煉製鋁錠及鎂錠供下游產業使用，而主要有金屬粉塵生成仍在熔煉及澆鑄作業區，靠近這些區域作業的勞工可能會有較高的重金屬的暴露，因此對於在此區域環境工作的作業勞工，所面臨暴露及健康風險的問題，值得我們重視。

因在鋼鐵冶煉及鋁鎂合金的製程中會添加其他金屬元素以增加產品的特殊性質，因此所添加的金屬在鑄造過程中就會隨之逸散到作業環境中，如鐵、鎳、錳、鋁、銅、鎘、鉻及鎂等。不同合金製造廠所使用的原物料也有所不同，不同合金比例應用到的操作溫度也不同，而操作溫度的高低則會影響煙塵生成的差異，表 1 為各金屬的熔點與沸點。

表 1 各金屬的熔點及沸點

	熔點(mp,°C)	沸點(bp,°C)
Mg	650	1091
Al	660	2470
Cr	1907	2671
Mn	1246	2061
Fe	1538	2862
Co	1495	2927

Ni	1455	2730
Cu	1085	2562
Zn	420	907
Cd	321	767
Pb	328	1749

過去文獻中亦指出當勞工暴露到這些金屬煙會導致生理上的病變。鐵暴露主要是作業環境中的粉塵及煙，氧化鐵是煙的主要成分，以 Fe_2O_3 、 Fe_3O_4 化合態存在，長時間吸入鐵煙會引發鐵肺症(siderosis)，此粒狀物因排出機制較為緩慢易形成堆積，此現象則會遮蔽更嚴重肺部及其它症狀診斷[3]。

鋼鐵鑄造過程中，加入適當錳金屬物質可增加鋼鐵張力與硬度，而鑄造過程錳金屬物質也因加熱接觸空氣造成錳煙，當勞工吸入氧化錳煙，因發肺部發炎及局部肺水腫，造成肺部傷害[4]。錳是人體必需的微量元素，但過度的錳暴露會造成精神病及帕金森氏症，過去醫學研究指出因接觸錳金屬物質勞工，因慢性錳中毒引起神經系統傷害，造成認知上的障礙及情緒困擾，意識錯亂，行動笨拙[5]。慢性錳暴露的主要標的器官為中樞神經系統，主要會產生如運動遲緩、平衡異常、步履及言語異常、認知遲緩、情緒改變等神經行為症狀，更嚴重則可能造成錳中毒而產生跟自發性巴金森氏疾病無法辨別的神經症狀如肌肉無力、僵直、上肢顫抖等[6]。

IARC 於 1990 年將鎳化合物列為 group 1 人類致癌物及金屬鎳與合金鎳列為 group 2B 疑似人類致癌物[7]，有研究證實暴露到鎳物質造成鼻腔癌及肺癌的發病盛行率增高[8-9]。鎳暴露出現在不鏽鋼、鉻鋼製造及鎳合金電鍍中，其健康危害可分為急性與慢性兩大類，急性健康效應主要包含：煙會刺激呼吸道，造成咳嗽、呼吸急促、呼吸困難、胸緊、金屬煙熱(寒冷、發熱、感冒症狀)。嚴重者 4 到 13 天可能會死亡。慢性健康效應則包括造成肺癌及鼻竇癌、

氣喘、過敏症、鐳癢症和肺病。

另重金屬鋁在人體內累積，會造成有神經精神異常、貧血與骨病變；職業暴露鋁金屬引起認知障礙、憂鬱、協調失常、記憶減退與顫抖等神經精神異常，可能與失智症相關，骨質密度減少、骨頭疼痛、骨軟化症與自發性骨折，同時因為與鐵蛋白結合而導致對鐵劑治療無反應之貧血(Hypovolemic Microcytic Anemia)且貧血嚴重性與血液中鋁濃度有正相關性；長期暴露鋁之勞工增加膀胱癌與肺癌之風險。鉻(Chromium, Cr)中的六價鉻為腐蝕毒性物，急性六價鉻金屬暴露引起皮膚鉻潰瘍、鼻中隔穿孔、接觸性過敏性皮膚炎、皮膚全層性潰瘍、腸胃道出血、急性腎衰竭與肺水腫等。慢性鉻粉塵吸入引起肺部纖維化、塵肺症、氣喘；而且增加癌症發生，特別是肺癌；長期食入六價鉻可能引起胃癌 [10]。

國內外對煉鋼廠的研究主要是固定污染源排放的懸浮微粒粒徑分布及其特性及濃度的探討居多，對勞工作業環境中污染物，如重金屬成分的探討則非常缺乏。謝俊明等 2003 年針對電弧爐煉鋼作業勞工重金屬暴露現況進行調查與評估的研究結果發現，煉鋼現場作業勞工有明顯重金屬暴露，在碳鋼廠作業區有 3 位操作人員重金屬暴露濃度超過法規容許濃度標準。在研究中也發現煉製不同的鋼材，所產生重金屬煙塵的種類及含量也不相同，進料廢鋼等級愈好，則作業人員暴露濃度愈低，不銹鋼廠重金屬暴露較碳鋼廠低。作業勞工工作區域離電弧爐越近的，勞工重金屬的暴露可能性也較高，各區域之勞工以靠近電弧爐作業區的操作人員重金屬暴露情形較明顯，而以控制室的操作人員的暴露最低。廠內定點區域樣本分析結果顯示，部分區域粉塵濃度超過法規容許濃度標準[11]。

2004 年何嘉達探討煉鋼廠作業區內、外及廠區周界(上下風二點)間懸浮微粒濃度變化及物化特性分析(如粒徑分布、金屬成分)。懸浮微粒個人暴露濃度及吸入暴露量結果得知，作業區員工暴露最高。其研究結果指出一貫作業煉鋼及電弧爐煉鋼製程作業勞工暴露 Cr^{6+} 平均致癌風險皆超過可接受致癌風險

(10^{-5} ~ 10^{-6})，暴露 Mn 金屬之危害指數最高，電弧爐廠作業勞工同時暴露 Cr^{6+} 及 Ni 之致癌風險皆超過標準，且暴露 Mn 之危害指數最高且超過危害指數標準值 (>1) [12]。

江寒嶽在 2007 年對煉鋼廠製程區空氣中粉塵濃度的研究結果顯示，在電弧爐區所採樣的樣本經分析，鉻、錳、鐵、鎳、銅、鋅、砷、鎘與鉛等金屬濃度在所有採樣點是最高的。空氣中可呼吸性粉塵鉻、錳、鐵與銅等金屬濃度則以合金儲料區最高，而鎳、鋅、鎘與鉛等四種金屬濃度則以電弧爐區最高。在探討員工血中鉛濃度與空氣總粉塵及可呼吸性粉塵的鉛濃度相關性，也顯示具有統計上明顯相關性[13]。

在 2003 年 Ellingsen 等人對錳合金製造廠勞工所進行的空氣暴露評估與生物偵測的研究結果顯示：在 265 個可吸入性粉塵及 167 個可呼吸性粉塵的樣本中所測得錳濃度的幾何平均值分別為 254 及 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，而在 153 組同時採集兩種類型粉塵的結果發現，可呼吸性粉塵約占可吸入性粉塵的 10.6%；在吸入性粉塵及可呼吸性粉塵中的錳濃度具有很高度相關性。但血中錳濃度與可吸入性粉塵中錳濃度並無相關，而與可呼吸性粉塵中的錳濃度也僅有些微相關[14]。

第二節 職業重金屬暴露生物監測探討

調查職場空氣中有害物濃度最直接之方式就是針對危害較嚴重之製程作業區及勞工進行空氣樣本採樣，分析空氣中有害物濃度來評估勞工於此區作業時暴露有害物的情形，但此方法僅能代表體外暴露而無法反映體內暴露有害物之情形。生物監測是一種藉由分析生物檢體，像是血液、尿液、組織等，化學物質或此化學物質的代謝物的濃度，藉以評估人類實際暴露多少此種化學物質的方法。在生物監測研究上的貢獻，是能夠建立出一般大眾暴露此種化學物質的參考值，也可獲得來自所有暴露途徑所暴露到的內在劑量。

在很多的研究中有使用生物監測樣本方法，如血液、尿液及頭髮等，來評

估人體重金屬暴露情形。Rollin 等在 1996 年針對鋁冶煉廠勞工探討血清及尿中鋁之低(0.036 mg/m^3)、中(0.35 mg/m^3)、高(1.47 mg/m^3)暴露之間的相關性，雖然在低及中暴露場所的勞工其血清中鋁濃度(4.10 及 $4.85 \text{ }\mu\text{g/L}$)與對照組的數據($4.76 \text{ }\mu\text{g/L}$)比較並無明顯的差異，但對高暴露的勞工血清中鋁濃度($7.15 \text{ }\mu\text{g/L}$)明顯高於對照組。而在三種不同濃度暴露勞工的尿液中鋁濃度皆高於對照組[15]。

在 2002 年 Horng 等學者探討不銹鋼製造勞工尿液中鉛、鎘及鎳的含量，結果顯示非暴露組其尿液中鉛、鎘及鎳含量的平均範圍分別為 31.1 ± 16.2 、 3.45 ± 2.07 及 $4.39\pm 2.36 \text{ }\mu\text{g/L}$ ，在品管部門及製程區作業勞工尿液中鉛的含量 48.0 ± 7.9 及 $52.3\pm 19.1 \text{ }\mu\text{g/L}$ 、鎘的含量 7.96 ± 2.21 及 $9.55\pm 5.33 \text{ }\mu\text{g/L}$ 、鎳的含量 29.8 ± 13.1 及 $33.6\pm 16.5 \text{ }\mu\text{g/L}$ ，此暴露組勞工尿液中金屬含量結果皆比非暴露組勞工的暴露要高，且具統計上相關性[16]。

Cowan 等人針對熔煉作業勞工測定其唾液、血漿、尿液、頭髮及空氣來評估勞工錳暴露情形，研究結果顯示空氣中錳濃度越接近美國政府工業衛生師協會(American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH)所訂之恕限值，勞工體內錳濃度也隨之增加，唾液和血漿中暴露的錳含量幾乎相同[17]。2013 年 Boran 等人評估製鋁廠 150 位(包括 80 位製鋁技工為暴露組及 70 位非製鋁技工為非暴露組)勞工尿液的研究，暴露組的尿液中鋁的含量平均值為 $51.62\pm 29.59 \text{ }\mu\text{g/L}$ ，非暴露組的尿液中鋁的含量平均值為 $16.32\pm 12.49 \text{ }\mu\text{g/L}$ ，且暴露組及非暴露組間達統計上差異，並發現在尿液中鋁的濃度與年齡、每週的工作時數、是否吸菸及每日吸多少包菸具有相關性[18]。

以生物偵測方法進行暴露測定需考慮生物偵測指標物在檢體中的半衰期(half-life)。2003 年 Welinder 等人針對電鍍勞工以尿液量測鉻暴露的情形，在停止暴露後，尿液中鉻含量的半衰期分為快速衰減期及慢速衰減期，半衰期分別為 7 小時及 14 天以上[19]。而 ACGIH 建議尿液生物暴露指標限值(Biological Exposure Index, BEIs)，尿液中總鉻的值為每周工作結束(周五)下工後尿液 $25\mu\text{g/L}$ 及一天 8 小時輪班後增加 $10\mu\text{g/L}$ ，其餘金屬錳、鎳及鐵並無明確的生物

暴露指標限值[20]。

第三節 作業環境容許暴露標準

勞動部訂有相關法規以保障重金屬暴露之勞工在其作業場所的安全，表 2 即列國內與國外勞工作業環境空氣中有害物質的容許濃度標準。

表 2 勞工作業環境空氣中有害物質的容許濃度標準

重金屬	勞動部 (PEL, mg/m ³)	OSHA (PEL, mg/m ³)	NIOSH (REL, mg/m ³)	ACGIH (TLV, mg/m ³)
鋁(Al)	-	15	10, 5 (R)	1 (R)
鎘(Cd)	0.05	0.05	0.04	0.01 0.002 (R)
鈷(Co)	0.05	0.1	0.05	0.02
鉻(Cr)	1; (Cr ⁶⁺ 0.1)	1	0.025	0.5
銅(Cu)	0.2 (fume)	0.1 (fume)	0.1 (fume)	0.2 (fume)
鐵(Fe)	10 (FeO)	10	5	5 (R)
鎂(Mg)	10 (MgO)	15 (dust) 5 (R)	10	10 (I)
錳(Mn)	1(fume)	5	1	0.02 (R) 0.01 (I)
鎳(Ni)	1	1	0.015	1.5 (I)
鉛(Pb)	0.05	0.05	0.1	0.05
鋅(Zn)	5 (ZnO)	5	5	2 (R)

註：R -可呼吸性(respirable) I -可吸入性(inhalable)

綜上，目前國內外論文大多探討電鍍、熔煉廠勞工之職業重金屬暴露及周圍環境採樣分析，有關合金製造廠勞工之暴露測定研究仍不多。2012年Peixe等人針對巴西衛浴用品合金製造廠勞工進行鉛、錳及鎘暴露調查研究，研究結果發現靠近熔爐及模具區的空氣樣本的測定以鉛的濃度最高，其次為錳及鎘，且暴露濃度達 1/2 法定容許濃度值，且暴露組勞工尿液中鉛濃度亦高於非暴露組 [21]。

有一些研究結果顯示合金製造業在製作錳鐵合金時，工人會有高濃度的錳暴露(高於美國 NIOSH 訂定的時量平均容許濃度(PEL-TWA, 0.2 mg/m³)，顯見相關作業勞工的健康危害值得重視。因鋁鎂合金或特殊鋼製造過程，工廠會依產品特殊需求，如增加其耐腐性、耐磨性及抗氧化性，而在煉鋼過程視需要而添加不同元素所形成的特殊鋼材，鋼材原成分除含鐵、矽及錳作為合金元素外，尚含有如鉻、鎳、銅、鋁、錳、鈷...等元素，因此在金屬冶煉的過程，這些重金屬元素亦會隨著粉塵逸散到作業環境中，使作業勞工遭受重金屬暴露而導致健康上的危害，但國內對合金製造業作業勞工重金屬的暴露相關研究極少，因此針對合金製造業作業勞工的職業暴露進行調查是有其必要性。

第三章 研究方法及步驟

第一節 研究架構

本研究選定 3 家合金製造廠的作業勞工進行重金屬暴露測定，藉由事先工廠訪視及勘查，瞭解合金廠製程流程和生產方式，同時調查作業勞工之作業方式及可能暴露之危害，擬定適當之採樣規劃，在取得勞工的同意後，進行合金廠作業勞工重金屬暴露測定。現場作業勞工將進行區域及個人空氣樣本採樣及尿液樣本，並進行基本問卷調查，另選擇廠區內行政人員作為對照組族群，收集個人尿液樣本及基本問卷訪視。

因感應耦合電漿質譜法具有同時分析多種元素及低偵測極限的優點，本研究以感應耦合電漿質譜儀(ICP-MS)進行空氣樣本及尿液樣本中重金屬(錳、鎳、銅、鉻、鎘與鈷...)成分濃度的測定，分析測定之數據用以評估作業勞工個人八小時時量平均重金屬(錳、鎳、銅、鉻、鎘與鈷...)濃度及尿液中重金屬濃度，將所得數據再進行統計分析。本研究之研究架構如圖 1：

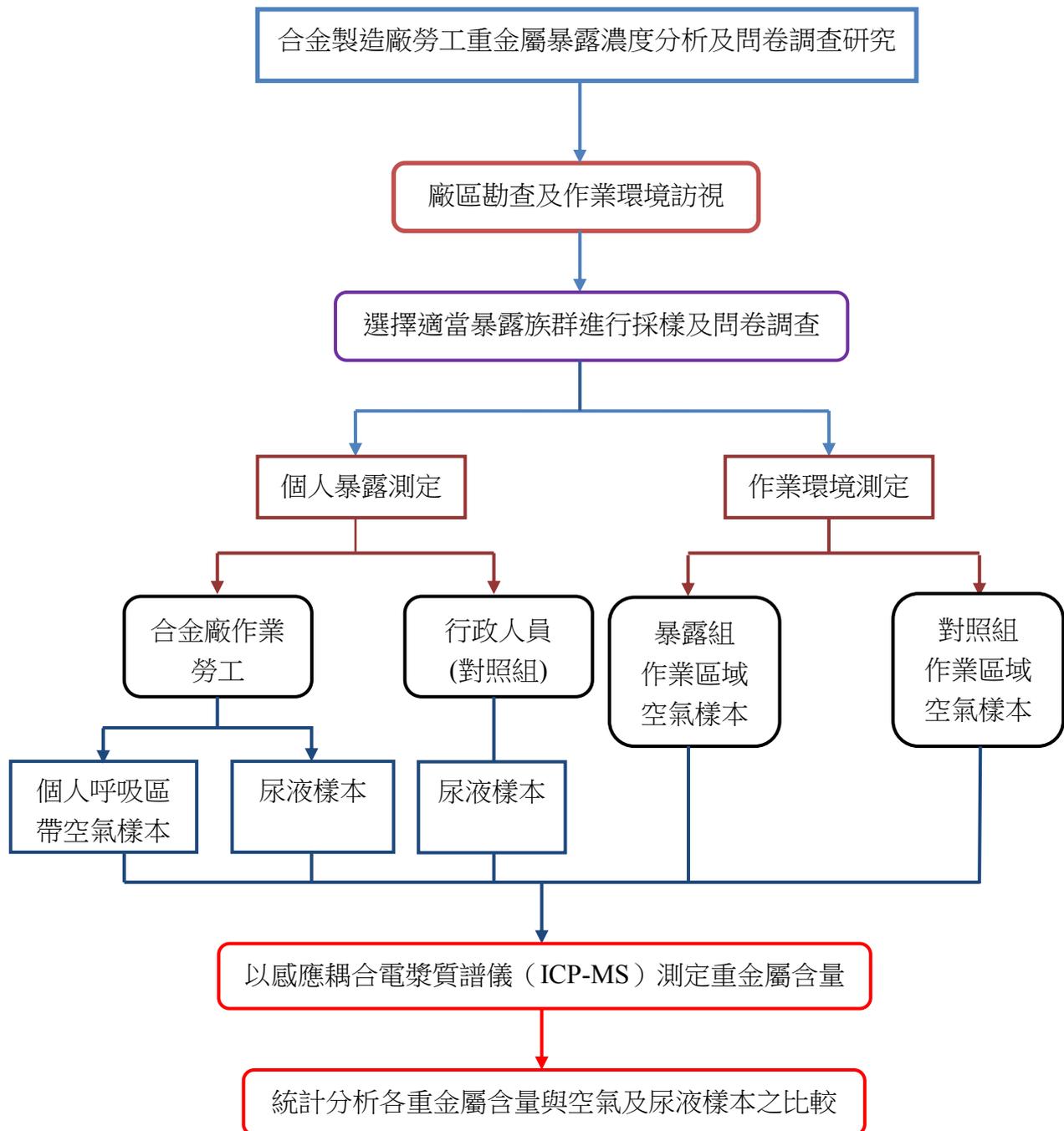


圖 1 合金製造廠研究架構圖

第二節 研究對象

本研究選定 3 家特殊鋼及鋁鎂合金製造廠進行作業勞工之重金屬粉塵的暴露，本研究選定願意參與計畫之勞工進行空氣樣本採樣及尿液檢體的收集，並

根據作業現場環境規劃及選適當地點進行作業環境區域樣本的採樣。本研究以現場作業勞工為暴露族群及廠區行政人員為對照組，所有受測均進行問卷調查，對照組的行政人員也將收集其尿液樣本，並測定其工作環境的空氣樣本，與暴露族群所得到的數據及結果作比較。本研究針對 3 家工廠所訂之採樣規劃如附錄 1。

第三節 勞工問卷調查

為詳細了解合金製造廠作業勞工之暴露狀況及影響暴露之相關因子，本研究設計一份合金製造廠勞工重金屬暴露作業狀況的調查問卷(如附錄 2)，對合金製造廠勞工的個人基本資料、作業項目、個人暴露情形、防護具使用情形、飲食習慣及疾病史等做詳細問卷調查。

一、個人基本資料

內容包括：1.基本資料(姓名、年齡、身高、體重、教育程度、工作經歷及年資)、2.生活習慣(抽煙狀況、二手煙暴露情形、喝酒狀況及居住地區環境的特性)、3.飲食習慣、4.健康及疾病狀況等資料，以了解一些可能影響作業勞工生物檢體測量的干擾因素。

二、工作暴露情形

調查及了解相關職業暴露史及工作環境特性、工作習慣、個人防護具使用情形與作業環境的通風狀況。

三、員工時間活動模式調查

為了解作業勞工工作時間分佈，透過問卷調查記錄勞工在不同地點工作的時間與當時的工作內容，計算勞工於不同工作類型及工作地點危害暴露情形。

第四節 空氣及尿液樣本採樣及分析

一、作業環境區域採樣

本研究選定 3 家特殊鋼及鋁鎂合金製造廠，因各有其特殊的製程，因此選擇於較高暴露危害區域及作業勞工擺設採樣點。

A 廠採樣點選擇位置分別在原料區（廢鐵場區）、高週波爐區、電弧爐區、澆鑄區、廢砂區及後處理區。B 廠採樣點包括熔爐區、加料檢驗區、水霧冷卻區、脫模區、成品降溫區、成品庫存區、成品區（出貨區）、原料區及勞工休息區等。C 廠採樣點位於鎂及鋁壓鑄區、仕上區（邊毛清除）、研磨機、變電站、鑽工桌區、廠務區及製研部等區域。A、B 及 C 三廠採樣規劃如附錄 1。

區域採樣是將採樣介質(37 mm 孔徑 0.8 μ m 混合纖維濾紙採樣介質的濾紙匣)架設於勞工的工作區域內，架設高度約為作業勞工呼吸區帶，並以流量為 2 L/min 高流量幫浦(採樣前、後，採樣幫浦均需校正，並記錄之；前、後流量變化需在 $\pm 5\%$ 內)進行採樣，以評估作業勞工當天 8 小時時量平均濃度(time-weighted average, TWA)。採樣結束後，以塑膠材質的上下蓋將濾紙匣密封，然後送回實驗室進行重金屬成份及濃度分析。

二、個人空氣樣本採樣

採樣方式與區域採樣大致相同，其不同處為個人採樣是將採樣介質夾於勞工衣領，以評估作業勞工當天 8 小時時量平均濃度(TWA)。

三、個人尿液樣本

本研究採集 3 廠之現場作業勞工及廠區行政人員尿液樣本，進行尿液中重金屬成分濃度的測定，以評估職業暴露組及非暴露組因暴露濃度的差異的影響。雖然 Yokoyama[22]等人在 2000 年的研究指出金屬作業勞工，一天 24 小時分成四個時制，分析出尿液中金屬含量，於不同四個時段中金屬含量於統計上無顯著差異，故本研究採集同意參與計畫的勞工下工前的尿液樣本。

其尿液採集的方式為：尿液裝於預先酸處理過的 PE 瓶，樣本以冷藏方式運送，並保存於 -20°C 冰箱，進行上機分析前須先回溫至室溫。每一個勞工尿液樣

本均需檢測尿中肌酸酐(creatinine)(肌酸酐合理範圍定於 30-300 mg/dL 之間)，以檢驗所收集的勞工尿液的品質。

四、樣本處理及分析

(一) 微波消化

將採樣濾紙自濾紙匣中取出放入鐵氟龍之消化瓶中，加入 3 mL 65%濃硝酸進行消化。消化條件為：功率 300W(%)、升溫至 200°C 維持 15min，消化完成後待溫度降回室溫，並以 1% HNO₃(aq)定量至 25 mL。

(二) 尿液樣本分析

自-20°C 冰箱取出樣本回溫，並離心去除沉澱物，取 2 mL 上層澄清液至定量瓶中，再以 1% HNO₃ 定量至 10 mL，以 ICP-MS 進行金屬含量分析。

(三) 分析儀器

本研究以型號 Agilent 7700 之 ICP-MS 進行空氣及尿液樣本金屬分析。

第五節 資料分析

利用 SPSS 統計軟體分析空氣與尿液樣本的金屬錳、鐵、鎳、鉻、鎘、銅、鋁及鎂暴露測定值的平均濃度和變異數，分別執行二個族群獨立樣本的 t 檢定，以檢定這些樣本對製造廠作業勞工重金屬暴露估計是否存有差異，並描繪重金屬暴露作業勞工的暴露實態。

為了解空氣及尿液樣本之重金屬濃度暴露測定結果的相關性，透過皮爾森相關係數 (pearson correlation coefficient, r) 及簡單線性迴歸分析 (simple linear regression analysis)，評估空氣中重金屬濃度與個人尿液中重金屬濃度的關係。並利用一般線性模式 (general linear model) 執行多變量變異數分析 (multiple analysis of variance)，評估空氣中重金屬成分濃度及尿液樣本中重金屬成分濃度與從問卷中所獲得的暴露相關因子的關聯性。

第六節 勞工重金屬暴露健康危害風險評估

本研究依據採樣結果進行作業勞工致癌及非致癌風險推估。

一、重金屬暴露致癌風險評估

(一)終生平均暴露劑量(Lifetime Average Daily Dose, LADD)

本研究以 LADD 模式之計算，式中各參數之設定如表 3 所示：

$$LADD = \frac{C \times IR \times ET \times EF \times ED}{BW \times AT}$$

C：污染物之暴露濃度(Contaminant exposure concentration, mg/m³)

IR：攝入率(intake rate, m³/hr)

ET：每日暴露時間(hrs/day)

EF：暴露頻率期間(days/year)

ED：暴露期間(exposure duration, year)

BW：體重(body weight, kg)

AT：平均壽命(life time, years)

表 3 風險評估參數設定值

參數代號	參數名稱	數值	單位
C	污染物暴露濃度(Contaminant exposure concentration)	實際測值	mg/ m ³
IR	攝入率(Intake rate)	0.7625	m ³ /hr
ET	每日暴露時間	8	hrs/day
EF	暴露頻率期間	250	days/year
ED	暴露時間	30	Years
BW	體重 (Body Weight)	男性: 67.35 女性: 54.22	kg

AT	平均壽命	78	years
----	------	----	-------

(二) 單一化學物致癌風險(cancer risk, CR)

致癌風險推估一般以個人終身致癌風險來表達致癌物質的影響，估計致癌風險經常使用的是終生平均暴露，暴露時間少於終身暴露時必須轉換成等量的終身暴露值。單位致癌風險是由劑量效應模式，推估出來的數值一般民眾環境暴露可接受致癌風險範圍為 $10^{-5} \sim 10^{-6}$ ，而職場中可接受致癌風險範圍為 10^{-3} 。計算化學物致癌風險(CR)時係依據 LADD 乘以該物質之致癌斜率係數(Cancer Slope Factor, CSF)以求得之。致癌斜率係數係參考 Office of Environmental Health Hazard Assessment (OEHA TAC)毒理資料庫，而本研究有關之 CSF 如表 4 所示。

表 4 致癌斜率係數

化學物質	CSF(mg/kg-day) ⁻¹	資料來源
鎳	9.1×10^{-1}	OEHA TAC, 2005
鉻	5.1×10^2	OEHA TAC, 2005
鎘	1.5×10^1	OEHA TAC, 2005
鉛	4.2×10^{-2}	-

(三) 多重化學物質暴露致癌風險(Total Cancer Risk, CR_t)

本研究依相加原理，直接推估多重化學物質暴露致癌風險，使用公式為：

$$CR_t = \sum_{i=1}^n CR_i$$

二、重金屬暴露非致癌風險估算

一般對於非致癌風險的效應，是假設其具有閾值的機制，而假設的理論基礎是「暴露在零到某一個值的範圍內生物體是可以容忍的，而且一定不

會有毒性效應的展現機會」，表 5 為非致癌物質毒理資料。因此在一般非致癌物質以危害指數(Hazard index, HI)來計算，計算方式即以 HI 值表示，一般以 1 為標準，小於 1 表示在此劑量之下不會有明顯危害風險，大於 1 則可能產生危害。

危害指數 Hazard Index，評估其對人體健康影響，危害指數定義如下：

$$HI_i = \frac{LADD}{RfD_i}$$

HI_i =攝入化合物 i 之危害指數

RfD_i =攝入化合物 i 之參考劑量

表 5 非致癌物質毒理資料

化學物質	參考劑量(RfD) mg/kg-day	資料來源
鐵	3×10^{-1}	USEPA Superfund Regional Support
錳	1.43×10^{-5}	USEPA IRIS
鎳	2.0×10^{-2}	USEPA IRIS
鉻	5.0×10^{-3}	USEPA IRIS
鎘	5.71×10^{-5}	USEPA Superfund Regional Support
銅	4.0×10^{-2}	USEPA IRIS
鋅	3×10^{-1}	USEPA IRIS
鉛	-	-
鋁	-	-

第四章 結果與討論

第一節 採樣對象基本資料

本研究完成 3 家特殊鋼及鋁鎂合金製造廠勞工的空氣及尿液樣本採樣。A 廠有 7 位員工(5 位現場作業員工及 2 位行政人員)參與問卷的填寫，平均年齡 45.6 歲。B 廠有 15 位員工(9 位現場作業員工及 6 位行政人員)參與問卷的填寫，平均年齡 37.3 及 46 歲。C 廠有 26 位員工(3 位行政人員及 23 位現場作業勞工及幹部)參與問卷填寫，平均年齡 41.0 及 41.8 歲，其生活習慣，如抽菸、喝酒、吃檳榔及教育程度，如表 6-10 所示。另勞工服食中藥、保健食品及飲食習慣之問卷結果如表 11。

A 廠僅 1 人有胃腸機能性障礙；B 廠 9 位勞工皆回答無慢性疾病的症狀；在 C 廠則有 2 人有高血壓、1 人有過敏性鼻炎及 1 人有糖尿病，其餘參與問卷的勞工則回答無相關症狀。

個人防護具使用情形與作業環境的通風狀況，如表 12。A 廠依勞工敘述作業現場屬於輕度粉塵暴露，5 位勞工僅 3 人會配戴呼吸防護具及 1 人會戴手套及穿長袖工作服；在 B 廠亦屬於輕度粉塵暴露 9 位勞工大都會穿戴呼吸防護口罩及手套，工作時僅 3 人會穿長袖工作服；在 C 廠亦屬於輕度至中度粉塵暴露，有 12 位勞工會穿戴呼吸防護具及 15 位勞工會穿戴手套，工作時有 12 人會穿長袖工作服。

依據現場作業勞工對進廠後自我身體狀況描述問卷結果，如表 13。進廠後，有記憶力衰退或健忘的勞工在 3 家廠商分別為：A 廠 2 人、B 廠 1 人及 C 廠 4 人；進廠後，工作量或時間一樣，但覺得比以前累的勞工在 3 家廠商分別為：A 廠 3 人、B 廠 1 人及 C 廠 3 人；A 廠有 1 位勞工覺得在進廠後，覺得在沒運動的狀態下有心跳加快或心悸的現象；進廠後，有胸口壓迫或緊繃感覺的在 A 及 C 廠各有 1 人。

表 6 A 廠人口學資料

勞工編號	年齡	工作年資 (年/月)	吸菸	二手菸	吃檳榔	喝酒	教育程度
A01	64	35/0	N	N	N	N	大專
A02	60	13/0	N	Y	N	N	高中(職)
A03	37	10/2	Y	N	N	Y	大專
A04*	39	5/0	N	N	N	N	大專
A05	30	5/8	N	N	N	N	大專
A06	22	NA	N	N	N	N	大專
A07*	67	35/6	N	N	N	N	大專
平均值或比例	45.6±17.9		1/7	1/7	0/7	1/7	

*行政人員

表 7 B 廠暴露組人口學資料

勞工編號	年齡	工作年資(年/月)	吸菸	二手菸	吃檳榔	喝酒	教育程度
B01	29	0/7	N	Y	N	N	高中(職)
B02	39	3/8	Y	Y	N	Y	高中(職)
B03	48	7/10	Y	Y	N	Y	高中(職)
B04	31	NA	N	Y	N	N	高中(職)
B05	48	0/7	N	Y	N	Y	大專
B06	30	NA	Y	N	N	Y	高中(職)
B07	37	0/8	N	Y	N	N	高中(職)
B08	36	0/3	Y	Y	N	Y	大專
B09	29	0/8	N	N	N	Y	高中(職)
平均值或比例	37.3±7.5		4/9	7/9	0/9	6/9	

表 8 B 廠對照組人口學資料

勞工編號	年齡	工作年資(年/月)	吸菸	二手菸	吃檳榔	喝酒	教育程度
B10	46	10/0	Y	N	N	Y	大專
B11	36	9/2	N	N	N	N	高中(職)
B12	59	9/2	N	N	N	N	高中(職)
B13	47	10/0	N	N	N	N	大專
B14	54	10/0	N	N	N	N	大專
B15	34	NA	N	N	N	N	大專
平均值或比例	46.0±9.8		1/6	0/6	0/6	1/6	

表 9 C 廠暴露組人口學資料

勞工編號	年齡	工作年資 (年/月)	吸菸	二手菸	吃檳榔	喝酒	教育程度
C01	42	1/2	N	N	N	N	高中(職)
C02	36	NA	Y	N	N	N	高中(職)
C03	52	1/2	N	N	N	N	高中(職)
C04	44	1/0	N	Y	N	N	高中(職)
C05	35	0/6	Y	Y	N	Y	高中(職)
C06	43	0/6	N	N	N	N	高中(職)
C07	32	0/5	N	N	N	N	高中(職)
C08	50	1/0	Y	N	N	N	高中(職)
C09	52	1/3	N	N	N	N	高中(職)
C10	NA	14/7	N	Y	N	N	國中
C11	45	NA	N	N	N	N	高中(職)
C12	46	5/2	Y	N	N	Y	高中(職)
C13	36	0/3	Y	Y	N	Y	高中(職)
C14	40	3/0	Y	N	N	Y	高中(職)
C15	36	12/0	Y	N	N	Y	高中(職)
C16	39	NA	Y	N	N	N	國中
C17	52	11/6	N	N	N	Y	大專
C18	34	10/0	Y	N	N	N	高中(職)
C19	37	NA	Y	Y	N	N	大專
C20	49	6/11	N	Y	N	Y	大專
C21	36	11/4	Y	Y	N	N	大專
平均值 或比例	41.8±6.6		11/21	7/21	0/21	7/21	

表 10 C 廠對照組人口學資料

勞工編號	年齡	工作年資 (年/月)	吸菸	二手菸	吃檳榔	喝酒	教育程度
C21	49	1/2	N	Y	N	N	高中 (職)
C22	35	13/7	N	Y	N	Y	大專
C23	39	1/2	N	Y	N	Y	大專
平均值 或比例	41.0±7.2		0/3	3/3	0/3	2/3	

表 11 A、B 及 C 廠勞工服食中藥、保健食品及飲食習慣

廠別 (人)	服用中藥	吃保健食品	葷食	吃海鮮	吃海水魚	吃淡水魚	吃蝦蟹	吃貝類
A(5)	1	2	5	4	3	3	1	0
B(9)	6	4	9	8	4	4	3	3
C(21)	6	4	20	17	14	12	7	6

表 12 A、B 及 C 廠作業現場粉塵暴露程度、通風設備及勞工佩戴防護具情形

廠別(人)	作業現場粉塵暴露程度	使用通風設備	工作時穿戴呼吸器具	工作時穿戴手套	工作時的穿著長袖
A(5)	輕度	Y	2	1	1
B(9)	輕度	Y	8	9	3
C(21)	輕度-中度	Y	12	15	12

表 13 A、B 及 C 廠現場作業勞工自我身體狀況描述

廠別(人)	進廠後，有記憶力衰退或健忘	進廠後，工作量或時間一樣，卻比以前累	進廠後，在沒運動的狀態下心跳加快或心悸	進廠後，有胸口壓迫或緊繃的感覺
A(5)	2	3	1	1
B(9)	1	1	0	0
C(21)	4	3	0	1

第二節 空氣暴露測定結果

A 廠為特殊鋼製造廠，以人工方式輔助投料，當規格及溫度(約 1600°C)達到要求，即以天車吊掛方式將金屬液送至澆鑄區及加到模具中，已完成澆鑄的模具移至冷卻區等待冷卻，冷卻後便使用天車將模具吊起敲打使其模殼脫落，接著進行工件表面處理，利用氣動槌去除工件裡的砂心、瓦斯切割澆注的冒口、洗砂噴珠將表面研磨平整。在熔爐附近的員工全程會佩戴活性碳口罩及手套，澆鑄區的員工則有時會取下。廠區的茶水間及廁所設在工作區外圍，勞工須離開廠區補充水及上廁所，但在現場發現勞工會將飲料攜帶至工作區域，當有空閒時飲用。A 廠房挑高，多處開口，並輔以工業風扇進行通風。中午午飯後勞工會在廠區內地板上鋪上紙板躺著休息。勞工上午工作至 11:30 中餐及午休，下午 12:30 即開始上工，整日的工作時間為 8 小時。

A 廠區域空氣樣本中金屬成分的濃度結果發現，鐵濃度以後處理區最高(421.90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)、電弧爐區次之(49.61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)、高週波爐區第三(47.53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)，而錳及鎂的濃度亦以後處理區的濃度最高(分別為 31.76 及 32.27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)，鉻的濃度在高週波爐區及後處理區遠高於其他工作區域 (3.84 及 3.45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)。在後處理區測得的金屬濃度較高，推論脫模後的成品，若需修整邊毛則須送至後處理區進行後續加工作業，如研磨作業會產生額外的粉塵，可能是導致該區濃度較高的原因。圖 2 為 A 廠依不同作業區域金屬濃度的比較，可發現鐵暴露濃度在電弧爐區與高週波爐區明顯較高其餘無明顯差異，鋁暴露濃度在高週波爐區暴露濃度明顯偏高，其餘區域無明顯差異。

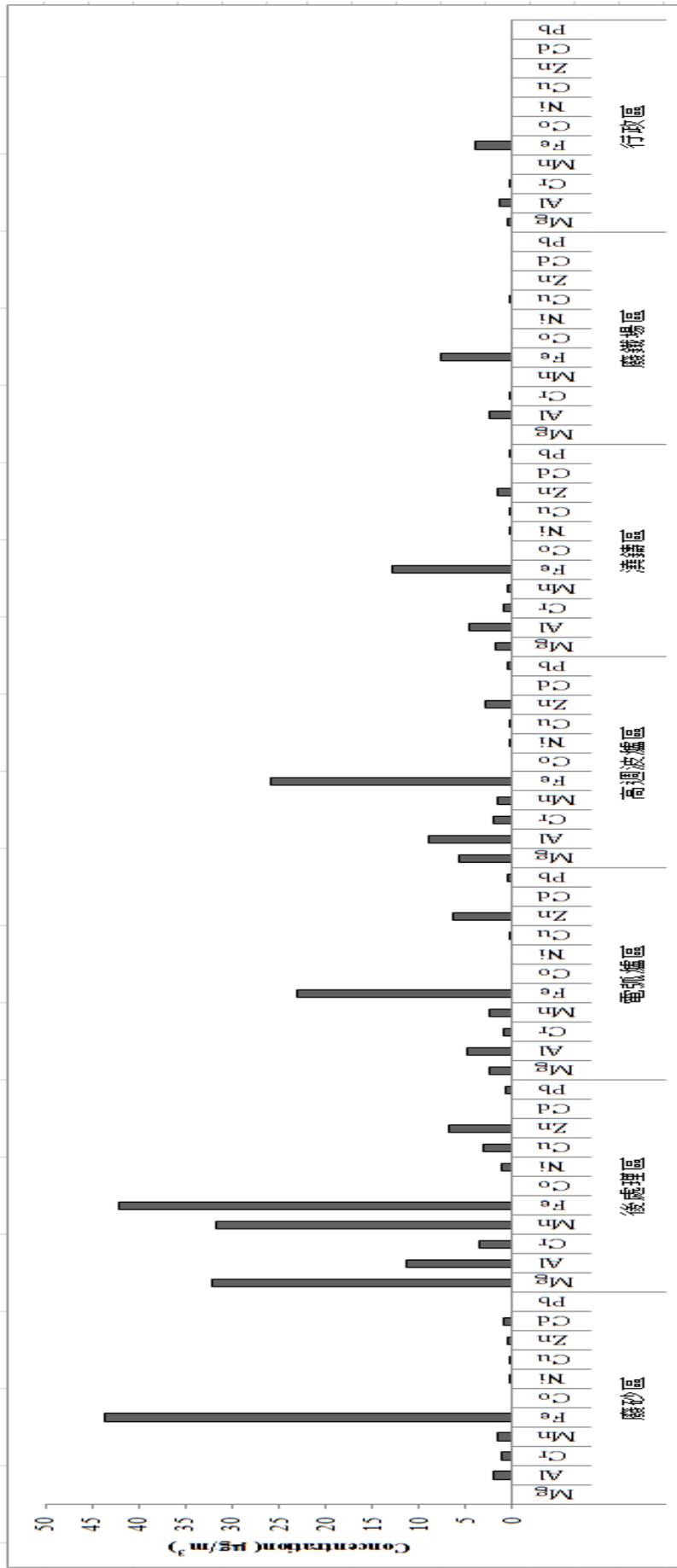


圖 2 A 廠不同作業區域金屬濃度比較圖

B 廠為鋅鋁合金製造廠，製程中會添加鋁、錳、鐵、鎳等其他金屬元素製程成品。該廠廠房挑高，具有集塵設備且通風狀況良好，在作業區以工業用電風扇協助散熱及通風。勞工休息區即在製程附近，廠房配置茶水間，員工在休息區飲水或吃東西，員工在休息時段會先洗手再喝水或吃東西。員工在作業期間會穿戴棉布手套及活性碳口罩，其中負責加料的勞工再加料期間會戴 N95 口罩。B 廠每一批次熔爐的時間約需 1.5 小時，批次作業需 1.5 小時，全程約需 3 小時。在熔煉區作業勞工有 3 人，分別負責操作以吊車吊掛原料投入爐中、合金比例調整及監測熔爐溫度(570-650°C，視合金中含鋁量的多寡做調整)，期間須攪動熔爐中之合金液、添加輔助原料調整合金比例或溶解爐渣，必要時須將爐渣清出。當熔爐中合金液比例及溫度合乎要求，隨後進行澆鑄工作，將合金液加到合金模板中。澆鑄區的作業勞工有 4 人，其中 1 位為熔爐區的勞工，在完成第一個熔爐的澆鑄作業前，即支援澆鑄區的作業，當第一個熔爐中的合金液用完，轉換使用第二個熔爐後，該作業勞工即回到熔爐區準備加料工作。在澆鑄區的工作型態，為將灌注在模板中的金屬液殘留的爐渣去除，在後段水霧區域以水加速合金的冷卻速度，因此在此區域作業期間會產生較多的水蒸氣。後段收料區勞工有 2 位，主要是收集合金錠及將合金錠過磅後運送至暫時儲存區靜待合金冷卻。圖 3-4 為 B 廠不同作業區域金屬濃度的比較，從圖發現每區鎂暴露濃度皆比較高，除了休息區 1 及休息區 2 無明顯差異，鋁的暴露濃度在熔爐區、休息 1 區、分析室區及水霧區較高，鋅的暴露濃度只有脫模區及休息區無明顯偏高。

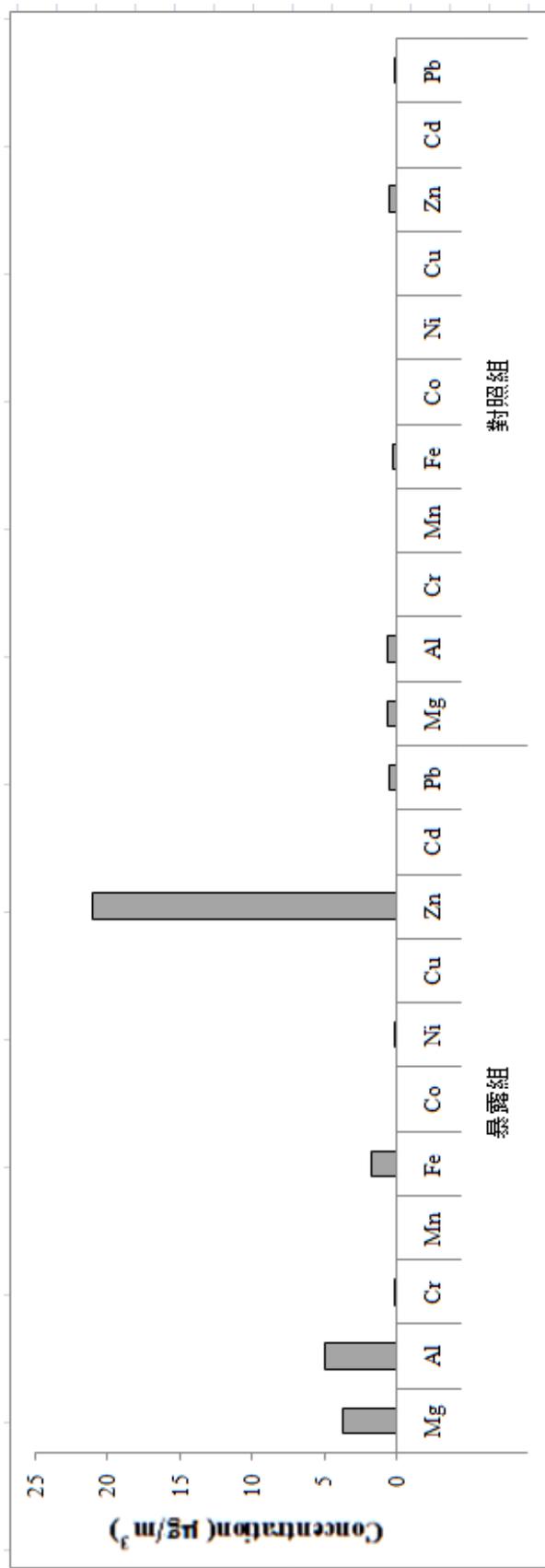


圖 3 B 廠對照組與暴露組鋁、鎂及鋅濃度比較

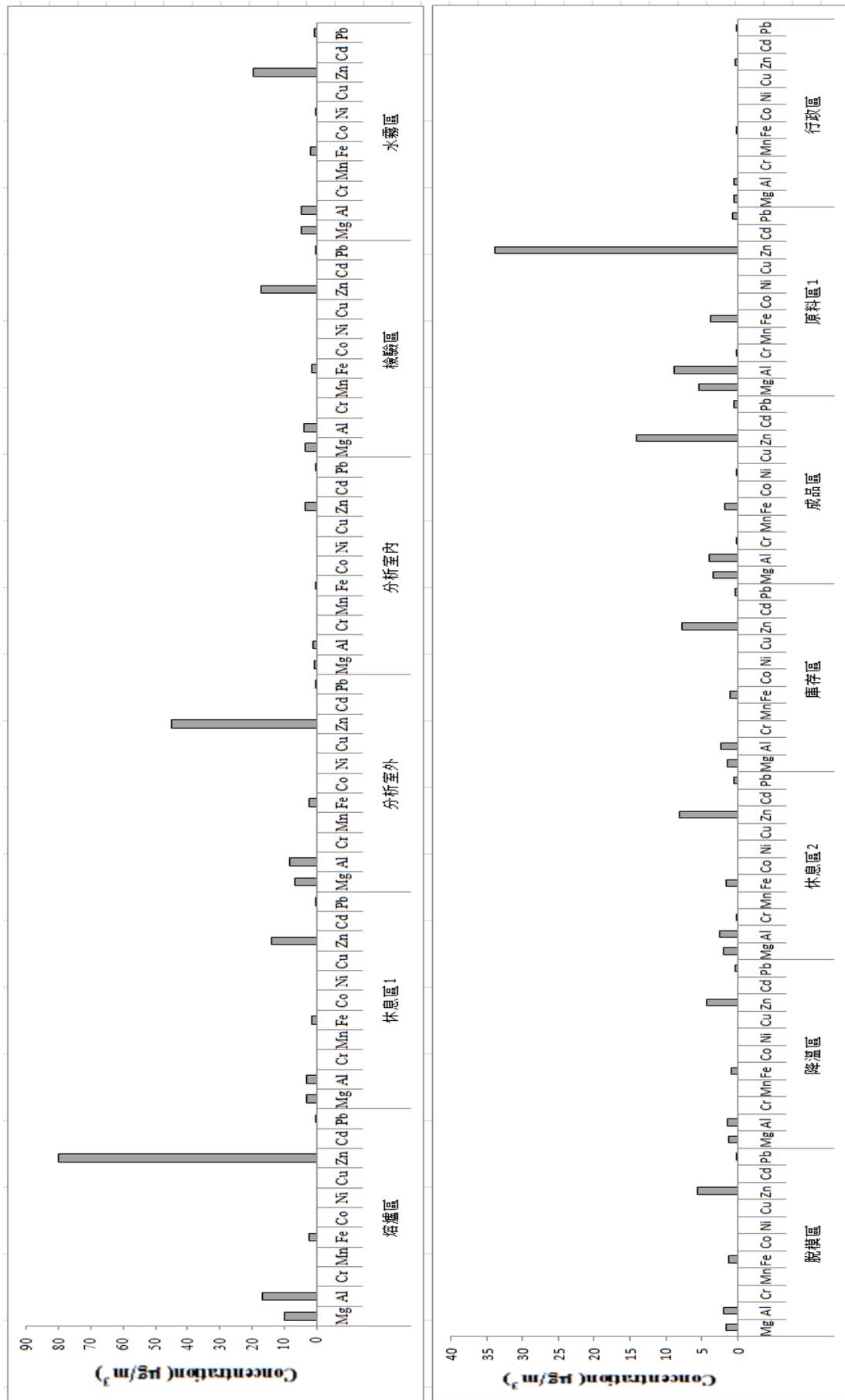


圖 4 B 廠不同作業區域金屬濃度比較圖

C 廠為鋁鎂合金壓鑄廠，該廠使用購置的鋁及鎂合金錠，直接進行熔煉，鋁合金熔爐溫度約 660°C，將原料熔融後以機械手臂將鋁金屬溶液倒入模具中，等待冷卻後即進行脫模，脫模後的產品即送到仕上區進行邊毛的清除，勞工在此區域的工作台以手工研磨方式去除毛邊，四周使用工業風扇通風，風向對著勞工的工作桌面。在仕上區不遠處有 2 位勞工使用鑽孔加工機：勞工立於機器附近進行研磨加工，有使用噴槍，四周沒有使用工業風扇。在研掃區則是將模具表面噴塗塗料後置入烘箱/烤箱機器中，加溫一段時間後，將模具取出後掛在支架上等待降溫。而在其他品管、包裝區或行政區並無發現飛揚粉塵，光源較弱，無使用工業風扇。C 廠勞工工作時間由早上 08:00 至晚上 08:00，中午會到餐廳或休息室用餐，現場勞工穿戴一般不織布或白色口罩與戴棉布手套。

C 廠採樣結果顯示暴露組鋁的濃度明顯高出對照組的濃度，而其他金屬則無明顯差異，且以研磨區測得之鋁濃度最高(599.34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)，另鎂則以鑽工桌附近所測得的值最高(20.63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)。而行政區域為冷氣通風門窗大多關閉，由對照組的空氣樣本結果顯示各種金屬濃度值較低或未被檢出。圖 5-6 為 C 廠不同作業區金屬濃度比較。

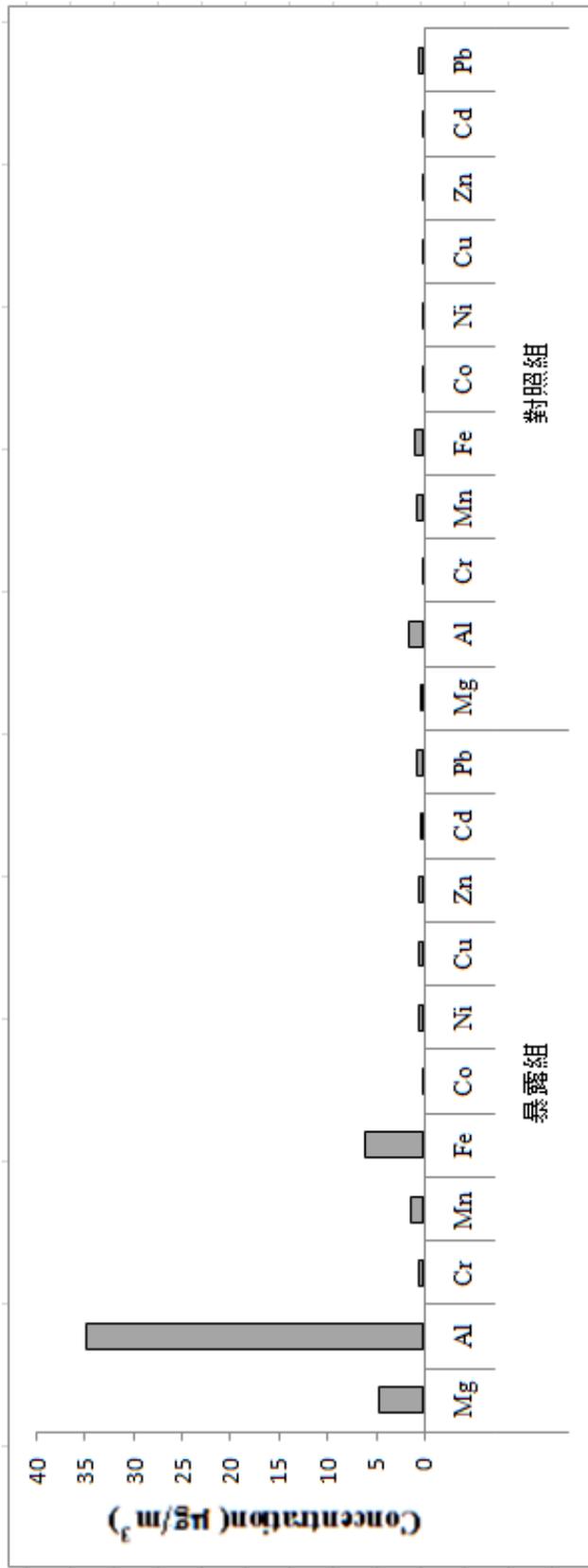


圖 5 C 廠對照組與暴露組金屬濃度比較

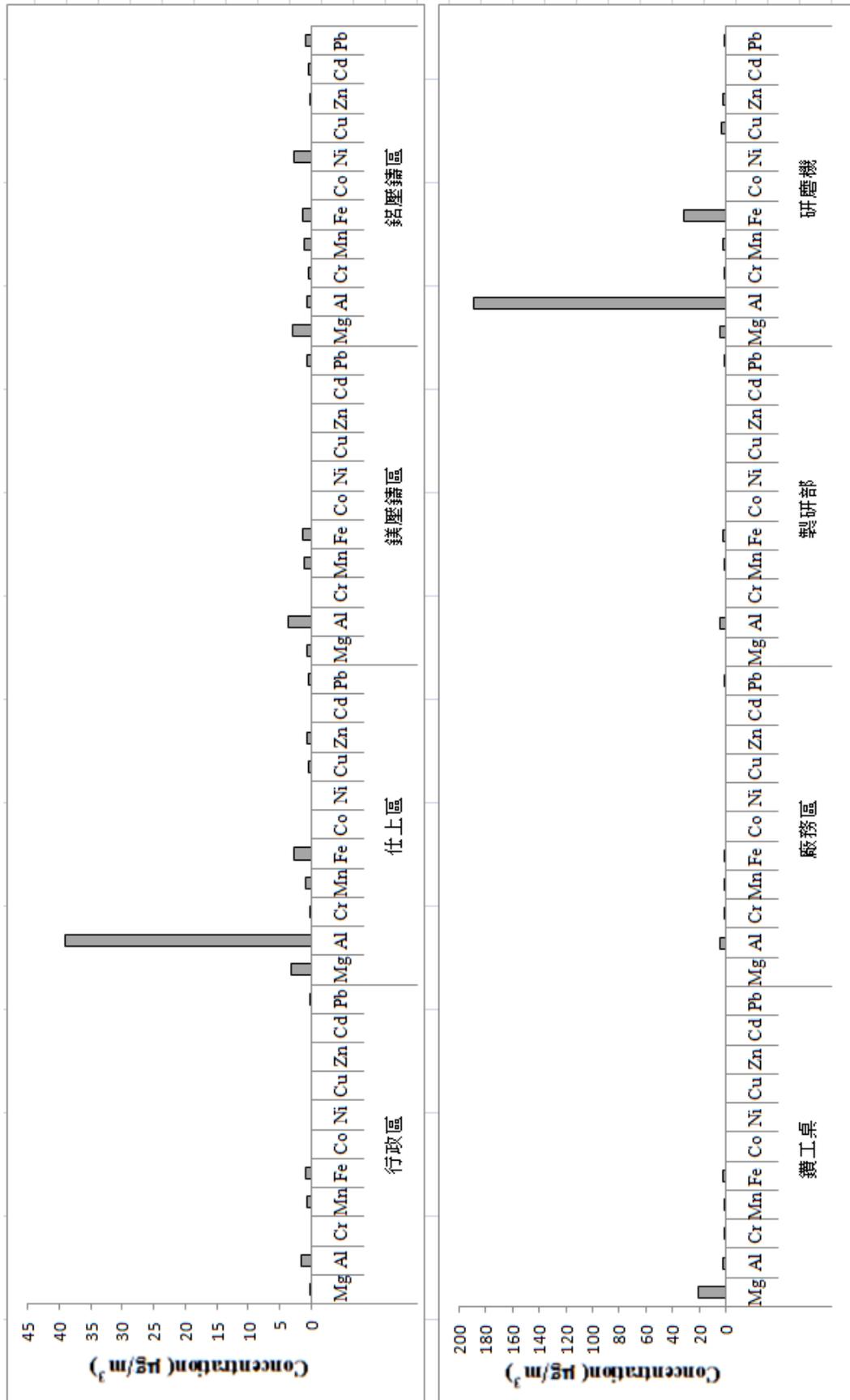


圖 6 C 廠不同作業區域金屬濃度比較圖

第三節 尿液樣本測定結果

尿液樣本在 A 廠共收集 7 個尿液樣本(含 5 個作業現場及 2 個行政區的樣本)；在 B 廠共收集 18 個尿液樣本(含 7 位勞工個作業現場上班前及下班前的尿液樣本及 4 位行政人員的尿液樣本)；在 C 廠共收集 44 個尿液樣本(含 19 位勞工個作業現場上班前及下班前的尿液樣本及 6 位勞工工作期間的尿液樣本)。

A 廠尿液中以鎂及鋅濃度最高(1,686.8、370,809.2 $\mu\text{g/g Cr}$)，但 A 廠區空氣樣本中鎂及鋅的濃度偏低，顯示暴露量應不至反映尿液中的代謝，此二種金屬濃度偏高可能是由飲食方面所引起。現場勞工尿液中鐵及錳金屬濃度以澆鑄區之勞工最高，分別為 99.2 $\mu\text{g/g Cr}$ 及 84.3 $\mu\text{g/g Cr}$ ，而尿液中總鉻濃度亦同(8.4 $\mu\text{g/g Cr}$)，尿液樣本金屬成份濃度如表 14。

B 廠勞工在等待下次熔爐時，其他勞工則在休息區休息，勞工休息時會先以肥皂清洗手部。比較現場作業員工上工前及下工前尿液中金屬成分的濃度，結果顯示前後並無太大差異，因此在選擇收集尿液的時間似乎沒有太大影響。在 B 場勞工的尿液中總鉻濃度大多低於偵測極限，下班前尿液樣本中 Cd 濃度以投料區勞工最高(3.40 $\mu\text{g/g Cr}$)，尿液樣本金屬成份濃度如表 15。

C 廠以毛邊研磨之勞工尿液中總鉻濃度最高(36.60 及 71.64 $\mu\text{g/g Cr}$)，高於 ACGIH 建議的 BEI 值(25 $\mu\text{g/g Cr}$)，而熔煉區其中一位勞工上工前及下工前的尿液樣本，其總鉻濃度由 1.25 $\mu\text{g/g Cr}$ 增加為 18.12 $\mu\text{g/g Cr}$ ，其增加量高於 ACGIH 所建議上工前及下工前增加量為 10 $\mu\text{g/g Cr}$ 的值。另毛邊研磨之現場作業勞工尿液中鎘濃度不論上工前及下工前均，高於 ACGIH 建議的 BEI 值(5 $\mu\text{g/g Cr}$)，推測該勞工可能因長期職場重金屬暴露，而體內累積一定量的鎘如表 16。

表 14 A 廠作業勞工尿液樣本分析結果(單位：μg/g Cr)

樣品編號	Mg	Al	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	備註
U0729001	370,809.2	129	8.4	9.3	99.2	2.3	11.1	13.8	1,686.8	1.8	7.6	熔煉區
U0729002	66,159.3	77.2	1.4	2.5	48.4	0.4	3.1	42	1,675.4	0.9	3.3	造模區
U0729003	190,962.9	273.3	3.7	9.9	84.3	0.9	3.4	ND	1,486.2	0.3	0.8	鑄造區
U0729005	22,622.3	26.5	1.7	1.1	13.3	0.1	1.4	ND	69.9	0.2	1.2	品管部
U0729006	6,917.7	115.3	0.6	2.8	18.2	0.3	2.8	ND	137.1	0.5	0.4	管理部
U0729004	24,362.3	96.9	0.7	7.6	114.9	1.8	5.7	ND	172.8	0.2	1.2	行政區
U0729007	83,219.2	48.6	0.4	1.2	15.9	0.2	1.7	1.7	447.1	0.7	0.9	行政區
可量化最低 濃度	0.3	2.4	0.105	0.066	0.3	0.054	0.0606	0.6	0.6	0.069	0.3	

表 15 B 廠作液勞工尿液樣本分析結果(單位：μg/g Cr)

樣品編號	Mg	Al	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	備註
U0807001A	25,246.4	61.88	0.11	0.75	19.44	0.16	11.15	151.25	401.87	0.42	5.76	澆鑄區
U0807002A	50,597.8	53.00	0.09	0.88	40.71	0.56	5.27	132.35	622.91	0.34	5.05	收料區#
U0807003A	5,875.33	35.16	0.11	1.13	19.84	0.21	4.42	149.27	1009.42	1.04	8.54	投料區
U0807004A	30,673.4	102.14	0.12	0.93	16.46	0.18	8.27	172.45	359.77	0.42	4.88	澆鑄區
U0807005A	24,093.7	65.05	0.42	1.23	76.19	0.48	28.26	282.19	518.07	0.52	10.85	收料區
U0807006A	24,286.1	124.56	0.18	1.78	25.34	0.57	9.66	261.65	950.29	1.01	9.82	澆鑄區
U0807007A	24,735.6	96.72	0.12	0.89	10.44	0.18	12.11	162.36	403.84	0.36	5.15	投料區
U0807001B	40,421.6	58.53	0.12	1.42	24.69	0.22	8.65	165.53	676.4	0.56	6.37	澆鑄區
U0807002B	18,790.6	66.8	0.10	1.44	26.84	0.58	4.22	131.8	598.14	0.58	5.72	收料區#
U0807003B	5,254.58	199.58	0.13	3.63	85.45	0.3	12.73	193.76	1574.92	3.40	62.18	投料區
U0807004B	52,068.4	78.89	0.15	1.14	19.39	0.31	10.84	209.25	729.83	1.18	6.58	澆鑄區
U0807005B	11,859.2	25.00	0.10	0.68	72.01	0.22	4.15	145.32	621.83	0.48	5.66	收料區
U0807006B	8,806.28	128.33	0.17	1.53	8.52	0.28	6.11	234.81	411.58	0.77	10.52	澆鑄區
U0807007B	20,879.5	107.88	0.34	5.39	35.85	0.25	11.53	444.05	738.42	0.95	13.96	投料區
U0807008	19,013.4	216.89	0.38	5.22	54.86	0.29	17.41	514.03	780.39	1.50	15.4	行政區
U0807009	25,045.9	176.91	0.45	6.14	72.22	2.01	41.95	620.93	762.31	2.57	51.89	行政區
U0807010	10,685.5	361.09	0.78	10.8	82.65	0.8	34.97	1,116.9	1,215.4	2.43	29.55	行政區
U0807011	26,741.9	66.17	0.12	0.78	19.46	0.16	11.68	159.6	424.29	0.43	6.23	行政區
可量化最低	0.3	2.4	0.105	0.066	0.3	0.054	0.0606	0.6	0.6	0.069	0.3	

A：上班前尿液，B：下班前尿液；#肌酸酐值落在 30-300mg/dl 範圍外

表 16 C 廠作業勞工尿液樣本分析結果(單位：μg/g Cr)

樣品編號	Mg	Al	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	備註
U120201A	135,869.2	ND	5.60	14.45	239.69	6.35	19.75	657.77	1,258.72	4.21	87.74	生三區
U120202A	98,542.76	ND	2.64	25.34	230.93	3.35	21.23	1,236.64	1,274.42	0.52	76.21	生三區
U120203A	74,550.07	ND	5.70	21.11	242.24	1.75	15.19	883.11	954.30	2.24	68.03	仕上區#
U120204A	60,889.28	ND	36.60	14.98	245.72	6.25	41.59	540.47	1,834.02	5.79	61.30	仕上區
U120205A	84,708.43	ND	1.31	33.75	303.22	3.03	29.79	1,794.31	1,977.72	1.48	95.91	生三區#
U120206A	67,194.41	ND	1.14	4.70	62.36	3.30	10.02	301.61	698.62	1.19	25.51	仕上區
U120207A	46,373.19	ND	3.72	2.10	32.93	0.56	5.11	124.62	460.36	0.58	9.19	生三區
U120208A	73,482.39	ND	8.54	7.69	142.95	0.99	17.57	359.24	555.10	0.80	19.48	仕上區
U120209A	179,884.6	ND	2.69	14.51	150.88	1.51	13.13	493.57	635.44	1.47	38.73	仕上區
U120210A	17,005.63	ND	1.25	2.53	29.29	0.38	27.42	170.35	345.39	2.17	55.95	生三區
U120211A	79,304.69	ND	5.47	15.82	225.21	9.94	24.13	717.39	966.08	4.65	102.69	生三區
U120212A	19,082.38	ND	0.87	1.99	25.17	0.25	2.47	104.10	364.76	0.39	7.97	生三區
U120213A	73,384.84	ND	3.60	9.95	159.47	2.63	31.62	719.13	927.20	1.31	43.13	生三區
U120214A	59,783.69	ND	1.38	8.45	75.78	1.44	6.95	283.90	392.15	0.92	23.29	熔煉區

U120215A	74,819.78	ND	2.65	17.92	161.53	0.94	12.15	476.28	1,175.27	2.34	71.07	熔煉區
U120216A	50,655.87	ND	71.64	20.06	552.26	2.57	45.23	909.37	1,201.55	1.35	78.93	熔煉區
U120217A	110,790.8	ND	3.62	7.33	67.79	3.39	14.26	422.72	1,148.65	1.95	54.40	行政人員#
U120218A	51,365.59	ND	0.63	1.68	18.37	2.11	3.99	72.75	695.96	1.38	7.85	行政人員
U120219A	75,900	ND	0.41	4.10	33.26	0.38	4.21	195.66	465.72	0.23	16.11	行政人員
U120201B	145,156.7	ND	7.75	15.91	246.21	0.90	21.09	602.21	1,425.05	0.30	37.64	生三區
U120202B	123,413.7	ND	6.46	35.11	210.17	7.26	24.23	1,197.21	1,205.46	1.46	477.77	生三區
U120203B	54,059.91	ND	0.73	13.27	159.83	0.80	28.85	633.15	804.38	1.05	57.33	仕上區#
U120204B	48,658.01	ND	3.77	31.81	313.91	5.06	33.34	1,343.35	1,967.41	5.89	216.50	仕上區
U120205B	135,578	ND	0.56	9.30	88.20	1.17	11.27	564.58	1,178.61	0.33	73.11	生三區#
U120206B	41,475.16	ND	0.72	8.24	104.28	2.88	17.44	472.11	758.11	1.27	24.89	仕上區
U120207B	76,514.11	ND	2.83	8.48	101.23	2.06	10.65	282.22	656.71	1.77	46.16	生三區
U120208B	114,638.4	ND	2.18	10.90	250.16	0.68	11.90	372.35	549.93	0.46	35.78	仕上區
U120209B	309,953.5	ND	1.27	3.48	54.77	0.77	10.86	313.42	615.49	1.87	18.82	仕上區
U120210B	29,191.76	ND	18.12	37.67	899.88	3.95	42.49	1,202.87	1,022.26	1.39	72.53	生三區
U120211B	61,738.13	ND	1.69	5.08	191.03	3.72	14.92	451.19	682.59	0.59	23.54	生三區
U120212B	25,135.58	ND	2.37	2.54	31.48	0.89	5.80	92.20	317.65	2.37	67.71	生三區

U120213B	75396.1	ND	4.67	8.64	124.14	0.94	23.38	740.21	1,035.90	ND	32.86	生三區
U120214B	66444.08	ND	0.54	5.36	42.02	0.38	4.72	296.60	379.05	0.14	10.49	熔煉區
U120215B	37620.67	ND	1.23	1.54	18.58	0.36	3.49	128.16	533.18	0.48	9.17	熔煉區
U120216B	150067.7	ND	2.15	37.62	473.42	2.65	36.88	1,988.16	2,457.73	ND	122.20	熔煉區
U120217B	232364.4	ND	4.08	6.88	220.56	2.83	19.46	845.32	1,504.73	5.93	134.48	行政人員#
U120218B	137564.4	ND	1.05	8.40	62.07	2.88	9.73	364.32	975.64	1.31	19.42	行政人員
U120219B	149714.4	ND	5.38	34.21	438.56	2.34	32.30	1,106.07	1,541.49	3.72	170.20	行政人員
U120220A	58977.36	ND	2.16	12.36	101.58	0.82	12.21	506.09	1,238.60	0.41	32.68	機械加工
U120221A	223714.6	ND	2.03	7.23	87.23	1.04	11.43	499.64	1,618.34	0.69	29.92	機械加工
U120222A	14176.45	ND	0.28	2.10	24.48	0.24	2.12	145.92	196.48	ND	5.60	機械加工
U120223A	325627.9	ND	5.78	34.95	322.90	2.38	34.52	1,274.52	3,396.91	4.18	80.20	機械加工#
U120224A	44660.55	ND	0.82	2.34	17.18	0.42	3.84	154.41	372.00	0.12	9.89	機械加工
U1202225A	70257.87	ND	3.58	9.21	204.25	0.58	7.76	229.95	354.60	0.85	11.71	課長#

A：上班前尿液，B：下班前尿液；#肌酸酐值落在 30-300mg/dl 範圍外

第四節 尿液樣本與空氣樣本相關性

A 廠尿液中以鎂及鋅濃度最高，但 A 廠區空氣樣本中鎂及鋅的濃度偏低，顯示暴露量應不至反映尿液中的代謝，推測此二種金屬濃度偏高可能是由飲食方面所引起。

探討 B 廠空氣重金屬濃度及勞工尿液中重金屬濃度之相關性，結果顯示無論上下班之尿液中重金屬鎂、鋁、鉻、錳、鐵、鈷、鎳、銅、鋅、鎘及鉛之濃度與空氣樣本測定結果均未達統計上顯著相關，推測為本研究 B 廠勞工尿液樣本不足，以致無法明確探討是否尿液與樣本的相關性。

C 廠作業勞工上工前與下工前尿液中鎂濃度高於 A、B 兩廠，但與空氣採樣結果仍未達統計上顯著相關，推測可能與飲食習慣有關。另其他重金屬如：鋁、鉻、鎳、鐵、銅、鋅及鎘之尿液中濃度與空氣中濃度亦未達統計上顯著相關。

本研究另依據問卷調查結果及尿液重金屬濃度進行工作年資及尿液中金屬濃度進行統計分析，結果顯示勞工工作年資與勞工上工前及下工前尿液中金屬濃度皆無明顯差異($p>0.05$)。

本研究探討空氣樣本及尿液樣本金屬濃度的相關性中，皆無發現明顯相關，可能是因所選定的合金廠其所使用的金屬熔點較低，以致產生煙塵的量並不高，且因 A 及 B 廠的廠房挑高，通風狀況良好，以致勞工的暴露量較少。另一原因可能尿液中金屬暴露濃度值並未能即時反應出當天暴露濃度，因為重金屬半衰期長，故考慮各物質的半衰期推算當天人體代謝在尿液中的濃度值已是前幾天作業勞工的暴露濃度，因此導致上工前與下工前尿液暴露濃度值並無相關。

第五節 勞工重金屬暴露健康危害風險推估

由於六價鉻、錳、鎳、鎘及鉛等金屬，在流行病學或動物實驗研究結果顯示具致癌性或非致癌性的危害。本研究以空氣中金屬成分濃度做為暴露濃度，並結合由文獻中所獲得之相關參數進行金屬的致癌性及非致癌性的危害風險推估。

一、致癌風險推估

本研究主要針對四種具有致癌性的重金屬(六價鉻、鎳、鎘及鉛)，進行平均終生吸入暴露量(LADD)及致癌風險推估(CR)。空氣中濃度分別以各廠個人空氣樣本及作業現場區域採樣濃度的平均值做為暴露濃度，結果如表 17。

表 17 A、B 及 C 廠空氣中鉻、鎳、鎘及鉛濃度平均值(單位：μg/m³)

廠別	Cr	Ni	Cd	Pb
A	1.26	0.21	0.006	0.28
B	0.117	0.084	ND	0.460
C	0.366	1.351	0.19	0.676

本研究使用的暴露參數有呼吸量(IR：0.7625 m³/hr)、每日暴露時間(ET：8 hr/day)、暴露頻率(EF：250 days/year)、暴露期間(ED：30 years)、體重(BW：男性 67.35kg，女性 54.22 kg)、平均壽命(AT：78 years)。鉻、鎳、鎘及鉛平均終生吸入暴露量推估彙整如表 18-19。作業環境中六價鉻、鎳、鎘及鉛平均致癌風險如表 20-21，其中六價鉻以總鉻濃度的一半(1/2 Cr)進行估算[12]。

表 18 男性六價鉻、鎳、鎘及鉛平均終生吸入暴露量(LADD)

廠別	Cr ⁶⁺	Ni	Cd	Pb
A	1.50 × 10 ⁻⁵	5.01 × 10 ⁻⁶	1.43 × 10 ⁻⁷	6.68 × 10 ⁻⁶
B	1.40 × 10 ⁻⁶	2.00 × 10 ⁻⁶	ND	1.10 × 10 ⁻⁵
C	4.37 × 10 ⁻⁶	3.22 × 10 ⁻⁵	4.53 × 10 ⁻⁶	1.61 × 10 ⁻⁵

單位：mg/kg day；ND:表低於偵測極限致無法進行推估；Cr⁶⁺:以 1/2 Cr 濃度進行推估

表 19 女性六價鉻、鎳、鎘及鉛平均終生吸入暴露量(LADD)

廠別	Cr ⁶⁺	Ni	Cd	Pb
A	1.87×10^{-5}	6.22×10^{-6}	1.78×10^{-7}	8.30×10^{-6}
B	1.73×10^{-6}	2.49×10^{-6}	ND	1.36×10^{-5}
C	5.42×10^{-6}	4.00×10^{-5}	5.63×10^{-6}	2.00×10^{-5}

單位：mg/kg day；ND:表低於偵測極限致無法進行推估；Cr⁶⁺:以 1/2 Cr 濃度進行推估

表 20 作業環境中六價鉻、鎳、鎘及鉛平均致癌風險(男性)

廠別	Cr ⁶⁺	Ni	Cd	Pb	Total
A	7.67×10^{-3}	4.56×10^{-6}	2.15×10^{-6}	2.81×10^{-7}	7.67×10^{-3}
B	7.12×10^{-4}	1.82×10^{-6}	ND	4.62×10^{-7}	7.14×10^{-4}
C	2.23×10^{-3}	2.93×10^{-5}	6.80×10^{-5}	6.77×10^{-7}	2.32×10^{-3}

ND:表低於偵測極限致無法進行推估；Cr⁶⁺:以 1/2 Cr 濃度進行推估；致癌平均時間則以 78 年 (28470 天)進行推估

表 21 作業環境中六價鉻、鎳、鎘及鉛平均致癌風險(女性)

廠別	Cr ⁶⁺	Ni	Cd	Pb	Total
A	9.52×10^{-3}	5.66×10^{-6}	2.67×10^{-6}	3.49×10^{-7}	9.53×10^{-3}
B	8.84×10^{-4}	2.27×10^{-6}	ND	5.73×10^{-7}	8.87×10^{-4}
C	2.77×10^{-3}	3.64×10^{-5}	8.45×10^{-5}	8.41×10^{-7}	2.89×10^{-3}

ND:表低於偵測極限致無法進行推估；Cr⁶⁺:以 1/2 Cr 濃度進行推估；致癌平均時間則以 78 年 (28470 天)進行推估

本研究依據 3 廠調查結果進行致癌風險推估，其中 A、C 廠無論男性及女性之作業勞工其暴露六價鉻之致癌風險高於職場可接受致癌風險 10^{-3} ，而 B 廠作業勞工之暴露六價鉻致癌風險亦接近職場可接受致癌風險 10^{-3} 。另 3 廠作業勞工

暴露鎳、鎘、鉛之致癌風險均低於職場可接受致癌風險，但女性作業勞工暴露之致癌風險高於男性作業勞工。

二、非致癌風險推估

本研究另以鐵、錳、鎳、鉻(六價)、鎘、銅及鋅等七種金屬做為非致癌風險評估，本研究使用暴露參數包括呼吸量(IR：0.7625 m³/hr)、每日暴露時間(ET：8 hr/day)、暴露頻率(EF：250 days/year)、暴露期間(ED：30 years)、體重(BW：男性 67.35kg，女性 54.22 kg)、平均壽命(AT：78 years)。空氣中濃度分別以各廠個人空氣樣本及作業現場區域採樣濃度的平均值做為暴露濃度，結果如表 22；平均終生吸入暴露量推估結果如表 23，各廠作業環境中 7 種金屬之非致癌風險推估結果如表 24-25。

非致癌風險推估結果得知，A 及 C 廠現場勞工暴露錳的危害指數均高於其他金屬，且超過危害指數標準甚多(標準值為 1)。在三個廠男性暴露鉻的平均危害指數介於 2.79×10^{-4} - 3.01×10^{-3} ，鐵的平均危害指數介於 9.46×10^{-5} - 4.58×10^{-3} ，鎳的平均危害指數介於 1.00×10^{-4} - 1.61×10^{-3} ，銅的平均危害指數介於 ND~ 4.50×10^{-4} ，鋅的平均危害指數介於 2.62×10^{-4} - 1.86×10^{-3} ，鎘的平均危害指數介於 ND- 2.02×10^{-5} 。

在三個廠女性暴露於鉻的平均危害指數介於 3.47×10^{-4} - 3.73×10^{-3} ，鐵的平均危害指數介於 1.18×10^{-4} - 4.69×10^{-3} ，鎳的平均危害指數介於 1.21×10^{-4} - 2.00×10^{-3} ，銅的平均危害指數介於 ND- 5.71×10^{-4} ，鋅的平均危害指數介於 3.25×10^{-4} - 2.31×10^{-3} ，鎘的平均危害指數介於 ND-0.353。

對於金屬非致癌風險評估結果來看，女性現場作業勞工金屬暴露危害指數較男性的要高；在 A 及 C 廠錳危害指數超過標準值 1，顯示此 A 及 C 廠現場作業勞工均須注意重金屬錳的暴露。

表 22 A、B 及 C 廠空氣中 7 種金屬濃度平均值(單位：μg/m³)

廠別	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Cd
A	1.26	4.04	57.56	0.21	0.52	3.29	0.006
B	0.117	0.049	1.19	0.084	ND	23.35	ND
C	0.366	1.15	7.44	1.35	0.77	0.64	0.68

表 23 A、B 及 C 廠空氣中 7 種金屬女性平均終生吸入暴露量(LADD)

廠別	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Cd
A	1.87×10^{-5}	1.20×10^{-4}	1.71×10^{-3}	6.22×10^{-6}	1.54×10^{-5}	9.75×10^{-5}	1.78×10^{-7}
B	1.73×10^{-6}	1.45×10^{-6}	3.53×10^{-5}	2.49×10^{-6}	ND	6.92×10^{-4}	ND
C	5.42×10^{-6}	3.41×10^{-5}	2.21×10^{-4}	4.00×10^{-5}	2.28×10^{-5}	1.90×10^{-5}	2.02×10^{-5}

單位：mg/kg day；ND:表低於偵測極限無法進行推估；Cr⁶⁺:以 1/2 Cr 濃度進行推估

表 24 A、B 及 C 廠空氣中 7 種金屬平均非致癌風險(男性)

廠別	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Cd	Total
A	3.01×10^{-3}	6.74	4.58×10^{-3}	2.51×10^{-4}	3.10×10^{-4}	2.62×10^{-4}	2.51×10^{-3}	6.75
B	2.79×10^{-4}	8.18×10^{-2}	9.46×10^{-5}	1.00×10^{-4}	ND	1.86×10^{-3}	ND	8.41×10^{-2}
C	8.73×10^{-4}	1.92	5.92×10^{-4}	1.61×10^{-3}	4.5×10^{-4}	5.09×10^{-5}	2.84×10^{-1}	2.21

ND:表低於偵測極限無法進行推估；Cr⁶⁺:以 1/2 Cr 濃度進行推估；非致癌平均時間則以 78 年 (28470 天)進行推估

表 25 A、B 及 C 廠空氣中 7 種金屬平均非致癌風險(女性)

廠別	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Cd	Total
A	3.73×10^{-3}	8.37	5.69×10^{-3}	3.11×10^{-4}	3.85×10^{-4}	3.25×10^{-4}	3.11×10^{-3}	8.39
B	3.47×10^{-4}	0.102	1.18×10^{-4}	1.24×10^{-4}	ND	2.31×10^{-3}	ND	0.104
C	1.08×10^{-3}	2.38	7.35×10^{-4}	2.00×10^{-3}	5.71×10^{-4}	6.32×10^{-5}	3.53×10^{-1}	2.74

ND:表低於偵測極限無法進行推估；Cr⁶⁺:以 1/2 Cr 濃度進行推估；非致癌平均時間則以 78 年 (28470 天)進行推估

第五章 結論與建議

第一節 結論

- 一、 本研究主要探討特殊鋼及鋁鎂合金製造廠作業勞工職業重金屬暴露危害評估，針對國內 3 家特殊鋼及鋁鎂合金製造廠進行作業環境空氣重金屬及作業勞工尿液樣本採樣，並透過問卷調查進而瞭解工作年資、生活型態等因子與體內重金屬劑量之相關性，本研究 3 廠之採樣結果顯示作業環境空氣中重金屬濃度均低於法規容許暴露濃度，且作業勞工尿液中重金屬劑量亦低於 ACGIH 所建議之 BEI 值。
- 二、 本研究將受測勞工區分為暴露組(現場作業勞工)及對照組(行政人員)，研究結果顯示暴露組勞工尿液中重金屬濃度大都高於對照組勞工尿液中金屬濃度，顯見勞工因作業型態不同，暴露組於澆鑄、熔爐時會接觸熔融之金屬液所逸散之金屬煙塵，且研模製程勞工亦暴露金屬粉塵，辦公室行政人員相較於現場作業勞工重金屬暴露時間來的少。由於尿液中重金屬濃度可反應人體近期外在重金屬暴露進入體內吸收後之代謝情形，顯見暴露組相較於對照組有明顯較高之重金屬暴露情形。
- 三、 本研究作業環境測定結果雖低於法定容許暴露濃度，但透過重金屬暴露致癌風險推估發現，三廠作業勞工暴露六價鉻之平均致癌風險接近甚至超過職場可接受致癌風險 10^{-3} ，且女性勞工致癌風險高於男性。本研究所調查之 B、C 廠為鋁鎂合金製造廠，鉻金屬非主要製造原料，僅依需求添加適量比例製成成品；而 A 廠為特殊鋼製造廠，主要生產不鏽鋼產品，其鉻之使用量亦高於 B、C 兩廠，而風險推估結果亦顯示 A 廠勞工之六價鉻致癌風險高於 B、C 兩廠。
- 四、 重金屬非致癌風險推估結果顯示，A、C 廠錳之暴露危害指數均大於 1，對於鋁鎂合金及特殊鋼之熔煉、澆鑄、研模等製程勞工均可能暴露逸散之金屬煙塵或粉塵，故事業單位應重視勞工於製程中錳的暴露危害，並進行危害預防措施，降低製程中錳及其他重金屬之暴露，以保障勞工職場健康。

第二節 建議

- 一、 依據職業安全衛生法第 12 條第 1 項規定：「雇主對於中央主管機關定有容許暴露標準之作業場所，應確保勞工之危害暴露低於標準值」，本研究所測得空氣樣本中重金屬濃度雖均低於法規容許暴露濃度，作業勞工長期於低濃度重金屬作業環境工作，重金屬煙塵或粉塵進入體內後具累積性，長期暴露仍可能造成健康影響。建議特殊鋼或鋁鎂合金作業等合金製造工廠之雇主及勞工仍應注意製程中重金屬暴露危害，並確保作業勞工之重金屬暴露低於法定容許暴露濃度值。例如：定期進行作業環境重金屬濃度監測、高暴露區域加強工業通風措施且作業勞工落實防護具之使用，另建議事業單位之勞安人員或廠護針對較高危製程之作業勞工可監測其重金屬暴露造成之健康效應指標，藉由長期健檢資料統計分析，瞭解員工是否因職業重金屬暴露造成健康危害。
- 二、 本研究透過現場訪視發現部分作業勞工於工作時未配戴口罩，問卷調查結果發現，三廠勞工對於職場有害物暴露防護觀念仍有不足，合金製造有多項製程(如熔煉、澆注、研磨)有較高重金屬暴露，此區應特別注意工業通風措施及作業勞工防護具的使用，建議特殊鋼及鋁鎂合金等其他合金製造廠應加強對勞工的安全衛生及防護具配戴的教育訓練，以降低勞工金屬煙塵的暴露與健康危害。
- 三、 本次研究的對象為特殊鋼及鋁鎂合金製造廠經致癌風險推估結果顯示，特殊鋼之作業勞工六價鉻暴露致癌風險較鋁鎂合金作業勞工高，建議事業單位製程中若使用較大量之鉻金屬，應實施相關工程改善及危害預防措施降低勞工鉻之暴露量，以避免鉻暴露造成健康影響。
- 四、 鋁鎂合金所使用之金屬原料其熔融溫度約 570-660°C，相較於其他鐵、錳、鎳等金屬之熔融溫度要低很多，故於熔爐操作及澆鑄過程所產生之金屬煙塵會因溫度較低而測得較低的濃度，但若當製程中會添加較大比例之鉻、錳、鎳等熔點較高之金屬成分時，應特別注意金屬煙塵的逸散，本研究選取之廠商以鋁、鎂金屬為主要原料，建議未來研究可針對其他熔煉製程溫度較高之工廠作為採樣對象，以更能反應國內鋁鎂合金產業之暴露情形。

誌謝

本研究感謝勞動部勞動及職業安全衛生研究所李聯雄組長、朱偉銘助理研究員、長榮大學許憲呈副教授、安捷倫公司陳靖逸、許家晴及事業單位的支持協助得以順利完成，並感謝本研究審查委員之建議，謹此敬表謝忱。

參考文獻

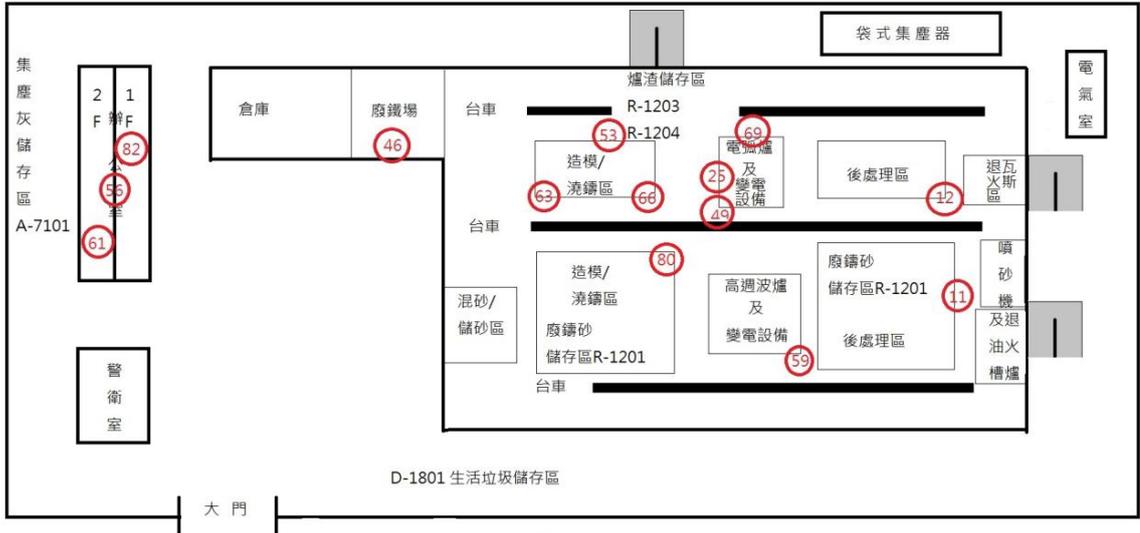
- [1] 林偉凱：2010 鋼鐵年鑑 – 特殊鋼篇。金屬工業研究發展中心，2010；MIRDC-099-T11F。
- [2] 林偉凱：我鋁產業回顧與展望。工業總會服務網；2012。
<http://www.cnfi.org.tw/kmportal/front/bin/ptdetail.phtml?Part=magazine10111-512-9>
- [3] Gurzau ES, Neagu C, Gurzau E. Essential metals-case study on iron. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 2003；56(1)：190-200.
- [4] Huang CC, Weng YH, Lu CS, Chu NS, Yen TC. Dopamine transporter binding in chronic manganese intoxication. *Journal of Neurology*. 2003；250(11)：1335-1339.
- [5] Hua MS, Huang CC. Chronic occupational exposure to manganese and neurobehavioral function. *Journal of Clinical experimental neuropsychology*. 1991；13(4)：495-507.
- [6] Bowler RM, Gysens S, Diamond E, Nakagawa S, Drezgic M, Roels HA. Manganese exposure: neuropsychological and neurological symptoms and effects in welders. *Neurotoxicology*. 2006；27(3)：315-326.
- [7] IARC. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Volume 49: Chromium, nickel and welding. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer, World Health Organization. 1990；257-445.
- [8] Anandersen A, Berg SR, Engeland A, Norseth T. Exposure to nickel compounds and smoking in relation to incidence of lung and nasal cancer among nickel refinery workers *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 1996；53：708-713.
- [9] Grimsrud TK, Berge SR, Haldorsen T, Andersen A. Exposure to different forms of nickel and risk of lung cancer. *American Journal and Epidemiology*. 2002；156(12)：1123-1132.
- [10] Rollin H. B., Theodorou P. and Cantrell A. C. “Biological indicators of exposure to total and respirable aluminium dust fractions in a primary aluminium smelter”, *Occup. Environ. Med.* 1996；53：417-421.
- [11] 謝俊明、周劍平：電弧爐作業勞工重金屬暴露調查研究。勞動部勞動及職業安全衛生研究所研究報告；2003：IOSH91-A312。
- [12] 何嘉達：鋼鐵工業懸浮微粒物化特性及暴露評估。中山大學環境工程研究所碩士

論文；2004。

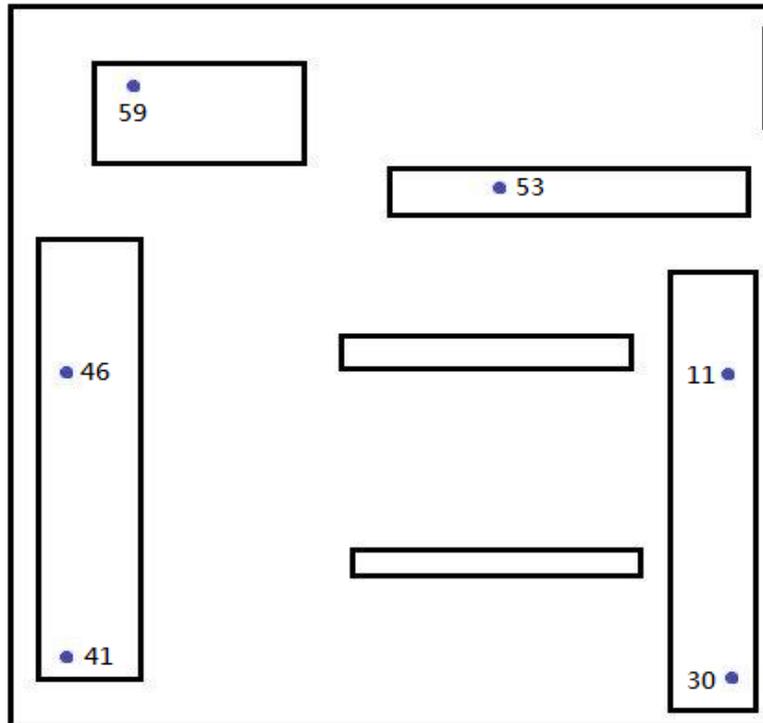
- [13] 江寒嶽：電弧爐煉鋼廠空氣粉塵金屬濃度與員工血中金屬濃度的關係以及血鉛與職業噪音暴露對聽力損失的影響。臺灣大學職業醫學與工業衛生研究所碩士論文；2007。
- [14] Ellingsen D.G., Metland S. M. and Thomassen Y. (2003) “Manganese air exposure assessment and biological monitoring in the manganese alloy production industry”, *J. Environ. Monit.*, 5, 84-90.
- [15] Rollin H. B., Theodorou P. and Cantrell A. C. (1996) “Biological indicators of exposure to total and respirable aluminium dust fractions in a primary aluminium smelter”, *Occup. Environ. Med.*, 53, 417-421.
- [16] Horng CJ, Tsai JL, Horng PH, Lin SC, Lin SR, Tzeng CC. “Determination of urinary lead, cadmium and nickel in steel production workers”. *Talanta* 2002 ; 56 : 1109-1115.
- [17] Cowan DM, Fan QY, Zou Y, Shi X, Chen J, Aschner M, Rosenthal FS, Zheng W. Manganese exposure among smelting workers: blood manganese-iron ratio as a novel tool for manganese exposure assessment. *Biomarkers* 2009 ; 14(1) : 3-16.
- [18] Boran AM, Al-Khatib AJ, Alanazi BS, Massadeh AM. Investigation of aluminum toxicity among workers in aluminum industry sector. *European Scientific Journal* 2013 ; 9(24) : 440-451.
- [19] Welinder H, Littorin M, Gullberg B, Skerfving S. Elimination of chromium in urine after stainless steel welding. *Scand J Work Environ Health* 1983 ; 9(5) : 397-403.
- [20] American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) TLVs Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices. Cincinnati, Ohio, ACGIH ; 2014.
- [21] Peixe TS, Nascimento ES, Silva CS, Bussacos MA. Occupational exposure profile of Pb, Mn, and Cd in nonferrous Brazilian sanitary alloy foundries. *Toxicol Ind Health* ; 2012,
- [22] Yokoyama K, Araki S, Sato H, Aono H. Circadian rhythms of seven heavy metals in plasma erythrocytes and urine in men: observation in metal workers. *Industrial Health*. 2000 ; 38(2):205-212.

附錄 1

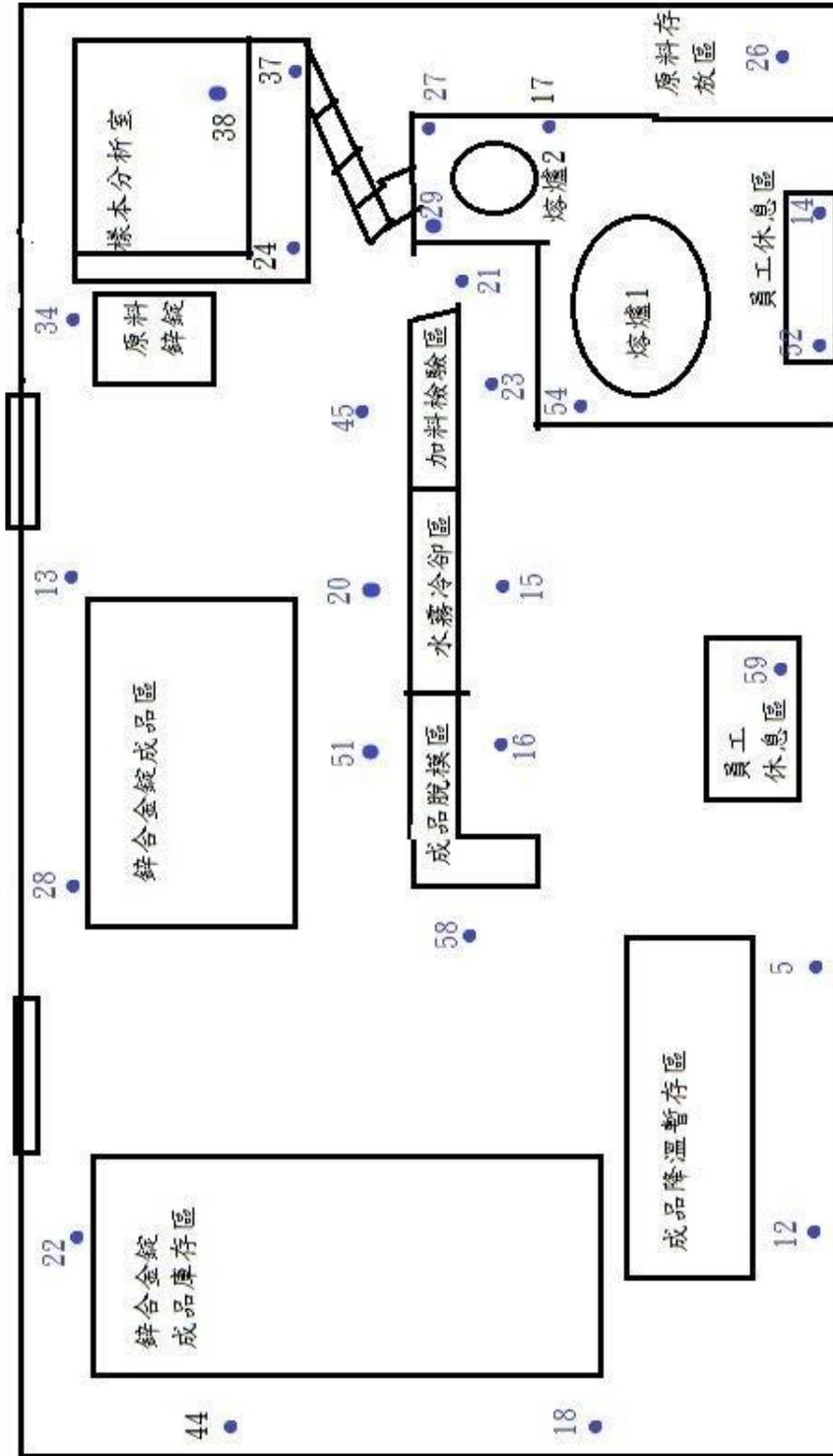
廠區平面圖及採樣規劃



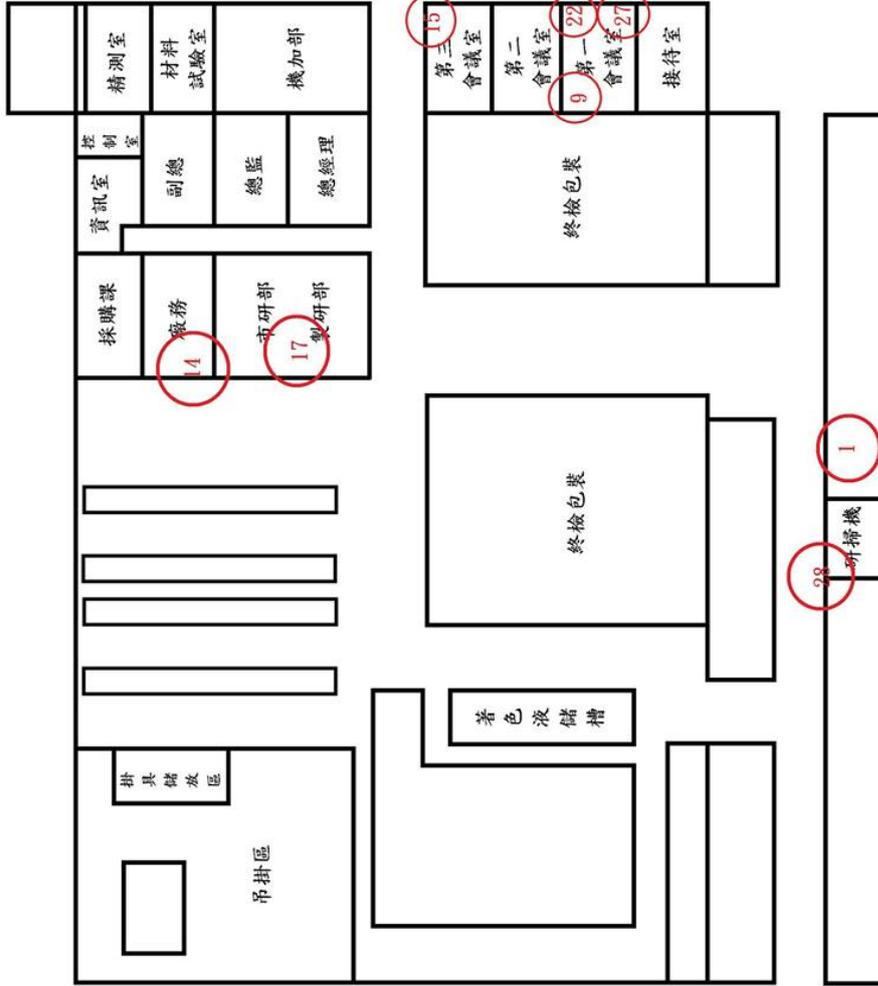
A 合金製造廠採樣點擺放位置



B 合金製造廠行政區平面圖



B 合金製造廠平面圖



C 合金製造廠平面圖(2)

附錄 2

員工調查問卷

受測者同意書簽名：_____

填寫日期：____年____月____日

一、基本資料：

1. 性別：男 女

2. 出生年月：_____年 _____月

3. 請問您的最高學歷？

(1)未受過正式教育 (2)小學 (3)國中 (4)高中或高職 (5)大專 (6)研究所以上

4. 身高：_____公分；體重：_____公斤

5. 工作部門：_____

6. 職稱：(1)技術員(作業員) (2)基層主管(_____) (3)中階主管
(_____) (4)高階主管(_____) (5)其他
(_____)

7 平均一天上班時間多長：_____小時

二、生活習慣：

1. 您是否有吸菸的習慣？

(1)沒有 (勾選此項，請跳答第 2 題)

(2)每天都抽，平均一天大約抽_____支，已_____年。(1 包 20 支)

(3)已戒菸超過半年

(3.1) 戒菸之前，平均一天大約抽_____支，已_____年

2. 請問您在工作場所中是否會吸到二手菸？

(1)是 (2)否

3. 請問您在家中是否會吸到二手菸？

(1)是 (2)否

4. 您是否有吃檳榔的習慣？

(1) 沒有或偶爾才吃 (勾選此項，請跳答第 5 題)

(2) 每天都吃，平均一天大約吃_____顆，已_____年。

(3) 已戒掉超過半年

(3.1) 戒掉之前，平均一天大約吃_____顆，已_____年。

5. 請問您有喝酒習慣嗎？

(1) 從不 (勾選此項，請跳答第 7 題)

(2) 目前有喝，_____歲開始喝酒。

(3) 已戒(至少戒掉一年)，_____歲開始喝，已戒酒_____年。

6. 您通常喝哪一種酒？(請選一項最常喝的種類)

(1) 啤酒類(酒精濃度低於 10%)：

平均每星期喝_____次，每次喝_____ (鋁)罐 (市售鋁罐台灣啤酒約 350 cc)。

(2) 中等酒精濃度(葡萄酒、米酒、保力達 B 或維士比、紅露酒、紹興酒)(酒精濃度 10-40%)：

平均每星期喝_____次，每次喝_____ 杯(每杯約 150 cc)。

(3) 烈酒(酒精濃度>40%)(高粱酒、威士忌、白蘭地、大麴酒、五加皮等)：

平均每星期喝_____次，每次喝_____ 杯(每杯約 50 cc)。

7. 您是否一年內服用中藥粉或喝煎煮之中藥？

(1) 沒有 (勾選此項，請跳答第 9 題)

(2) 偶爾使用

(3) 近三個月內使用 10 天以下

(4) 近三個月內使用 10 天到 30 天

(5) 近三個月使用 30 天以上。

8. 如您使用中藥製品，主要的來源為？

(1) 中醫師處方與正式中醫診所醫院取藥。

(2) 自行中藥房購買。

(3) 中醫成藥。

(4) 來源不明或親戚朋友介紹。

(5) 其他：_____。

9. 請問您是否有服用健康食品的習慣？

(1) 是，何種健康食品？ _____ (2) 否

10. 飲食習慣

(1) 全素食者 (2) 蛋奶素者 (3) 含適當蔬果葷食者 (4) 很少蔬果葷食者 (5) 全肉類葷食者 (6) 其他

11. 平常是否食用海鮮？

(1) 是 (2) 否 (勾選此項，請跳答第 12 題)

(11.1) 食用的海鮮種類：

(1) 海水魚，食用的頻率為：_____ 次(每星期)

(2) 淡水魚，食用的頻率為：_____ 次(每星期)

(3) 蝦蟹，食用的頻率為：_____ 次(每星期)

(4) 貝類，食用的頻率為：_____ 次(每星期)

12. 請問您個人平時有沒有做體能活動？(例如：跑步、打球或粗重的工作等)。

(1) 沒有 (2) 有，請繼續回答下列問題：

是哪一種運動：_____。

(12.1) 做此體能運動，您執行頻率如何？

(1) 每天，其運動時間約為多久：_____ (分鐘)

(2) 每禮拜，其平均為 _____ 次，
其運動時間約為多久：_____ (分鐘)

(3) 每個月，其平均為 _____ 次，
其運動時間約為多久：_____ (分鐘)

13. 請問您的住家離工業區的距離 1 公里以內？

(1) 是 (請續答第 14 題) (2) 否 (勾選此項，請跳答三、工作經歷)

14. 請問您住家附近的工業區有何種工業？

(1) 煉油廠 (2) 煉鋼廠 (3) 金屬製造業 (4) 電鍍業 (5) 其他

三、工作經歷：

1. 您目前就業的公司

為：_____。

2. 請問您目前的工作是屬於：

(1) 固定白天班 (2) 固定小夜班 (3) 固定大夜班 (4) 輪班

3. 您目前在公司主要工作區域有哪些? (可複選)

(1) 辦公室 (2) 原料區 (3) 加料區 (4) 電解爐區 (5) 調整合金區 (6) 出鋼區

(7) 澆鑄區 (8) 金屬加工現場 9 其他(請說明):_____。

4. 您目前工作現場地點特性為：

(1) 辦公室 (2) 空曠開放空間(如屋頂很高無隔間作業廠房) (3) 半開放空間(如通風良好之房間) (4) 局限空間(如通風不良之小房間) (5) 其他(請說

明):_____。

5. 您在這家公司工作年資合計有_____年_____月。

6. 您在目前的工作區(未曾中斷 1 個月以上)合計有_____年_____月。

7. 您過去曾待過哪些工作區? (可複選)

(1) 辦公室 (2) 原料區 (3) 加料區 (4) 電解爐 (5) 調整合金 (6) 出鋼區 (7) 澆鑄區 (8) 金屬加工現場 9 其他(請說明):_____。

8. 您在現場工作的資歷為(包含曾經在現場工作，現在轉調到非現場)：_____年

9. 您最近一年內，是否曾經進入工作現場廠區？

(1) 是 (2) 否 (勾選此項，請跳答第 10 題)

(1.1) 您最近一次進入工作廠區，是在多久之前？

(a) 每天工作都在廠區 (b) 一個月內 (c) 一個月前 (d) 三個月前 (e) 半年前

(f) 一年月前

(1.2) 您最近一次進入工作廠區，有沒有配戴防護口罩？

(a) 有，配戴防塵口罩 (b) 有，配戴濾毒灌 (c) 有，同時配戴以上兩者 (d) 沒有配戴以上任何防護口罩

10. 請問您尚未進入這家公司之前，是否曾經工作於『重金屬接觸』的工廠(需工作半年以上才

算，例如：焊接、電焊、金屬切割、金屬研磨加工、電鍍等)?

(1) 是，如果是的話，工作時間為：_____年。(2) 否

11. 請問您尚未進入這家公司之前，是否曾經工作於『粉塵作業類』的工廠(需工作半年

以上才算)?

(1) 是，如果是的話，工作時間為：_____年 (2) 否

12. 請問您覺得您現在工作單位的粉塵暴露是如何？

(1) 沒有，下班時服仍保持乾淨；

(2) 輕度：下班時,衣服偶爾沾了一些粉塵；

(3) 中度：下班時,衣服沾了不少粉塵；

(4) 重度：對面看不見人。

13. 請問您的工作環境是否有使用通風設備?

(1) 否 (2) 是 (請繼續回答下列問題)。

(13.1) 請問使用通風設備的頻率為？

(1) 工作時偶爾使用 (2) 工作時總是使用

(13.2) 請問您覺得通風效率如何？

(1) 不佳 (2) 普通 (3) 良好

(13.3) 通風設備類型?

(1) 整體換氣 (2) 局部排氣 (3) 其他(請說明)_____

14. 請問您覺得您工作時是穿戴呼吸防護用具?

(1) 否 (2) 偶而 (3) 經常 (4) 所有時間 (5) 做特別工作時(請說明)_____

15. 請問您覺得您工作時是穿戴手套?

(1) 否 (2) 偶而 (3) 經常 (4) 所有時間 (5) 做特別工作時(請說明)_____

(15.1) 種類：(1) 棉紗類 (2) 其他(請說明)_____

(15.2) 請問手套是否每天更換? (1) 是 (2) 否

(15.3) 請問手套多久更換一次? _____天

16. 請問您覺得您工作時是穿著的衣服是？

(1) 長袖 (2) 短袖 (3) 其他(請說明)_____

17. 請問你中午用餐前是否會洗手? (1) 是 (2) 否

18. 請問您於工作結束後之洗手方式為？

(1) 僅使用清水清洗 (2) 使用肥皂清洗 (3) 使用其他物質清洗，該物質是_____

19. 請問您每天飲用多少 cc 水？

(1) 1000cc 以下 (2) 1000-2000cc (3) 2000cc 以上

20. 請問您今天主要從事哪些工作項目？

(1) _____ (2) _____ (3)

_____ (4) _____ (5) _____

四、健康史

1. 請問您是否有罹患過慢性疾病？

(1) 否 (2) 是，請繼續回答下列問題：

(1.1) 請問是哪些慢性疾病？（可複選）

(1) 慢性阻塞性肺病（氣喘及慢性支氣管炎） (2) 肺結核 (3) 心臟病 (4) 高血壓 (5) 腦中風 (6) 肝硬化 (7) 慢性肝炎 (8) 胃腸機能性障礙 (9) 過敏性鼻炎 (10) 慢性鼻竇炎 (11) 糖尿病 (12) 皮膚病 (13) 紅斑性狼瘡 (14) 其它_____

(1.2) 是否曾就醫確診並接受治療？

(1) 是 (2) 否

(1.3) 此疾病已經持續多久的時間？ _____

2. 請問您是否會覺得記憶力衰退或健忘？

(1) 進廠後有 (2) 否

3. 您的家人或朋友是否曾說過您的記憶力不好？

(1) 進廠後有 (2) 否

4. 您的家人或朋友是否曾告訴您講話時常含糊不清？

(1) 進廠後有 (2) 進廠前有，現在沒有 (3) 都沒有

5. 您的家人或朋友是否曾告訴您講話聲音單調無變化？

(1) 進廠後有 (2) 進廠前有，現在沒有 (3) 都沒有

6. 您的家人或朋友是否曾告訴您的表情變得僵硬？

(1) 進廠後有 (2) 進廠前有，現在沒有 (3) 都沒有

7.您是否會出現幻覺？

(1) 進廠後有 (2) 否

8.您是否發現明明工作量或時間與以前一樣，卻比以前容易疲倦？

(1) 進廠後有 (2) 否

9.您是否會在沒運動的時候，覺得心跳加快或心悸？

(1) 進廠後有 (2) 否

10.您是否會覺得胸口有壓迫感或緊緊的感覺？

(1) 進廠後有 (2) 進廠前有，現在沒有 (3) 都沒有

11.您是否會莫名地冒冷汗？

(1) 進廠後有 (2) 否

12.當您在穿衣服的時候，扣鈕釦或解開鈕扣是否有困難？

(1) 進廠後有 (2) 否

13.您是否感覺身體不能平衡，常有跌倒的感覺？

(1) 進廠後有 (2) 否

14.您是否常感覺動作不協調或動作遲緩？

(1) 進廠後有 (2) 否

15.您在寫字或吃飯的時候是否會覺得手指顫抖？

(1) 進廠後有 (2) 進廠前有，現在沒有 (3) 都沒有

16.您的眼瞼、嘴唇或舌頭是否會發生顫抖？

(1) 進廠後有 (2) 進廠前有，現在沒有 (3) 都沒有

謝謝您的合作

附錄 3

作業環境空氣採樣結果

A 廠區域空氣樣本採樣結果

樣品編號	Mg	Al	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	備註
Blank*	5.938	1.486	0.309	0.035	1.486	0.003	0.073	0.344	1.594	ND	0.128	
A0729001	ND	1.93	1	1.47	43.71	0.01	0.12	0.2	0.52	ND	0.07	廢砂區
A0729002	32.27	11.36	3.45	31.76	421.9	0.066	1.01	3.13	6.7	0.0049	0.582	後處理區
A0729003	3.25	5.51	1.02	2.57	49.61	0.01	0.13	0.32	6.84	0.0043	0.515	電弧爐區
A0729005	1.82	4.51	0.89	3.91	8.93	0.006	0.12	0.47	11.53	0.0062	0.707	電弧爐區
A0729012	2.14	4.61	0.41	0.43	10.86	0.003	0.06	0.16	0.72	0.0054	0.088	電弧爐區
A0729008	7.81	15.5	3.84	3.01	47.53	0.015	0.31	0.49	4.95	0.004	0.594	高週波爐區
A0729013	3.63	2.26	0.27	0.05	4.26	0.004	0.05	ND	0.56	ND	0.09	高週波爐區
A0729006	ND	3.3	0.34	0.1	6.24	0.004	0.08	0.18	0.77	0.0045	0.113	澆鑄區
A0729010	1.97	5.13	2.03	0.5	16.87	0.009	0.3	0.32	2.69	0.0034	0.184	澆鑄區
A0729011	3.29	5.23	0.42	0.53	15.51	0.005	0.08	0.16	0.9	0.0145	0.104	澆鑄區
A0729004	ND	2.35	0.23	0.06	7.69	0.004	0.06	0.23	ND	ND	0.041	廢鐵場區
A0729007	ND	0.17	0.03	0.01	3.12	ND	0.02	0.02	0.11	ND	0.011	行政區
A0729009	1.1	1.65	0.22	0.02	4.7	0.004	0.03	0.06	ND	ND	0.077	行政區

A0729014	0.29	2	0.17	0.02	4.05	0.006	0.06	0.07066	ND	0.0035	0.096	行政區
偵測極限*	0.0313	0.0833	0.0036	0.0023	0.0104	0.0019	0.021	0.0208	0.0208	0.0024	0.0104	
容許濃度	10000	-	1000	1000	10000	50	1000	200	5000	50	50	

單位：μg/m³；*以採樣體積 720L 進行計算；ND 表測出值低於偵測極限

B 廠個人空氣採樣結果

樣品編號	Mg	Al	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	備註
Blank*	0.635	1.858	0.306	0.017	0.351	0.003	0.028	0.045	0.132	0.003	0.056	
B0807050	2.99	3.94	0.15	0.028	1.57	ND	0.059	ND	18.13	ND	0.61	勞工 1
B0807042	3.47	4.26	0.098	0.052	3	ND	0.081	ND	15.38	0.003	0.62	勞工 2
B0807033	1	1.73	0.126	0.033	0.92	0.0051	0.058	ND	4.6	0.007	0.49	勞工 3
B0807049	3.98	6.14	0.153	0.038	2.05	ND	0.065	ND	14.87	ND	0.27	勞工 4
B0807025	2.2	2.13	0.131	0.043	2.69	0.0019	0.084	ND	6.95	ND	0.45	勞工 5
B0807035	6.08	7	0.085	0.042	2.95	ND	0.058	ND	30.07	ND	1.08	勞工 6
B0807048	7.99	12.05	0.115	0.096	3.59	0.0019	0.072	ND	65.97	ND	0.53	勞工 7
偵測極限*	0.0313	0.0833	0.0036	0.0023	0.0104	0.0019	0.021	0.0208	0.0208	0.0024	0.0104	
容許濃度	10000	-	1000	1000	10000	50	1000	200	5000	50	50	

單位：μg/m³；*以採樣體積 720L 進行計算；ND 表測出值低於偵測極限

B 廠作業環境區域採樣結果

樣品編號	Mg	Al	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	備註
Blank*	0.635	1.858	0.306	0.017	0.351	0.003	0.028	0.045	0.132	0.003	0.056	
B0807017	7.29	12.30	0.203	0.051	1.81	ND	0.042	ND	45.08	ND	0.18	熔爐區
B0807027	6.52	9.13	0.125	0.099	2.66	ND	0.053	0.027	49.04	ND	0.66	熔爐區
B0807029	16.60	28.74	0.180	0.112	3.13	0.0098	0.069	0.080	145.24	ND	0.67	熔爐區
B0807054	3.40	5.76	0.122	0.035	1.33	ND	0.024	ND	32.70	ND	0.32	熔爐區
B0807014	3.89	4.23	0.191	0.058	2.09	ND	0.059	ND	19.43	ND	0.56	休息區 1
B0807052	2.20	2.43	0.024	0.026	1.22	ND	0.035	ND	8.48	ND	0.21	休息區 1
B0807024	10.40	11.68	0.187	0.096	2.74	ND	0.051	0.035	65.10	ND	0.59	分析室外
B0807037	3.55	5.10	0.177	0.064	2.20	ND	0.039	ND	24.58	ND	0.33	分析室外
B0807038	0.80	1.11	0.095	0.011	0.43	ND	0.047	ND	3.45	ND	0.23	分析室內
B0807021	6.23	5.58	0.150	0.058	2.51	ND	0.055	0.040	26.82	ND	0.77	檢驗區
B0807023	1.47	1.85	0.130	0.021	0.80	ND	0.040	ND	5.84	ND	0.26	檢驗區
B0807045	2.96	4.34	0.060	0.036	1.36	ND	0.034	ND	19.39	ND	0.37	檢驗區
B0807015	5.26	3.14	0.084	0.050	2.37	ND	0.973	0.229	10.47	ND	0.54	水霧區
B0807020	4.06	6.11	0.121	0.061	1.99	ND	0.058	ND	29.21	ND	0.69	水霧區
B0807016	1.55	2.26	0.113	0.030	1.19	0.0021	0.029	ND	5.85	ND	0.23	脫模區

B0807051	2.18	2.39	0.078	0.043	1.46	0.0027	0.049	ND	7.13	ND	0.43	脫模區
B0807058	1.19	1.60	0.093	0.016	1.05	ND	0.033	ND	4.27	ND	0.07	脫模區
B0807005	2.01	1.72	0.067	0.059	1.26	ND	0.054	ND	6.34	ND	0.49	降溫區
B0807012	0.68	1.34	0.094	0.020	0.57	ND	0.028	ND	2.32	ND	0.06	降溫區
B0807059	2.01	2.53	ND	0.047	1.58	ND	0.062	ND	8.10	ND	0.49	休息區 2
B0807018	1.47	1.68	0.016	0.029	1.10	ND	0.056	ND	4.03	ND	0.52	庫存區
B0807022	0.68	1.33	0.109	0.021	0.78	ND	0.039	ND	2.91	ND	0.18	庫存區
B0807044	2.45	3.97	0.094	0.035	1.31	ND	0.025	ND	16.22	ND	0.18	庫存區
B0807013	3.89	3.85	0.066	0.043	1.45	ND	0.047	ND	18.92	ND	0.68	成品區
B0807028	2.96	4.14	0.157	0.046	2.12	ND	0.196	0.148	9.36	ND	0.55	成品區
B0807026	3.80	5.82	0.173	0.065	2.39	ND	0.053	ND	18.56	ND	0.72	原料區 1
B0807034	7.16	11.97	0.103	0.105	5.35	0.0034	0.126	ND	48.96	0.003	0.61	原料區 2
偵測極限*	0.0313	0.0833	0.0036	0.0023	0.0104	0.0019	0.0210	0.0208	0.0208	0.0024	0.0104	
容許濃度	10000	-	1000	1000	10000	50	1000	200	5000	50	50	

單位：μg/m³；*以採樣體積 720L 進行計算；ND 表測出值低於偵測極限

C 廠對照組作業環境區域空氣採樣結果

樣品編號	Mg	Al	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	備註
Blank*	1.201	ND	0.177	0.035	1.247	0.010	0.139	1.003	0.958	0.007	0.229	
C120215	ND	1.02	0.07	1.25	0.95	0.038	ND	ND	ND	0.197	0.95	第三會議室
C120209	0.56	3.79	0.07	0.47	1.74	0.079	ND	ND	ND	0.012	ND	財務室
C120222	ND	財務室										
C120227	ND	1.19	0.04	0.72	0.75	0.065	ND	ND	ND	0.094	0.48	財務室
偵測極限*	0.0313	0.0833	0.0036	0.0023	0.0104	0.0019	0.0210	0.0208	0.0208	0.0024	0.0104	
容許濃度	10000	-	1000	1000	10000	50	1000	200	5000	50	50	

單位：μg/m³；*以採樣體積 720L 進行計算；ND 表測出值低於偵測極

C 廠作業環境區域採樣結果

樣品編號	Mg	Al	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	備註
Blank*	1.201	ND	0.177	0.035	1.247	0.010	0.139	1.003	0.958	0.007	0.229	
C120224	5.92	27.84	0.13	0.99	3.16	0.038	ND	ND	0.60	0.108	0.55	變電站
C120208	0.83	20.37	0.24	0.94	2.73	0.017	ND	ND	ND	0.134	0.63	仕上區
C120212	ND	6.49	0.07	0.47	0.07	0.007	ND	ND	ND	0.066	0.27	仕上區
C120221	6.10	101.24	0.35	1.31	5.58	0.071	0.138	1.67	1.94	0.114	0.61	仕上區
C120237	2.64	9.78	0.25	0.57	2.19	0.037	ND	ND	0.03	0.051	0.18	鎂壓鑄區
C120232	ND	1.69	0.07	0.11	0.23	0.003	ND	ND	ND	ND	0.08	鎂壓鑄區
C120242	ND	1.25	0.08	3.11	0.75	0.041	ND	ND	ND	0.396	2.23	鎂壓鑄區
C120245	0.41	2.05	0.14	0.62	2.37	0.100	ND	ND	ND	0.055	0.18	鎂壓鑄區
C120240	4.16	ND	0.82	1.55	1.81	0.109	11.048	ND	0.25	1.110	1.46	鋁壓鑄區
C120241	1.86	0.40	0.69	0.98	1.98	0.037	ND	ND	0.57	0.144	0.82	鋁壓鑄區
C120230	ND	0.08	0.22	0.82	ND	0.001	0.044	ND	ND	0.126	0.73	鋁壓鑄區
C120244	6.27	2.29	0.04	1.12	1.57	0.141	ND	ND	ND	0.126	0.46	鋁壓鑄區
C120219	20.63	2.15	0.57	0.82	1.86	0.054	ND	ND	ND	0.071	0.38	鑽工桌
C120214	ND	4.74	0.67	1.13	0.78	ND	0.251	ND	ND	0.199	1.00	廠務區

C120217	ND	4.09	0.08	1.20	2.38	0.006	ND	ND	ND	0.160	0.91	製研部
C120228	ND	152.44	0.44	2.50	30.33	0.079	0.047	2.14	1.45	0.202	1.35	研磨機
C120201	2.91	599.34	0.85	2.57	85.67	0.105	0.340	10.39	5.90	0.307	0.26	研磨機
C120206	6.76	3.11	1.28	1.52	6.26	0.159	0.033	ND	0.56	0.160	0.57	
C120231	5.95	1.43	0.34	0.87	2.19	0.123	ND	ND	ND	0.157	0.78	
偵測極限*	0.0313	0.0833	0.0036	0.0023	0.0104	0.0019	0.0210	0.0208	0.0208	0.0024	0.0104	
容許濃度	10000	-	1000	1000	10000	50	1000	200	5000	50	50	

單位：μg/m³；*以採樣體積 720L 進行計算；ND 表測出值低於偵測極限

國家圖書館出版品預行編目資料

鋁鎂合金及特殊鋼製造工廠作業勞工暴露與健康風險評估 / 鄭乃云, 許憲呈著. -- 1 版. -- 新北市 : 勞動部勞研所, 民 104.03

面 ; 公分

ISBN 978-986-04-4694-4(平裝)

1.勞工衛生 2.職業衛生

412.53

104006130

鋁鎂合金及特殊鋼製造工廠作業勞工暴露與健康風險評估
著(編、譯)者：鄭乃云、許憲呈

出版機關：勞動部勞動及職業安全衛生研究所

22143 新北市汐止區橫科路 407 巷 99 號

電話：02-26607600 <http://www.ilosh.gov.tw/>

出版年月：中華民國 104 年 4 月

版(刷)次：1 版 1 刷

定價：100 元

展售處：

五南文化廣場

台中市 中區 中山路 6 號

電話：04-22260330

國家書店松江門市

台北市 松江路 209 號 1 樓

電話：02-25180207

- 本書同時登載於本所網站之「出版中心」，網址為：
<http://www.ilosh.gov.tw/wSite/np?ctNode=273&mp=11>
- 授權部分引用及教學目的使用之公開播放與口述，並請注意需註明資料來源；有關重製、公開傳輸、全文引用、編輯改作、具有營利目的公開播放行為需取得本所同意或書面授權。

GPN: 1010400761

ISBN: 978-986-04-4694-4