

可燃性粉塵物質之危害預防研究

.....
A Study of Hazard Prevention in Combustible Dust



ILOSH107-S504

可燃性粉塵物質之危害預防研究

**A Study of Hazard Prevention in
Combustible Dust**

勞動部勞動及職業安全衛生研究所

可燃性粉塵物質之危害預防研究

A Study of Hazard Prevention in Combustible Dust

研究主持人：黃傑郁、張承明

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 107 年 02 月 14 日至 107 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 108 年 6 月

摘要

隨著時代之進步，我國工業生產活動也有提升之趨勢。而在製程工業中，粉塵早已是不可或缺之一環，如塑膠業、木材業、鋼鐵業，甚至用於食品業、製藥業等行業，使用相當廣泛。然而工業上所使用之粉塵大多具有可燃性，一旦粉塵濃度達到爆炸範圍並遇靜電或火源，即可能會引發火災爆炸之重大職災，非僅造成人為重大傷亡，財產損失與環境破壞更是不可計量。國內外可燃性粉塵爆炸事故仍時有所聞，故擬提出危害預防之建議或對策，來降低災害發生之可能性。

本研究先行探討我國針對可燃性粉塵之相關法規規範，並與美國、英國比較法規之差異，另蒐集近十年國內外較常發生可燃性粉塵之火災爆炸事故進行彙整分析，並篩選出我國較常見於事故中之可燃性粉塵 2 種物質；再透過手持式 X 射線螢光分析儀 (X-ray fluorescence spectrometer, XRF)、同步分析儀 (Simultaneous thermal analysis, STA)、微差掃描熱卡計 (Differential scanning calorimeter; DSC)，進行成份分析及熱分析之特性研究。

本研究針對法規、職災分析，以及實驗之結果，歸納出美國、英國及我國於危害物質、環境定義，以及作業環境、設備和教育訓練之可燃性粉塵法規差異，並分析國內外發生可燃性粉塵之職災事故多為金屬粉塵，發生事故多於研磨或拋光作業，及起火源多為摩擦火花造成，後現場訪視 2 家事業單位並採樣之樣品來進行成份分析及熱分析，瞭解該樣品之成份比例、熱重情況及吸放熱反應，最後提出可燃性粉塵作業場所相關雇主對於勞工之作業環境、設備、個人穿戴防護具及教育訓練之危害預防建議或對策，以期能降低粉塵火災爆炸之災害發生。

關鍵詞：製程工業，火災爆炸，可燃性粉塵物質

Abstract

With the process of this times, our production activities have also been highly trend in industries. The dust is indispensable part of the process industry and being widely used, such as plastic industry, timber industry, steel industry, food industry, pharmaceutical industry and so on. However, most of dust in industries have flammable. When the fire and explosion calamity happened, life and property must be paid out with huge economic costs while the dust concentration reaches the range in static electricity or fire source. And how to prevent accidents is a significant issue.

In this study, we collected the common of fire and explosion related laws and regulations governing combustible dust domestically and internationally for the last 10 years, and selected two dusts common in accidents of combustible dust domestically and compared the regulations of our country with that of the U.S. and the UK. Furthermore, we implemented the material analysis in X-ray fluorescence spectrometer (XRF), and the thermal analysis in simultaneous thermal analysis (STA) and differential scanning calorimeter (DSC).

Therefore, from the result of regulations, occupational disaster analysis, and experiments in this study. The different definitions of hazardous substances, environmental, and the regulations of operating environments, equipment, education and training in combustible dust in U.S., UK and domestic are summarized. Most of the occupational accidents in combustible dust were the metal dust, and more accidents occurred in grinding or polishing, and then the fire source were mostly by friction sparks. The samples where we visited two institutions and collected were conducted in material and thermal analysis to understand the composition ratio, thermogravimetric, endothermic and exothermic reaction. Finally, the prevention advices or countermeasures where the combustible dust workplace for labor about environment, equipment, personal protective equipment, education and training were proposed to the employers to reduce the dust fire and explosion occurred.

Keywords: Process industries, Fire and explosion, Combustible dust substance

目次

摘要.....	i
Abstract	ii
目次.....	iii
圖目次.....	iv
表目次.....	vi
第一章 計畫概述.....	1
第一節 前言	1
第二節 目的.....	6
第三節 工作項目	7
第二章 探討我國與美國、英國有關可燃性粉塵之法規規範差異性.....	8
第一節 我國可燃性粉塵相關法規.....	8
第二節 美國可燃性粉塵相關法規.....	12
第三節 英國於可燃性粉塵之法規.....	22
第四節 我國與美國、英國於可燃性粉塵之法規差異比較.....	28
第三章 國內外可燃性粉塵職災案例.....	44
第四章 進行我國常見 2 樣品於職災之可燃性粉塵物質.....	56
第一節 現場訪視.....	57
第二節 實驗樣品及設備.....	61
第三節 實驗結果與討論.....	66
第五章 結論與建議.....	80
第一節 結論.....	80
第二節 建議.....	82
致謝.....	83
參考文獻.....	84

圖目次

圖 1	2008-2017 年我國職業災害死亡、傷病、失能之次數.....	2
圖 2	2008-2017 年我國火災及爆炸導致職業災害死亡、傷病、失能次數.....	2
圖 3	2018 年 05 月 02 日彰化市某金屬加工廠發生金屬粉塵爆炸事故.....	3
圖 4	2015 年 06 月 17 日新北市八仙樂園發生彩色玉米粉塵燃燒之火災事故.....	4
圖 5	2014 年 11 月 01 日彰化縣某腳踏車工廠發生金屬粉塵爆炸之事故.....	4
圖 6	2014 年 08 月 02 日中國崑山某金屬製品廠發生金屬粉塵爆炸事故.....	5
圖 7	2010 年 12 月 09 日西維吉尼亞某金屬回收廠發生金屬粉塵爆炸事故.....	5
圖 8	2008 年 02 月 07 日美國喬治亞州某一製糖廠發生粉塵爆炸事故.....	6
圖 9	世界、中國、美國於不同時期之死亡/受傷粉塵爆炸事故.....	45
圖 10	不同類別導致全球粉塵爆炸之可燃性粉塵顯示圖.....	45
圖 11	不同產業所發生粉塵爆炸之事件顯示圖.....	46
圖 12	不同點火源產生粉塵爆炸之比例圖.....	46
圖 13	2008-2018 年我國可燃性粉塵火災爆炸事故之媒介物比例.....	48
圖 14	2008-2018 年我國可燃性粉塵火災爆炸事故之火源比例.....	49
圖 15	2008-2018 年國外可燃性粉塵火災爆炸事故之媒介物比例.....	52
圖 16	2008-2018 年國外可燃性粉塵火災爆炸事故之火源比例.....	53
圖 17	現場訪視 A 事業單位之現場環境情形.....	59
圖 18	現場訪視 B 事業單位之現場環境情形.....	60
圖 19	A、B 兩事業單位切削後之樣品 (乾式切削為左，濕式切削為右).....	61
圖 20	壓鑄鎂合金國際標準成份.....	62
圖 21	手持式 X 射線螢光分析儀外觀圖.....	63
圖 22	同步熱分析儀外觀圖.....	64
圖 23	同步熱重分析儀之 TGA 坩鍋 (左) 及 DSC 坩鍋 (右).....	64

圖 24	同步熱重分析儀之天平型式.....	65
圖 25	微差掃描熱卡計 (DSC) 之外觀示意圖.....	66
圖 26	熱對流式 DSC 剖面圖.....	66
圖 27	A 廠鎂合金樣品第一次測試之成份比例分析圖.....	67
圖 28	A 廠鎂合金樣品第二次測試之成份比例分析圖.....	68
圖 29	A 廠鎂合金樣品第三次測試之成份比例分析圖.....	68
圖 30	B 廠鎂合金樣品第一次測試之成份比例分析圖.....	68
圖 31	B 廠鎂合金樣品第二次測試之成份比例分析圖.....	69
圖 32	B 廠鎂合金樣品第三次測試之成份比例分析圖.....	69
圖 33	A 廠鎂合金樣品於不同昇溫速率之熱重分析結果 (1).....	70
圖 34	A 廠鎂合金樣品於不同昇溫速率之熱重分析結果 (2).....	70
圖 35	A 廠鎂合金樣品於不同昇溫速率之熱重分析結果 (3).....	71
圖 36	B 廠鎂合金樣品於不同昇溫速率之熱重分析結果 (1).....	72
圖 37	B 廠鎂合金樣品於不同昇溫速率之熱重分析結果 (2).....	72
圖 38	B 廠鎂合金樣品於不同昇溫速率之熱重分析結果 (3).....	73
圖 39	A 廠 (左) 與 B 廠 (右) 鎂合金樣品於熱重分析後之產物.....	74
圖 40	A 廠鎂合金樣品於 4°C 升溫速率下之熱分析圖.....	75
圖 41	B 廠鎂合金樣品於 4°C 升溫速率下之熱分析圖.....	75
圖 42	A 廠鎂合金樣品於 2°C 升溫速率下之熱分析圖.....	76
圖 43	B 廠鎂合金樣品於 2°C 升溫速率下之熱分析圖.....	77
圖 44	A 廠鎂合金樣品於 1°C 升溫速率下之熱分析圖.....	78
圖 45	B 廠鎂合金樣品於 1°C 升溫速率下之熱分析圖.....	79
圖 46	A (右)、B (左) 兩鎂合金樣品於 DSC 熱分析實驗後之產物.....	79

表目次

表 1	我國、美國、英國針對可燃性粉塵之法規分類表.....	30
表 2	2008–2018 我國發生可燃性粉塵於火災爆炸之職災案例.....	47
表 3	2008–2018 國外發生可燃性粉塵於火災爆炸之職災案例.....	49
表 4	各粉塵物質引發粉塵爆炸所需最小條見表.....	53
表 5	最小點火能量分類.....	54
表 6	常見 6 種行為產生的靜電能量.....	54
表 7	工業常見的火花放電能量.....	54
表 8	研究方法之架構.....	56
表 9	現場訪視 2 家自行車零件製造業之工廠.....	57
表 10	A 廠鎂合金樣品於熱重分析之數據表.....	71
表 11	B 廠鎂合金樣品於熱重分析之數據表.....	73
表 12	A、B 兩鎂合金樣品於昇溫速率 4 °C/min 下之數據結果表.....	75
表 13	A、B 兩鎂合金樣品於昇溫速率 2 °C/min 下之數據結果表.....	77
表 14	A、B 兩鎂合金樣品於昇溫速率 1 °C/min 下之數據結果表.....	79

第一章 計畫概述

第一節 前言

時代的進步，造就了人們的方便性；社會的變遷，提昇了生活上的品質性。此兩項之需求，也增加了工作之需求，因此不得不藉助於各種設備之輔助，來達到、高品質之服務。古人曾有一句話：「工欲善其事，必先利其器」，說明著不但要有必要之設備，也需要有高品質之服務，勢必要講求設備之精良與否。其中，石油化學產業及其他衍生之相關產業於工業進展中，更是扮演著舉足輕重之角色，不僅是民生產業不可或缺之上游產業支應鏈，亦是高科技工業所需之原物料，因此也造就設備變化日新月異，使得人民對於加工品高度依存，各種製程工業也日趨繁複，伴隨之災禍也日益增高，帶來無數之職災案例事故層出不窮 [1]。根據我國針對職業災害於 2008–2017 年發生死亡、失能、傷病之勞保統計資料庫 [2] 統計，如圖 1 所示，得知死亡、傷病及失能於火災爆炸之事故中，分別總計有 61 件、867 件、159 件；另又針對職業災害原因於 2008–2017 年發生火災、爆炸所造成死亡、傷病、失能之統計，如圖 2 所示，得知死亡於火災及爆炸事件中分別有 32 及 29 件，傷病於火災及爆炸事件中分別 183 及 684 件，失能於火災及爆炸事件中分別為 49 及 110 件，於近十年來發生火災爆炸之事故所造成之危害仍居高不下。

然而，造成火災爆炸事故之物質多為可燃性、爆炸性或引火性等之化學物質，其中粉塵也帶來無數之案例事故。粉體之生產、加工、生成、使用類別眾多，存在之危害於各種行業，包括食品加工 (如糖果、澱粉、麵粉、飼料)、塑料、木材、橡膠、傢俱、紡織品、農藥、醫藥、染料、煤、金屬 (如鋁、鉻、鐵、鎂和鋅)、及化石燃料發電等，若將可燃性物質及部份正常情況下不可燃之物質縮小至細微分割狀態，皆存在著火災爆炸之危害隱憂，進而造成工業上無數之損失 [3-5]。根據 Sepideh, H. 等人文獻說明大多工業製程受到之粉塵爆炸危害，都涉及於處理或生產粉體中 [6]；又根據 1996 年 Gibson, N 文獻說明一般工業製程所使用之粉塵約有 70 % 具可燃性，也指出歐盟每年因粉塵爆炸所造成之直接損失高達 1 億歐元，且此損失金額還未包含員工傷慘死亡賠償損失、停工損失及企業之市場損失等間接損失 [7]。

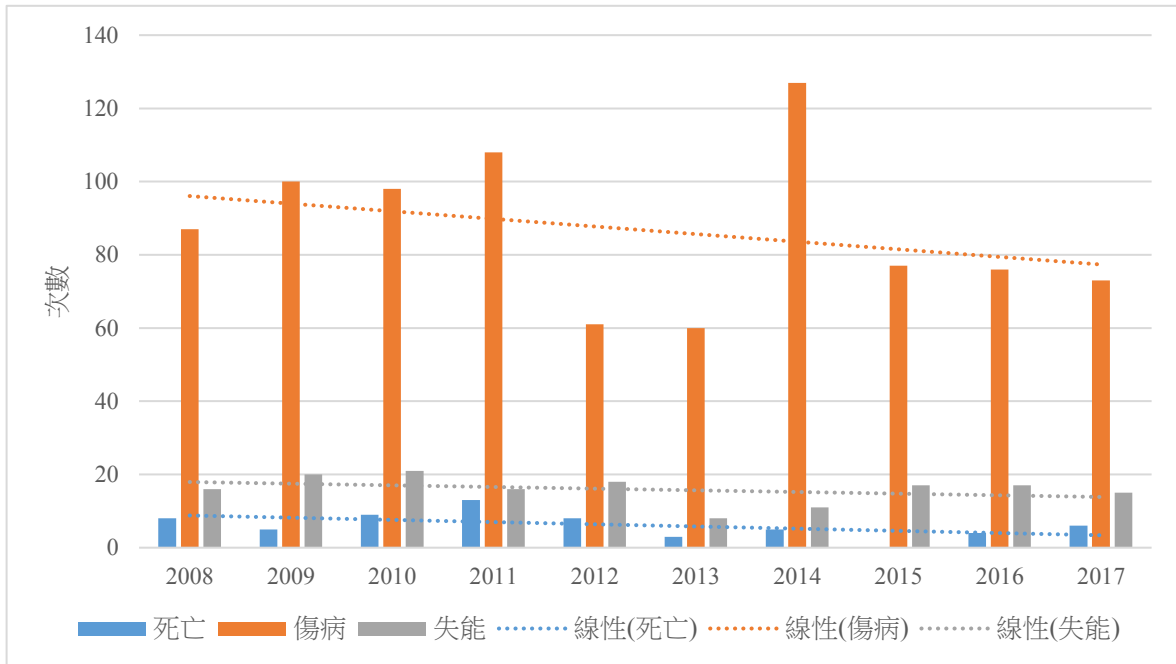


圖 1 2008-2017 年我國職業災害死亡、傷病、失能之次數 [2]

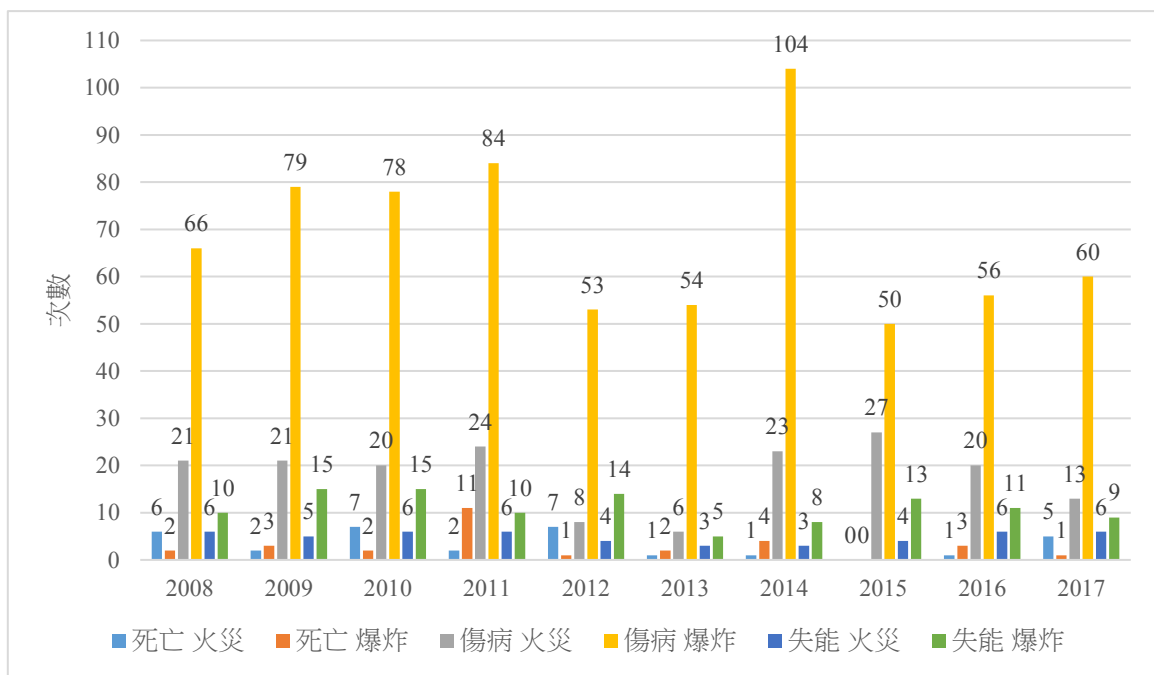


圖 2 2008-2017 年我國火災及爆炸導致職業災害死亡、傷病、失能次數 [2]

近年來我國發生數起粉塵爆炸之重大事故，2018 年，彰化市一家金屬加工廠發生粉塵爆炸事故 (如圖 3)，造成 1 死 8 傷 [8]；2015 年，新北市八仙樂園既發生玉米粉塵之塵燃重大災害 (如圖 4)，死傷近 500 人，震撼了全世界 [9]；2014 年彰

化某自行車工廠發生鎂鋁合金拋光之塵爆事故 (如圖 5)，造成 6 名勞工受傷 [10]。粉塵火災爆炸之重大事故，國外也發生過無數次之案例，如 2014 年於中國崑山某金屬製品公司發生鋁粉塵爆炸 (如圖 6) [11]、2010 年西維吉尼亞州之金屬回收廠發生金屬粉塵爆炸 (如圖 7) [12] 及 2008 年美國喬治亞州糖廠塵爆事件 (如圖 8) [13] 等重大災害。根據 Klippel, A 等人文獻說明於石化製程中大多數粉塵材料皆具有潛在粉塵爆炸之危險，當粉塵於工作場所累積達爆炸下限濃度時，將可能會發生粉塵爆炸事件 [14]；此類粉塵之危害性除了一般認知之吸入性健康危害外，當粉塵粒徑小於 100 微米 (μm) 時，更是容易產生粉塵爆炸 [15]。



圖 3 2018 年 05 月 02 日彰化市某金屬加工廠發生金屬粉塵爆炸事故 [8]



圖 4 2015 年 06 月 17 日新北市八仙樂園發生彩色玉米粉塵燃燒之火災事故 [9]



圖 5 2014 年 11 月 01 日彰化縣某腳踏車工廠發生金屬粉塵爆炸之事故 [10]



圖 6 2014 年 08 月 02 日中國崑山某金屬製品廠發生金屬粉塵爆炸事故 [11]



圖 7 2010 年 12 月 09 日西維吉尼亞某金屬回收廠發生金屬粉塵爆炸事故 [12]



圖 8 2008 年 02 月 07 日美國喬治亞州某一製糖廠發生粉塵爆炸事故 [13]

每當發生粉塵火災爆炸之事故時，往往帶來嚴重之災害後果，也造成經濟產業及環境安全之莫大衝擊，因此，本研究探討可燃性粉塵物質於國內外法規、案例蒐集，及熱分析實驗之研究，並提出建議或預防對策供相關事業單位參採，以期能降低粉塵火災爆炸之災害發生。

第二節 目的

國內可燃性粉塵造成火災爆炸之相關案例不可枚舉，大部份發生原因是關於設備之設計、未遵守粉塵爆炸之防護標準，以及管理制度等，進而造成設備故障，人員傷亡及周圍環境之破壞 [16-17]。由於粉塵物質之使用於各行業相當廣泛，與許多產品皆有密切關係，因此，為防止可燃性粉塵職災之發生，本研究目的針對可燃性粉塵物質進行研究，以探討可燃性粉塵火災爆炸之危害預防措施。

第三節 工作項目

本研究之工作項目分為四個項目，各項工作內容分別如下：

- 一、探討我國與美國、英國有關可燃性粉塵之法規規範差異性。
- 二、蒐集 2008–2018 年國內外發生可燃性粉塵火災爆炸之職災事故，並進行彙整分析。
- 三、篩選我國常見於職災事故之可燃性粉塵物質，選取 2 種樣品進行熱分析。
- 四、提出相關危害預防建議或對策。

第二章 探討我國與美國、英國有關可燃性粉塵之法 規規範差異性

本章節彙整我國職業安全衛生法令、美國職業安全衛生署 (Occupational Safety and Health Administration, OSHA)「OSHA 1910 職業安全衛生標準」及英國健康與安全執行局 (Health and Safety Executive, HSE) 有關可燃性粉塵相關法規，相關說明如下：

第一節 我國可燃性粉塵相關法規

根據我國職業安全衛生法之規定 [18]，內容分別說明如下：

一、職業安全衛生法：

(一) 第 2 條之第 5 款，職業災害：指因勞動場所之建築物、機械、設備、原料、材料、化學品、氣體、蒸氣、粉塵等或作業活動及其他職業上原因引起之工作者疾病、傷害、失能或死亡。

(二) 第 6 條第 1 項第 7 款，雇主對下列事項應有符合規定之必要安全衛生設備及措施，防止原料、材料、氣體、蒸氣、粉塵、溶劑、化學品、含毒性物質或缺氧空氣等引起之危害。

(三) 第 18 條，工作場所有立即發生危險之虞時，雇主或工作場所負責人應即令停止作業，並使勞工退避至安全場所。

勞工執行職務發現有立即發生危險之虞時，得在不危及其他工作者安全情形下，自行停止作業及退避至安全場所，並立即向直屬主管報告。

雇主不得對前項勞工予以解僱、調職、不給付停止作業期間工資或其他不利之處分。但雇主證明勞工濫用停止作業權，經報主管機關認定，並符合勞動法令規定者，不在此限。

(四) 第 29 條第 1 項第 5 款，雇主不得使未滿十八歲者從事下列危險性或有害性工作：有害粉塵散布場所之工作。

二、職業安全衛生法施行細則安全衛生設施：

(一) 第 17 條第 2 項第 2 款，本法第十二條第三項規定應訂定作業環境監測計畫及實施監測之作業場所：粉塵作業場所。

(二) 第 28 條之第 7 款，本法第二十條第一項第二款所稱特別危害健康作業：粉塵作業。

三、勞動檢查法第二十八條所定勞工有立即發生危險之虞認定標準：

第 6 條之第 1 款及第 3 款，有立即發生火災、爆炸危險之虞之情事如下：

1. 對於有危險物或有油類、可燃性粉塵等其他危險物存在之配管、儲槽、油桶等容器，從事熔接、熔斷或使用明火之作業或有發生火花之虞之作業，未事先清除該等物質，並確認安全無虞。
2. 對於存有易燃液體之蒸氣、可燃性氣體或可燃性粉塵，致有引起火災、爆炸之工作場所，未有通風、換氣、除塵、去除靜電等必要設施。

四、職業安全衛生設施規則：

(一) 第 12 條之第 5 款及第 6 款，本規則所稱著火性物質，指下列危險物：

1. 鎂粉、鋁粉。
2. 鎂粉及鋁粉以外之金屬粉。

(二) 第 171 條，雇主對於易引起火災及爆炸危險之場所，應依下列規定：

1. 不得設置有火花、電弧或用高溫成為發火源之虞之機械、器具或設備等。
2. 標示嚴禁煙火及禁止無關人員進入，並規定勞工不得使用明火。

(三) 第 173 條，雇主對於有危險物或有油類、可燃性粉塵等其他危險物存在之虞之配管、儲槽、油桶等容器，從事熔接、熔斷或使用明火之作業或有發生火花之虞之作業，應事先清除該等物質，並確認無危險之虞。

(四) 第 175 條之第 5 款，雇主對於下列設備有因靜電引起爆炸或火災之虞者，應採取接地、使用除電劑、加濕、使用不致成為發火源之虞之除電裝置或其他去除靜電之裝置：易燃粉狀固體輸送、篩分等之設備。

(五) 第 177 條，雇主對於作業場所有易燃液體之蒸氣、可燃性氣體或爆燃性粉塵以外之可燃性粉塵滯留，而有爆炸、火災之虞者，應依危險特性採取通風、換氣、除塵等措施外，並依下列規定辦理：

1. 指定專人對於前述蒸氣、氣體之濃度，於作業前測定之。
2. 蒸氣或氣體之濃度達爆炸下限值之百分之三十以上時，應即刻使勞工退避至安全場所，並停止使用煙火及其他為點火源之虞之機具，並應加強通風。
3. 使用之電氣機械、器具或設備，應具有適合於其設置場所危險區域劃分使用之防爆性能構造。

前項第三款所稱電氣機械、器具或設備，係指包括電動機、變壓器、連接裝置、開關、分電盤、配電盤等電流通過之機械、器具或設備及非屬配線或移動電線之其他類似設備。

(六) 第 177-1 條：雇主對於有爆燃性粉塵存在，而有爆炸、火災之虞之場所，使用之電氣機械、器具或設備，應具有適合於其設置場所危險區域劃分使用之防爆性能構造。

(七) 第 177-2 條：雇主對於前二條所定應有防爆性能構造之電氣機械、器具、設備，於中央主管機關公告後新安裝或換裝者，應使用符合中央主管機關指定之國家標準、國際標準或團體標準規定之合格品。

前項合格品，指經中央主管機關認可公告之機構實施型式認證合格，並張貼認證合格標識者。

(八) 第 184 條之第 2 款，雇主對於危險物製造、處置之工作場所，為防止爆炸、火災，應依下列規定辦理：著火性物質，應遠離煙火、或有發火源之虞之物，並不得加熱、摩擦或衝擊或使其接觸促進氧化之物質或水。

(九) 第 184-1 條：雇主使勞工使用危險物從事作業前，應確認所使用物質之危險性，採取預防之必要措施。雇主對於化學製程所使用之原、物料及其反應產物，應分析評估其危害及反應特性，並採取必要措施。

- (十) 第 185 條：雇主對於從事危險物製造或處置之作業，應指定專人採取下列措施：
1. 製造或處置危險物之設備及附屬設備，有異常時應即採取必要措施。
 2. 於置有製造或處置危險物之設備及附屬設備之場所內，其溫度、濕度遮光及換氣狀況有異常時，應即採取必要之措施。
- (十一) 第 188 條：雇主對於存有易燃液體之蒸氣、可燃性氣體或可燃性粉塵，致有引起爆炸、火災之虞之工作場所，應有通風、換氣、除塵、去除靜電等必要設施。雇主依前項規定所採設施，不得裝置或使用有發生明火、電弧、火花及其他可能引起爆炸、火災危險之機械、器具或設備。
- (十二) 第 200 條第 1 項第 9 款：雇主對於使用之乾燥設備，應依下列規定：
危險物之乾燥作業，應有可將乾燥產生之可燃性氣體、蒸氣或粉塵排出安全場所之設備。
- (十三) 第 201 條之第 5 款，雇主對於乾燥室之操作，應依下列規定辦理：
應注意乾燥室之清掃，不得有粉塵堆積。
- (十四) 第 224 條：雇主對乾燥設備及其附屬設備，應每年定期就左列規定事項實施檢查。但超越一年期間未使用之乾燥設備及其附屬設備在其未使用期間，不在此限。
- (十五) 第 287 條：雇主對於勞工有暴露於高溫、低溫、非游離輻射線、生物病原體、有害氣體、蒸氣、粉塵或其他有害物之虞者，應置備安全衛生防護具，如安全面罩、防塵口罩、防毒面具、防護眼鏡、防護衣等適當之防護具，並使勞工確實使用。

第二節 美國可燃性粉塵相關法規

美國職業安全衛生署 (Occupational safety and healthy administration, OSHA) 對可燃性粉塵法規之規定於 29 CFR 1910，內容分別如下 [19]：

一、1910.22：作業場所 (Housekeeping)

1910.22 (a) 雇主必須確保該作業環境表面狀況：

1910.22 (a) (1)：作業場所地面狀況，雇主應確保所有作業場所、通道、儲藏室，服務區及行走區之地面須保持乾淨、衛生。

二、1910.38：緊急行動計畫 (Emergency action plan)

(一) 1910.38 (a) 針對 OSHA 標準要求，雇主必須制定緊急應變計畫。

(二) 1910.38 (b) 緊急應變計畫需採用書面形式呈現，並保存於該工作場所內工勞工查閱，但若雇用勞工不超過 10 人或低於之作業場所，雇主可口頭傳達該計畫。

(三) 1910.38 (c) 緊急應變計畫必須包括：

1. 1910.38 (c) (1)：報告火災及其他緊急情況之程序。
2. 1910.38 (c) (2)：緊急撤離之程序，須包括撤離及撤離路線分配之類型。
3. 1910.38 (c) (3)：在緊急撤離前之營運勞工應遵守相關程序。
4. 1910.38 (c) (4)：撤離所有勞工之流程。
5. 1910.38 (c) (5)：執行救援或醫療之員工應遵守程序。
6. 1910.38 (c) (6)：員工應需有可聯繫所有勞工之姓名、職稱，及需有該緊急計畫下更多之信息或職責說明。

(四) 1910.38 (d) 雇主必續擁有可維護勞工之警報系統，並需使用特定之信號於勞工及需符合 1910.165 之要求。

(五) 1910.38 (e) 緊急應變訓練中，雇主必須指定及培訓勞工，以協助其他勞工能有序地安全撤離。

(六) 1910.38 (f) 雇主必須與緊急應變計畫內之勞工進行審閱該計畫：

1. 1910.38 (f) (1)：當該計畫被制定或員工起初被分配到工作時。
2. 1910.38 (f) (2)：當勞工於計畫中職責發生變化時。
3. 1910.38 (f) (3)：當計畫改變時。

三、 1910.94：通風 (Ventilation)

(一) 1910.94 (a) 噴砂：

1. 1910.94 (a) (1) 適用噴砂之定義：

- (1) 1910.94 (a) (1) (vii) 除塵器，藉以排氣通風系統分離空氣中粉塵之裝置或組合裝置
- (2) 1910.94 (a) (1) (viii) 排氣通風系統，用於一空間內去除污染空氣之系統，包含兩種或更多種以下之元件：(a) 外殼或護罩 (b) 管道作業；(c) 集塵設備；(d) 排氣設備；(e) 排放煙囪。
- (3) 1910.94 (a) (1) (ix) 微粒過濾式呼吸器，主要是一個空氣淨化之呼吸器，通常又稱為粉塵或煙霧之呼吸器，可清除該設備內通過空氣中之大部份粉塵或煙霧。
- (4) 1910.94 (a) (1) (x) 可吸入性粉塵，空氣中粉塵之粒徑大小能夠通過上呼吸道至下肺通道。

2. 1910.94 (a) (2) 噴砂處理粉塵之危害：

- (1) 1910.94 (a) (2) (i) 噴砂材料上之研磨劑及表面塗層於噴砂過程中被衝碎及粉碎，形成含有可吸入之粒徑粉塵；於評估潛在之健康危害時，應考量此粉塵來源之成份及毒性。
- (2) 1910.94 (a) (2) (ii) 噴砂操作人員及其他勞工於一呼吸區之可吸入粉塵濃度或煙霧濃度，應保持於 1910.1000 之規定水平下。
- (3) 1910.94 (a) (2) (iii) 可燃的有機噴料只適用於自動系統。若易燃或爆炸性粉塵混合物出現於作業場所，該場所之設備結構包括排氣系統和所有電線，應符合美國國家標準安裝鼓風機和排氣系統內用於粉塵、儲存和蒸汽或輸送之要求，該標準 Z33.1-1961 (NFPA 91-1961)，其通過引用併入於 1910.6，以及該部分的子部分 S；噴嘴應粘接並接地，以防止靜電積聚。若作業場所存在易燃或爆炸性粉塵混合物，則噴砂箱，管道和集塵器應採用鬆散面板或防爆通風區域，位於遠離任何占用區域的兩側，以於發生爆炸時能提供壓力釋放，並也遵循國家消防協會 (NFPA) 通風指引之原則說明，此指引也引用併入於 1910.6。

3. 1910.94 (a) (3) 噴砂處理機箱：

1910.94 (a) (3) (i) 於進行噴砂操作作業之時，應進行噴砂機台內支通風排氣，並使機台內持續維持空氣流動：

- (1) 1910.94 (a) (3) (i) (a) 所有進氣口和進出口應採用擋板或安排具通過向內氣流的組合，可將磨料粉塵或灰塵顆粒降至極少化並看不見濺散之粉塵，以避免竄到鄰近的工作區域。
- (2) 1910.94(a) (3) (i) (b) 在停止運作後，應以足夠之排氣率來迅速清除外殼內密布於空氣之塵積。
- (3) 1910.94(a) (3) (i) (c) 在打開外殼之前，應關閉運作並使排氣系統運行足夠長之時間，以清除外殼內密布於空氣之塵積。
- (4) 1910.94 (a) (3) (i) (e) 在所有可能有灰塵洩漏的小通道開口處，應安裝多組耐磨並用於裂縫之擋板，且應定期檢查並於需要時更換。

4. 1910.94 (a) (4) 排氣通風系統：

- (1) 1910.94 (a) (4) (i) 排氣系統的構造，安裝，檢查和維護應符合美國國家標準基礎設施和局部排氣系統設計和操作規範 Z9.2-1960 和 ANSI Z33.1-1961 中規定的原則和要求，此規範是按照法規 1910.6 的規定通過引用併入。

1910.94 (a) (4) (i) (a) 當發現粉塵洩漏時，應盡快進行維修。

- (2) 1910.94 (a) (4) (ii) 於磨料可循環之裝置中，不應憑藉用於噴砂外殼的排氣通風系統取代磨料分離器來去除研磨後之細粉塵。應以磨料分離器作為目的。
- (3) 1910.94 (a) (4) (iii) 噴砂清理設備排出的空氣應通過集塵設備排出。應設置集塵器，以便排空和清除積聚的灰塵，而不會污染其他工作區域。

5. 1910.94 (a) (5) 個人防護裝備：

- (1) 1910.94 (a) (5) (i) 雇主僅必須採用國家職業安全健康研究所 (NIOSH) 中 42 CFR 第 84 部分之合法呼吸器，以保護員工免受於噴砂操作過程中產生粉塵。

- (2) 1910.94 (a) (5) (ii) 任何噴砂操作人員均應配戴噴砂式呼吸器。

1910.94 (a) (5) (ii) (c) 在噴砂處理被散布之有毒粉塵濃度，可能超過規範 1910.1000 中規定之限值，且噴嘴及噴砂於排氣通風之外殼中與操作員沒有物

理性隔離。

- (3) 1910.94 (a) (5) (iii) 正確安裝的微粒過濾式呼吸器，通常稱為防塵過濾式呼吸器，可用於短時間，間歇性或偶爾的粉塵暴露，如清理、傾倒集塵器，或在接收點卸載粉沙，以及於機台外殼、通風排氣或以其他方式處理而無法控制之粉塵。所使用的呼吸器必須經國家職業安全和健康研究所 (NIOSH) 中 42 CFR 第 84 部分批准，以防止遇到特定類型之粉塵：
 - A. 1910.94 (a) (5) (iii) (a) 在含非二氧化矽磨料用於具有低毒性的材料之作業中，防塵過濾式呼吸器可以用來保護外部作業噴砂操作的操作者。
 - B. 1910.94 (a) (5) (iii) (b) 在使用矽砂作為噴砂或噴射有毒物質時，不得使用防塵過濾式呼吸器進行持續防護。
 - (4) 1910.94 (a) (5) (iv) 對於使用本節要求的呼吸器的員工，雇主必須按照 29 CFR 1910.134 實施呼吸保護計劃。
 6. 1910.94 (a) (6) 供氣和空氣壓縮機。噴砂呼吸器的空氣應不含有害量的粉塵，霧氣或有毒氣體，且必須符合 29 CFR 1910.134 (i) 中規定的供氣質量和使用要求。
 7. 1910.94 (a) (7) 操作程序和一般安全。不得將粉塵堆積在噴砂外殼的地板或壁架上，並應立即清理灰塵。走道和步道應避免鋼丸或類似磨粉料，否則可能造成滑倒危險。
- (二) 1910.94 (b) 研磨，拋光和拋光操作：
1. 1910.94 (b) (3) 護罩和支管要求：
 - (1) 1910.94 (b) (3) (i) 應使用連接到排氣系統的護罩，並且應設計，定位和放置此護罩，使粉塵或灰塵顆粒落入或沿氣流方向飄浮至罩內。任何輪子，圓盤，皮帶或皮帶都不得以這樣的方式和方向操作，以致粉塵和污垢顆粒被傾注於操作員的呼吸區域。
 - (2) 1910.94 (b) (3) (iv) 用於水平單軸圓盤磨床的砂輪或圓盤，應採用覆蓋方式收集研磨操作產生之粉塵或灰塵，並應將護罩連接到具有排氣量的支管上。
 - (3) 1910.94 (b) (3) (vi) 用於垂直單軸圓盤磨床的砂輪或圓盤應使用護罩圍著，以去除操作中產生的灰塵。此護罩應連接到一個或多個排氣管。

(4) 1910.94 (b) (3) (vii) 研磨和拋光帶應設有護罩，以清除操作中產生之粉塵和灰塵，而此護罩應連接到具有排氣量的支管。

2. 1910.94 (b) (4) 排氣系統：

1910.94 (b) (4) (iii) 所有排氣系統應配備合適的集塵器

3. 1910.94 (b) (5) 護罩和外殼設計：

1910.94 (b) (5) (i) (a) 研磨和磨料切割輪護罩之雙重功能是保護操作者免受研磨輪的危害，並提供去除粉塵和灰塵之方法。所有護罩的結構強度不得低於法規 1910.215 的表 O-1 和 O-9 中之規定。

四、**1910.146：需經許可之局限空間 (Permit-required confined spaces)**

1910.146 (b) 定義中：

“危險環境”是指該環境可能使勞工暴露於死亡之風險、失能，自救能力受損(逃離一個許可之空間)，受傷或患有一種或多種疾病的急性疾病，原因如下(第二項):空氣中的可燃粉塵，其濃度達到或超過其爆炸下限 (Lower explosion limit, LFL) (※該粉塵濃度於視線 5 英尺 (1.52 米) 或更小之距離內而擋住視線之條件。)

五、**1910.157：可攜式滅火器 (Portable fire extinguishers)**

1910.157 (d) 選擇和分配：

1910.157 (d) (6): 雇主應分配可攜式滅火器或 D 級滅火器予從事作業之勞工者，以便可撲滅行距為 75 英尺 (22.9 米) 或以下。而於可燃金屬加工區域，每兩周至少生產一次可燃性金屬粉末、薄片、刨屑或相似尺寸之產品，以需使用 D 類危險滅火器。

六、**1910.176：一般材料處理 (Handling materials-general)**

1910.176 (b) 安全儲存：該儲存材料置於袋子、容器、捆束等，應堆疊、封閉、交互鎖，並限制高度，以確實該材料穩定並防止滑動或坍塌，避免危害造成。

1910.176 (c) 作業環境：儲存區域應避免物料堆積而造成絆倒、火災、爆炸、害蟲棲息及必要控制植物生長之危害。

1910.176 (e) 淨空限制：應提供清除標誌以警告清除限制。

七、1910.178：工業動力卡車 (Powered industrial trucks)

(一) 1910.178 (b) 名稱：

根據於本標準目的，工業用之卡車或拖拉機被分為 11 種不同名稱，分別為 D、DS、DY、E、ES、EE、EX、G、GS、LP 及 LPS。

1910.178 (b) (7) EX，指該電氣配件和設備於設計、構造及組件，可用某些含有易燃蒸氣或粉塵之環境中，與 E、ES、EE 之電動裝置不同。

(二) 1910.178 (c) 指定地點：

1. 1910.178 (c) (2) (ii) (a) 動力工業卡車不得用於含有危險濃度金屬粉塵的環境中，包括鋁，鎂、商業用之合金及其它具有類似危險特性之金屬，或含有炭黑、煤炭或除了焦碳粉塵被認可並被指定為 EX 之工業動力操作卡車外，其餘可用於環境中。
2. 1910.178 (c) (2) (ii) (b) 在可能存在鎂，鋁或鋁青銅粉塵之環境中，保險絲，開關，電動控制器和卡車斷路器應具有特定於此處呈現之機殼。
3. 1910.178 (c) (2) (vi) (a) 只有被認可且指定為 EX 之動力工業卡車於可燃性粉塵或可能於正常操作情形下有連續、間歇、定期之懸浮物，其數量足以產生爆炸、可燃性混合、機械故障、機器或設備的異常操作導致產生此混合物之環境下使用。
4. 1910.178 (c) (2) (vi) (b) EX 分類通常包括穀物處理和儲存設備的工作區域，包含研磨機或粉碎機的空間、清理機、推平機、剝皮機、開放式輸送機或噴口、開放式垃圾箱、料斗、攪拌機、混合機、自動裝置、料斗秤，包裝機，輸送電梯頭、靴子，庫存分銷商，灰塵和庫存收集者（除了通向外部的全金屬收集器），以及穀物加工廠，澱粉廠，糖粉廠，麥芽廠，乾草研磨廠的所有類似粉塵生產機械和設備和其他類似性質的佔用；煤粉碎設備（除非粉碎設備基本上是防塵的）；生產，加工，處理，包裝或儲存金屬粉塵和粉末的所有工作區域（緊密容器除外）；及在正常操作條件下，可燃粉塵可能在空氣中以足以產生爆炸性或可燃混合物之量存在。
5. 1910.178 (c) (2) (vii) 只有經認定之動力工業卡車 (DY、EE 或 EX)，其可燃粉塵通常不會懸浮於空氣中、設備於正常運作下被拋入懸浮狀態，或該設備

所沉積或積聚之粉塵量，此濃度足以從卡車所造成之電弧或火花點燃，進而產生爆炸性或可燃性混合物之環境下使用。

八、1910.261：紙漿、紙張及紙板之造紙業 (Pulp, paper, and paperboard mills)

(一) 1910.261 (a) (3) 納入一般標準，此被受限制之作業場所應遵守並參照法規 1910.6 內規定於美國國家標準協會 (ANSI) 所提出之標準：

1910.261 (a) (3) (ix) 用於粉塵、儲存、去除蒸汽或輸送之鼓風機及排氣系統，應遵照美國國家標準 (ANSI) Z33.1-1961。

(二) 1910.261 (f) 破布和舊紙張製備：

1910.261 (f) (5) 粉塵，應根據美國國家標準 (ANSI) Z33.1-1961、Z87.1-1968 及 Z88.2-1969 提供控制粉塵之措施。

(三) 1910.261 (g) (1) 硫磺燃燒器：

1910.261 (g) (1) (i) 硫磺燃燒處理應於安全及通風良好之區域，並須遵造美國國家標準 (ANSI) Z9.2-1960 及 Z12.12-1968 採取所有之預防措施，以防止粉塵爆炸危險和火災。

九、1910.263：烘焙設備 (Bakery equipment)

(一) 1910.263 (d) (3) 垃圾箱及攪拌機：

1910.263 (d) (3) (v) 所有垃圾箱和攪拌機之機罩應具有足夠的容量，以防止麵粉塵於機罩外循環。

(二) 1910.263 (d) (8) 篩網：

1910.263 (d) (8) (i) 所有類型之麵粉篩外殼，其構造應有防塵，且易於進行內部檢查。

(三) 1910.263 (k) (2) 糖和香料粉碎機：

1. 1910.263(k) (2) (i) 糖和香料粉碎機所使用之傳動帶應藉由金屬梳子或其他有效的去除靜電的方法來接地。而所有糖或香料之粉碎機，應遵照法規 1910.6 內規定於美國消防協會 (NFPA) 62-1967 (糖和可可粉之粉塵危害標準) 及 656-1959 (香料研磨設備中之粉塵危害標準) 進行。

2. 1910.263 (k) (2) (ii) 應提供磁力分離器來減少火災和爆炸危險。

十、1910.265：鋸木廠 (Sawmills)

1910.265(c) (20) 鼓風機，收集和排氣系統：

1. 1910.265 (c) (20) (i) 設計，施工和維護：鼓風機收集和排氣系統的設計，構造和維護應符合美國國家標準 Z33.1-1961 (用於粉塵，庫存和蒸汽去除或輸送的鼓風機和排氣系統的安裝) 和 Z12.2- 1962 (R1969) (防止木工和木屑製造廠的粉塵爆炸的代碼)，其通過引用併入法規 1910.6 中。
2. 1910.265 (c) (20) (v) 除塵室：若產生不受控制的火災或爆炸危險，排氣管不得排入無側限樁外。它們可能會進入沉澱室或集塵室，以防止粉塵或垃圾進入任何工作區域。此倉室的建造和操作應減少火災或粉塵爆炸的危險。

十一、1910.269：電力發電、輸電及配電 (Electric power generation, transmission, and distribution)

(一) 1910.269 (v) (11) 煤和灰處理：

1. 1910.269 (v) (11) (xii) 如果煤炭處理操作可能產生燃料來源、易燃氣體或粉塵的可燃環境，則應消除或安全控制點火源，以防止點燃可燃性氣體或粉體。
2. 1910.269 (v) (11) (xii) 由於存在可燃粉塵而存在危險的場所被歸類為 II 類危險場所。見法規 1910.307。

(二) 1910.269 (x) 定義：

1. 注意“防護”定義：未受其他維護和保護的絕緣導線。
2. 危害環境：此環境可能會使員工面臨以下一種或多種原因導致死亡，喪失能力，自救能力受損 (即從封閉空間無法逃脫)，受傷或急性疾病的風險：
 - (1) 易燃氣體，蒸氣或霧氣超過其可燃下限 (LFL) 的 10%。
 - (2) 空氣中的可燃粉塵，其濃度達到或超過其 LFL。

十二、1910.272：糧食處理設施 (Grain handling facilities)

(一) 1910.272 (a) 範圍：

本節包含控制穀物粉塵火災和爆炸的要求，以及與穀物處理設施相關的某些其他安全隱患。它適用於第 1910 部分 (或海運碼頭 1917 部分) 的所有其他相關規定。

(二) 1910.272 (b) 應用：

1910.272 (b) (1) 本節 (a) 至 (n) 段適用於穀物升降機，飼料廠，麵粉廠，碾米廠，粉塵造粒廠，乾燥玉米廠，大豆剝皮和研磨操作。

(三) 1910.272 (c) 定義：

“糧食揚塵”是指從原料處理系統排出的可燃粉塵顆粒，其尺寸將通過美國標準 40 目篩 (425 微米或更小)。

(四) 1910.272 (q) 斗式運輸機：

1910.272 (q) (8) (ii) 斗式運輸機配有氣動或其他防塵系統，或者具在操作過程中將斗式運輸機內的粉塵濃度保持在爆炸下限至少 25% 以下的法。

十三、1910.307：危害 (Hazardous)

(一) 1910.307 (a) 範圍：

1910.307 (a) (1) 適用性：

本節介紹了根據易燃蒸氣，液體或氣體的性質或可能存在於其中的可燃粉塵或纖維以及存在易燃或可燃濃度或數量的可能性對電氣設備和電線進行分類的要求。危險 (機密)位置可能存在但不限於以下場所：飛機機庫，汽油分配和服務站，汽油或其他揮發性易燃液體的散裝存儲設備，油漆加工廠，醫療機構，可能存在過量可燃粉塵的農業或其他設施，遊艇碼頭，船塢，石油和化學加工廠。每個空間，區段或區域在確定其分類時應個別考慮。

(二) 1910.307 (c) 電氣裝置：

危險 (分類) 場所的設備，接線方法和設備安裝應是本質安全的，經批准用於危險 (分類) 場所，或安全用於危險 (分類) 場所。每個選項的要求如下：

1. 1910.307 (c) (2) 准用於危害性之場所：

1910.307 (c) (2) (i) 設備不僅應被批准用於所在地，而且還應被認可用於存在的特定氣體，或具可燃或可燃性質的蒸汽，灰塵及纖維。

本節(c) (2) (i) 段的註釋：NFPA 70，國家電氣規範，列出或定義了“群體”的有害氣體，蒸汽和粉塵，其特徵在於其可燃或可燃性質。

2. 1910.307 (c) (3) 安全的危險 (分類) 場所：

應採用雇主證明的類型和設計，以防止因所涉及的蒸氣，液體，氣體，粉塵

或纖維的可燃性和易燃性而產生的危害。

十四、1910.1200：危害告知 (Hazardous communication)

(一) 1910.1200 (b) (6) 此節不適用於：

1910.1200 (b) (6) (iv) 化學品製造商或進口商內之木材或木製品，包括未加工之木材，其會對勞工造成有關易燃性或可燃性之危害（經本標準所涵蓋的危險化學品處理過的木材或木製品，以及隨後鋸切或切割，產生粉塵的木材，不予豁免）

(二) 1910.1200 (c) 定義中，有害化學品指任何被歸類為物理性危害或健康危害性之化學品，容易窒息性，可燃性粉塵，發火性氣體或未經其他分類之危害。

(三) 1910.1200 (h) 員工情報和培訓：

1910.1200 (h) (3) 訓練，員工培訓至少應包括：

1910.1200 (h) (3) (ii) 工作區內化學品之物理、健康、容易窒息、可燃粉塵、發火氣體危害，及未分類之危害。

第三節 英國於可燃性粉塵之法規

根據英國安全衛生署 (Health and Safety Executive, HSE) 於 2002 年所制定“危險物質和爆炸性環境法規” (Dangerous substances and explosive atmospheres regulations, DSEAR) [20]，有關防止或限制火災、爆炸和類似之能量釋放之事故及對金屬之腐蝕，規定保護勞工能避免受到危害物質相關於火災和爆炸之風險，及來自一壓力下之氣體和腐蝕金屬之物質最低要求，並也要求雇主能控制風險，使勞工和他人免受到這些危害，如下：

一、第 2 條：解釋

(一) 說明“危險物質”是指：

1. 無論物質或製劑是否被歸類於化學品 (危險訊息和包裝供應) (Chemical information and packaging for supply, CHIP) 條例中，該物質或製劑均應被符合認可於類別和標籤指南中，並分類為爆炸性、氧化性、極度易燃性、高易燃或易燃性。
2. 由於物質或製劑之物理化學或化學性質於工作場所使用或存在會產生風險，而不屬於上述 (1) 項內之物質或製劑。
3. 任何粉塵，不論是固體顆粒、纖維材料或是其他形態粉塵，都會與空氣或爆炸性環境行程爆炸性混合物，而不屬上述 (1) 或 (2) 項範圍內之物質或製劑。

(二) 條例：

第 33 點中 (c) 項，“危險物質”包括任何於性質或使用方式會產生火災和爆炸而造成人受到傷害之物質或製劑；也包括具有潛在能量釋放而發生火災和爆炸事件之物質，如放熱反應。例如包括汽油、液化石油氣 (LPG)、塗料、油漆、溶劑，以及與空氣混合會產生爆炸性氣體 (如研磨或拋光產生之粉塵)。

(三) 關鍵術語：

第 37 點中，提供了核准之操作規範 (Approved Code of Practice, ACOP) 使用之一些術語定義，其中 (c) 項說明某些可燃性粉塵屬為爆炸性質，其意味著在適

當的粉塵/空氣混合物分散於空氣中時，若點燃則會引起爆炸。在此情況下，該術語不是指屬於故意爆炸性材料類之材料 (聯合國 1 級)

(四) 爆炸環境：

第 40 點中，說明環境條件、混合空氣和危險物質、易燃之三點與 (Equipment and Protective Systems, EPS) 之指引一致，其中“爆炸性環境”之定義相似。此與 DSEAR 第 7 條和爆炸性環境中使用之設備選擇有關。且就 DSEAR 之目的而言，爆炸性環境必須符合環境條件、混合空氣和危險物質、易燃之三大要素，並也需符合條例 5 (4) (c)、7、11，其中 (c) 項，易燃之要素說明若確保氣體或粉塵濃度低於爆炸下限，則該環境便不會爆炸，於條例 5 (4) (c)、7、11 並不適用。而在本指引“易燃界限”及“爆炸界限 (可燃下限)”中，“易燃性”和“爆炸性”一詞之含意相同且可互換的。因此為簡單起見，本文以“爆炸下限 (LEL)”為術語。

(五) 物理化學或化學性質：

第 49 點中，對於可能被擴散於空氣中以產生粉塵爆炸風險的材料，其後果和程度會明顯受材料之成分和性質 (包括粒徑) 之影響。而於歐洲國家內有一測試方法可用於幫助並確定風險和提出所需之預防措施 (BS EN 14034 Parts 1-43 和 BS EN 138214)。

二、第 3 條：應用

製造、處理、使用、儲存和運輸爆炸物或化學不穩定物質：

第 68 點中，某些物質具有易燃氣體、蒸汽、粉程等兩種特性，在正常大器條件下可與空氣形成爆炸性環境，且於無空氣之情況下也會爆炸，例如乙炔、甲基乙炔、環氧乙炔。因此條例 5 內 (4) 之 C 和條例 7、11 適用於在空氣存在間可能形成爆炸性環境之物質。而上述三項 DSEAR 法規條例不適用於爆炸性/化學不穩定性。

三、第 5 條：風險評估

(一) 物質之危害特性：

1. 第 93 點，雇主必須辨識工作場所可能存在任何危害物質及其他存在之危害

(如易燃或爆炸性質)，其中包括於製程或作業時產生或發出危害物 (如臭味、蒸汽、粉塵等)，或因發生事件/事故之結果。

2. 第 95 點，有些物質於安全上顯然有害，其他物質則只有於某些條件下才有危害。麵粉可以形成爆炸性氣體，並可藉由柴油之類之液體於作業中來提高閃火點溫度，而產生火災或爆炸之風險。另在進行危害區域分類時，危害物質之相關特性包括易燃液體之沸點和閃火點，及可能產生任何比空氣輕或重之易燃氣體或蒸汽。
3. 第 96 點，對於易形成爆炸性環境之粉塵，應需提供有關粒徑大小和空氣中潛在濃度之訊息。
4. 第 97 點，大量被作為堆或堆之固態可燃物質，由於空氣中氧氣暴露於被限制之表面積，將會緩慢的燃燒。而當粉塵分散於空氣中產生氣態反應物，使粉塵於爆炸包含粉塵顆粒快速燃燒而釋放能量。對於物質性質之基本認知及避免沉積應一起了解，特別是在高架表面，能夠於空氣中快速爆炸燃燒之粉塵/粉末，應使粉塵爆炸之風險最小化。

(二) 有關危害性質之資訊：

第 101 點，許多粉塵不屬於 CHIP 下之分類物質，對於此些物質沒有提供 SDS 之法律要求。然而，應諮詢供應商是否可提供任何相關資料來評估火災和爆炸之風險。當若於中間產品，混和物或新作業沒有可用之 SDS，既可能為非標準條件下；若於網路上提供之 IFA GESTIS-Dust-Ex 數據庫等資料庫無法提供協助，則可能需要進一步研究和測試該物質之易燃/爆炸之危害。(此項也與條例 5 (2) (j) 有關)。

(三) 工作之情況：

1. 第 104 點，風險評估應包括考慮工作過程中是否會產生足夠量之易燃氣體、蒸汽、霧氣或粉塵，以若被點燃時有受傷之風險。雇主應考慮事故被升級之可能性。另也應考慮可能蓄積之可燃粉塵，此些粉塵可能於事故期間被開展而分散於空氣中，從而形成爆炸性環境。
2. 第 115 點，於評估任何維修、修理、修改、擴展、重組、拆除或清潔作業時應考慮其因素，其中包括可燃粉塵，可能會分散並產生爆炸性環境或造成潛

在的引燃危害 (如木屑)。

(四) 爆炸性環境可能存在和持續存在，以及危險區域分類之必要性：

1. 第 122 點，當分散之氣體、蒸汽、霧氣和粉塵於空氣中有一定濃度時，會產生爆炸性環境。根據條例 5 進行風險評估告知危險區域分類和區域分類計畫之製訂 (條例 7 之要求)，旨在確定由於可能存在爆炸性環境而需要控制點火源之地方。然後使用分類或分區之結果來控制可能使用之設備，或是可以於此區域中進行作業時能防止點火。在考慮區域分類時，雇主應考慮釋放爆炸性環境之可能性，以及此類釋放之數量。
2. 第 123 點，為了辨識危險區域和非危險區域，然後將區域分配到危險區域，於評估應考慮相關事項，其中進入於一般環境之工作場所，應提供防護系統和控制裝置，以防止液體、氣體、氣體、蒸汽或粉塵進入。

四、第 6 條：排除或減少危害物質之風險

(一) 設計最小化危害物質釋放之廠域和設備：

第 207 點，處理高易燃性固體和粉塵之廠域和設備之緩解措施包括旋轉閥，防爆屏障，快速作用閥，扼流圈和擋板。互連廠域和設備處理易燃氣體和蒸汽之緩解措施包括阻火器、快速作用閥和抑制屏障 (見 BS EN ISO 1685221)。

(二) 通風：第二選擇，室內和露天通風：

第 216 點，於可能存在可燃粉塵之作業場所，通風系統設計應考慮可能產生之任何沉積物，例如不應允許工廠之粉塵洩漏量過大，若受到干擾或分散，可能會形成危害之爆炸性環境。

(三) 工廠和機械的通風：

第 229 點，含有危險物質的設備和機器應提供足夠的通風，以防止在合理可行的範圍內發生危險的爆炸性環境。對於從歐盟內部購買的工廠和機器，應由供應商根據 2008 年機械 (安全) 法規 (SI 2008/1597)，在英國法律中實施的機械指令 2006/42/EC 之要求確認。文件資料應顯示“機器的設計和構造是為了避免機器本身或機器生產或使用的氣體、液體、粉塵、蒸汽或其他物質造成之任何爆炸風險”。

(四) 遏制和收集溢出物和洩漏：

第 236 點，為避免在遏制失控的情況下污染工作場所的其他部分，雇主應在合理可行的範圍內採取措施，其中，將固體或粉末儲存在密封容器中，並按適當的國內（或國際）標準建造。粒狀材料含有一定比例的粉塵，如果有適當的粉塵控制措施，可以存放在指定的開放式化合物中。

(五) 控制和避免點火源，包括靜電放電：

1. 第 242 點，在識別潛在的點火源時，雇主應考慮危險物質的性質與其處理方式或可能累積的性質，無論是否無意。如果某些揚塵的積聚可能會自行加熱並可能會點燃，則應防止這種積聚。
2. 第 248 點，某一些衣物（包括鞋類），在使用過程中會產生靜電放電的材料。這種可以點燃某些類型之爆炸性環境，例如氣體或蒸汽，甚至是非常容易點燃某些類型的粉塵。如果評估結果表明燃燒危險在這些環境中工作的員工，既應配戴防靜電鞋。提供所述地板不是高度絕緣，如果配戴者是由鞋和合適的地板接地（如混凝土或鋼網格）單獨的抗靜電鞋類可足以控制風險，因為從服裝靜電放電的風險既可被降低。如果發現其抗靜電性能已經惡化，則應定期測試防靜電鞋和地板並更換。

(六) 緩解-避免傳播：

第 263 點，對於室外儲存，通過將儲存設施與其他特定特徵或潛在危險保持適當距離，可以實現充分分離。或者，可以使用耐火牆或隔板的物理屏障。因此對於粉塵或含有一定比例灰塵的產品，HSG103 之可燃粉塵於安全處理時會涉及這些問題。

(七) 減輕爆炸影響的措施（包括防爆，抑制和抗壓設備）：

第 289 點，通常需要防爆或緊急救援通風的設備和設備，其中包括有可能引燃的旋風除塵器，除塵器及其他除塵設備、噴霧乾燥器產生可燃粉塵、貯存可燃粉塵的穀倉等。

(八) 附錄 1 設計注意事項：

第 301 點，工作場所，包括設備的位置，應設計，建造和維護，以防止釋放的危險物質積聚量足以使點火可能導致火災和/或爆炸或可能導致傷害的“其他事件”。其中應防止可燃粉塵積聚至如此分散且空氣傳播的程度，否則會產生爆

炸性氣體。

(九) 附錄 1 高溫作業：

第 329 點，在特殊情況下，可以對先前含有危險物質無須清潔或惰化的操作上活動或非活動的工廠或設備進行高溫作業。這些技術僅適用於含有液體或氣體的工廠或設備，不適用於含有固體，粉塵或爆炸物或含有液態或氣態氧的危險物質的工廠。

五、第 7 條：可能發生爆炸性環境的地方

(一) 附錄 2 可能發生爆炸性環境的場所的分類 (基本上複製了評議會附件一的規定指令 99/92 / EC)：

1. 20 區，空氣中可燃粉塵雲形式的爆炸性環境持續、長期或頻繁存在的地方。
2. 21 區，在正常操作中偶爾可能發生空氣中可燃粉塵雲形式的爆炸性氣體的地方。
3. 22 區，在正常運行中不太可能發生空氣中可燃粉塵雲形式的爆炸性氣體的地方，但如果確實發生，則僅在短時間內持續存在。

(二) 附錄 3 選擇設備和保護系統的標準：

第 7 條例之 (2)，特別是，必須在所示區域使用以下類別的設備，只要它們適用於氣體，蒸氣，霧氣，粉塵或霧氣和灰塵，視情況而定。

(三) 危險區域分類：

1. 第 364 點，關於危險區域分類和控制點火源的其他指南載於相關出版物，其中 HSG103 安全處理可燃粉塵之防爆措施。
2. 第 365 點，國際標準、爆炸性環境、區域分類、爆炸性氣體環境，解釋了氣體和蒸汽的區域分類的基本原則。它的粉塵對應物是爆炸性環境。區域分類。可燃粉塵環境。這些是評估區域範圍和類型的合適基礎，可用作遵守第 7 條和附表 2 的指南。但是，在任何特定情況下它們不能給出區域的範圍和類型，特定場地的因素應始終被考慮。
3. 第 371 點，雇主在採購設備時可能需要獲得專家建議，以確保其適用於特定的危險情況，例如有機粉塵或具有特殊點火特性的化學品。此項也適用於移動設備。

4. 第 376 點，標準化標記方案被廣泛用於幫助識別適合特定位置的設備。根據 EPS 要求製造的設備將帶有六角形防爆符號'，設備類別編號 (1,2 或 3)，字母 G 和/或 D，取決於它是用於氣體還是粉塵 大氣或兩者，以及其他基本安全信息。在許多情況下，這將包括溫度等級表示為“T”標記，有時還包括氣體組。這表明安全使用的局限性。僱主和安裝設備的人員在安裝時應考慮“Ex”設備提供的標記和文件。
5. 第 377 點，對於適用於爆炸性氣體環境和爆炸性粉塵環境的設備，設備應顯示兩個單獨的標記。

(四) 驗證含有爆炸性環境的地方：

第 393 點，檢查員必須從與他們打算核實的特定工作場所和場所作業相關的實際經驗或專業培訓中，獲得足夠的實踐和理論知識。例如，有能力驗證加油站爆炸安全性的人可能無法核實處理紡織廠可燃粉塵的措施的充分性。

第四節 我國與美國、英國於可燃性粉塵之法規差異比較

根據上述所蒐集我國、美國、英國相關於可燃性粉塵之法規比較結果，以設備、管理、教育三個面向進行分類 (如表 1 所示)，分析比較說明如下：

- 一、美國及英國針對危險物質、環境 (英國又稱爆炸環境) 等用語皆有詳細之規定，我國於職業安全衛生設施規則中僅有針對危險物質做規定，並無訂定出相關粉塵於爆炸環境之定義。
- 二、針對於可燃性粉塵作業場所中，美國與我國 (詳職業安全衛生法之粉塵危害預防標準) 有詳細分類於不同作業場所之規定，然我國僅針對衛生方面來做預防，而英國僅針對致有火災爆炸之場所或有害物作業場所訂定，且與我國皆有設置危險區域之劃分。
- 三、除了作業場所外，美國與英國於可燃性粉塵作業所使用之機械設備也訂定詳細之法規條例，而我國未針對可燃性粉塵所使用於機械設備之法規條例。

四、教育訓練方面，我國與美國、英國皆有規定勞工於進行作業時，應注意作業場所及使用設備之安全項目。

表 1 我國、美國、英國針對可燃性粉塵之法規分類表

	台灣	美國	英國
<p>設備面</p>	<p>§6 雇主對於下列事項應有符合規定之必要安全衛生設備及措施 (第七項): 防止原料、材料、氣體、蒸氣、粉塵、溶劑、化學品、含毒性物質或缺氧空氣等引起之危害。</p> <p>設施規則:</p> <p>§177 雇主對於作業場所 有易燃液體之蒸氣、可燃性氣體或爆燃性粉塵以外之可燃性粉塵滯留，而有爆炸、火災之虞者，應依危險特性採取通風、換氣、除塵等措施外，並依下列規定辦理：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 指定專人對於前述蒸氣、氣體之濃度，於作業前測定之。 2. 蒸氣或氣體之濃度達爆炸下限值之百分之 	<p>1910.94 (a) 噴砂： 1910.94 (a) (1) 適用噴砂之定義： 1. 1910.94 (a) (1) (vii) 除塵器：藉以排氣通風系統分離空氣中粉塵之裝置或組合裝置 2. 1910.94 (a) (1) (viii) 排氣通風系統：用於一空間內去除污染空氣之系統，包含兩種或更多種以下之元件：(a) 外殼或護罩 (b) 管道作業；(c) 集塵設備；(d) 排氣設備；(e) 排放煙囪。 3. 1910.94 (a) (1) (ix) 微粒過濾式呼吸器：主要是一個空氣淨化之呼吸器，通常又稱為粉塵或煙霧之呼吸器，可清除該設備內通過空氣中之大部份粉塵或煙霧。 1910.94 (a) (2) (iii)：可燃的有機噴料只適用於自動系統。若易燃或爆燃性粉塵混合物出現於作業場所，該場所之設備結構包括排氣系統和所有電線，應符合美國國家標準安裝鼓風機和排氣系統內用於粉塵、儲存和蒸汽或輸送之要求，該標準 Z33.1-1961 (NFPA 91-1961)，其通過引用併入於 1910.6，以及該部分的子部分 S；噴嘴應粘接並接地，以防止靜電積聚。若作業場所所有存在易燃或爆燃性粉塵混合物，則噴砂箱，管道和集塵器應採用鬆散面板或防爆通風區域，位於遠離任何占用區域的兩側，以於發生爆炸時能提供壓力釋放，並也遵循國家消防協會 (NFPA) 通風指引之原則說明，此指引也引用併入於 1910.6。</p>	<p>爆炸性環境可能存在和持續存在，以及危險區域分類之必要性： 第 122 點，當分散之氣體、蒸汽、霧氣和粉塵於空氣中有一定濃度時，會產生爆炸性環境。根據條例 5 進行風險評估告知危險區域分類和區域分類計畫之製訂 (條例 7 之要求)，旨在確定由於可能存在爆炸性環境而需要控制點火源之地方。然後使用分類或分區之結果來控制可能使用之設備，或是可以於此區域中進行作業時能防止點火。在考慮區域分類時，雇主應考慮釋放爆炸性環境之可能性，以及此類釋放之數量。 第 123 點，為了辨識危險區域和非危險區域，然後將區域分配到危險區域，於評估應考慮相關事項，其中進入於一般環境之工作場所，應提供防護系統和控制裝置，以防止液體、氣體、氣體、蒸汽或粉塵進入。 設計最小化危害物質釋放之廠域和設備： 第 207 點，處理高易燃性固體和粉塵之廠域和設備之緩解措施包括旋轉閥，防爆屏障，快速作用閥，扼流圈和擋板。互連廠域和設備處理易燃氣體和蒸汽之緩解措施包括阻火器、快速作用閥和抑制屏障 (見 BS EN ISO 1685221)。 第 229 點，含有危險物質的設備和機器應提供足夠的通風，以防止在合理可行的範圍內發生危險的爆炸性環境。對於從歐盟內部購買的工廠和機器，應由供應商根</p>

<p>三十以上時，應即刻使勞工退避至安全場所，並停止使用煙火及其他為點火源之虞之機具，並應加強通風。</p> <p>3. 使用之電氣機械、器具或設備，應具有適合於其設置場所危險區域劃分使用之防爆性能構造。</p>	<p>1910.94 (a) (3) 噴砂處理機箱： 1910.94 (a) (3) (i) 於進行噴砂操作作業之時，應進行噴砂機台內支通風排氣，並使機台內持續維持空氣流動。 1. 1910.94 (a) (3) (i) (a) 所有進氣口和進出口應採用擋板或安排排具通過向內氣流的組合，可將磨料粉塵或灰塵顆粒降至極少化並看不見濺散之粉塵，以避免竄到鄰近的工作區域。 2. 1910.94 (a) (3) (i) (b) 在停止運作後，應以足夠之排氣率來迅速清除外殼內密布於空氣之塵積。 3. 1910.94 (a) (3) (i) (c) 在打開外殼之前，應關閉運作並使排氣系統運行足夠長之時間，以清除外殼內密布於空氣之塵積。 4. 1910.94 (a) (3) (i) (e) 在所有可能有灰塵洩漏的小通道開口處，應安裝多組耐磨並用於裂縫之擋板，且應定期檢查並於需要時更換。</p>	<p>據 2008 年機械 (安全) 法規 (SI 2008/1597)，在英國法律中實施的機械指令 2006/42/EC 之要求確認。文件資料應顯示“機器的設計和構造是為了避免機器本身或機器生產或使用的氣體、液體、粉塵、蒸汽或其他物質造成之任何爆炸風險”。</p> <p>減輕爆炸影響的措施 (包括防爆，抑制和抗壓設備)： 第 289 點，通常需要防爆或緊急救援通風的設備和設備，其中包括有可能引燃的旋風除塵器，除塵器及其他除塵設備、噴霧乾燥器產生可燃粉塵、貯存可燃粉塵的穀倉等。</p>
<p>§177-1 雇主對於有爆炸性粉塵存在，而有爆炸、火災之虞之場所，使用之電氣機械、器具或設備，應具有適合於其設置場所危險區域劃分使用之防爆性能構造。</p>	<p>1910.94 (a) (4): 排氣通風系統： 1. 1910.94 (a) (4) (i) 排氣系統的構造，安裝，檢查和維護應符合美國國家標準基礎設施和局部排氣系統設計和操作規範 Z9.2-1960 和 ANSI Z33.1-1961 中規定的原則和要求，此規範是按照法規 1910.6 的規定通過引用併入： 1910.94 (a) (4) (i) (a) 當發現粉塵洩漏時，應盡快進行維修。 2. 1910.94 (a) (4) (ii) 於磨料可循環之裝置中，不應憑藉用於噴砂外殼的排氣通風系統取代磨料分離器來去除研磨</p>	<p>附錄 1 設計注意事項： 第 301 點，工作場所，包括設備的位置，應設計，建造和維護，以防止釋放的危險物質積聚量足以使點火可能導致火災和/或爆炸或可能導致傷害的“其他事件”。其中應防止可燃粉塵積聚至如此分散且空氣傳播的程度，否則會產生爆炸性氣體。</p> <p>附錄 3 選擇設備和保護系統的標準： 第 7 條例之 (2)，特別是，必須在所示區域使用以下類別的設備，只要它們適用於氣體，蒸氣，霧氣，粉塵或霧氣和灰塵，視情況而定。 第 371 點，雇主在採購設備時可能需要獲得專家建議，以確保其適用於特定的危險情況，例如有機粉塵或具有特殊點火特性的化學品。此項也適用於移動設備。</p>

	<p>者，應使用符合中央主管機關指定之國家標準、國際標準或團體標準規定之合格品。</p> <p>前項合格品，指經中央主管機關認可公告之機構實施型式認證合格，並張貼認證合格標識者。</p> <p>§200 雇主對於使用之乾燥設備，應依下列規定（第九項）：危險物之乾燥作業，應有可將乾燥產生之可燃性氣體、蒸氣或粉塵排出安全場所之設備。</p> <p>§224 雇主對乾燥設備及其附屬設備，應每年定期就左列規定事項實施檢查。但超越一年期間未使用之乾燥設備及其附屬設備在其未使用期間，不在此限。</p>	<p>後之細粉塵。應以磨料分離器作為目的。</p> <p>3. 1910.94 (a) (4) (iii) 噴砂清理設備排出的空氣應通過集塵設備排出。應設置集塵器，以便排空和清除積聚的灰塵，而不會污染其他工作區域。</p> <p>1910.94 (a) (6) 供氣和空氣壓縮機：噴砂呼吸器的空氣應不含有害量的粉塵，霧氣或有毒氣體，且必須符合 29 CFR 1910.134 (i) 中規定的供氣質量和使用要求。</p> <p>1910.94 (b) 研磨，拋光和拋光操作：</p> <p>1. 1910.94 (b) (3) 護罩和支管要求：</p> <p>(1) 1910.94 (b) (3) (i) 應使用連接到排氣系統的護罩，並且應設計，定位和放置此護罩，使粉塵或灰塵顆粒落入或沿氣流方向飄浮至罩內。任何輪子，圓盤，皮帶或皮帶都不得以這樣的方式和方向操作，以致粉塵和污垢顆粒被傾注於操作員的呼吸區域。</p> <p>(2) 1910.94 (b) (3) (iv) 用於水平單軸圓盤磨床的砂輪或圓盤，應採用覆蓋方式收集研磨操作產生之粉塵或灰塵，並應將護罩連接到具有排氣量的支管上。</p> <p>(3) 1910.94 (b) (3) (vi) 用於垂直單軸圓盤磨床的砂輪或圓盤應使用護罩圍著，以去除操作中產生的灰塵。此護罩應連接到一個或多個排氣管。</p> <p>(4) 1910.94 (b) (3) (vii) 研磨和拋光帶應設有護罩，以清除操作中產生之粉塵和灰塵，而此護罩應連接到具有排氣量的支管。</p> <p>2. 1910.94 (b) (4) 排氣系統：</p>	<p>第 376 點，標準化標記方案被廣泛用於幫助識別適合特定位置的設備。根據 EPS 要求製造的設備將帶有六角形防爆炸符號，設備類別編號 (1,2 或 3)，字母 G 和/或 D，取決於它是用於氣體還是粉塵 大氣或兩者，以及其他基本安全信息。在許多情況下，這將包括溫度等級表示為“T”標記，有時還包括氣體組。這表明安全使用的局限性。雇主和安裝設備的人員在安裝時應考慮“Ex”設備提供的標記和文件。</p> <p>第 377 點，對於適用於爆炸性氣體環境和爆炸性粉塵環境的設備，設備應顯示兩個單獨的標記。</p>
--	---	--	--

	<p>1910.94 (b) (4) (iii) 所有排氣系統應配備合適的集塵器</p> <p>3. 1910.94 (b) (5) 護罩和外殼設計：</p> <p>1910.94 (b) (5) (i) (a) 研磨和磨料切割輪護罩之雙重功能，是保護操作者免受研磨輪的危害，並提供去除粉塵和灰塵之方法。所有護罩的結構強度不得低於法規 1910.215 的表 O-1 和 O-9 中之規定。</p> <p>1910.178 (b) 名稱：</p> <p>根據於本標準目的，工業用之卡車或拖拉機被分為 11 種不同名稱，分別為 D、DS、DY、E、ES、EE、EX、G、GS、LP 及 LPS。</p> <p>1910.178 (b) (7) EX：指該電氣配件和設備於設計、構造及組件，可用某些含有易燃蒸氣或粉塵之環境中，與 E、ES、EE 之電動裝置不同。</p> <p>1910.178 (c) 指定地點：</p> <p>1. 1910.178 (c) (2) (ii) (a) 動力工業卡車不得用於含有危險濃度金屬粉塵的環境中，包括鋁，鎂，商業用之合金及其它具有類似危險特性之金屬，或含有炭黑、煤炭或除了焦炭粉塵被認可並被指定為 EX 之工業動力操作卡車外，其餘可用於環境中。</p> <p>2. 1910.178 (c) (2) (ii) (b) 在可能存在鎂，鋁或鋁青銅粉塵之環境中，保險絲，開關，電動控制器和卡車斷路器應具有特定於此處呈現之機殼。</p> <p>3. 1910.178 (c) (2) (vi) (a) 只有被認可且指定為 EX 之動</p>
--	---

力工業卡車於可燃性粉塵或可能於正常操作情形下有連續、間歇、定期之懸浮物，其數量足以產生爆炸、可燃性混合、機械故障、機器或設備的異常操作導致產生此混合物之環境下使用。

4. 1910.178 (c) (2) (vi) (b) EX 分類通常包括穀物處理和儲存設備的工作區域，包含研磨機或粉碎機的空間、清理機、推平機、剝皮機、開放式輸送機或噴口、開放式垃圾箱、料斗、攪拌機、混合機、自動裝置、料斗秤，包裝機，輸送電梯頭、靴子，庫存分銷商，灰塵和庫存收集者（除了通向外部的全金屬收集器），以及穀物加工廠，澱粉廠，糖粉廠，麥芽廠，乾草研磨廠的所有類似粉塵生產機械和設備和其他類似性質的佔用；煤粉碎設備（除非粉碎設備基本上是防塵的）；生產，加工，處理，包裝或儲存金屬粉塵和粉末的所有工作區域（緊密容器除外）；及在正常操作條件下，可燃粉塵可能在空氣中足以產生爆炸性或可燃混合物之量存在。

5. 1910.178 (c) (2) (vii) 只有經認定之動力工業卡車 (DY、EE 或 EX)，其可燃粉塵通常不會懸浮於空氣中、設備於正常運作下被拋入懸浮狀態，或該設備所沉積或積聚之粉塵量，此濃度足以從卡車所造成之電弧或火花點燃，進而產生爆炸性或可燃性混合物之環境下使用。

1910.261 (f) 破布和舊紙張製備：

1910.261 (f) (5) 粉塵：應根據美國國家標準 (ANSI) Z33.1-1961、Z87.1-1968 及 Z88.2-1969 提供控制粉塵之措施。

	<p>1910.261 (g) (1) 硫磺燃燒器：</p> <p>1910.261 (g) (1) (i) 硫磺燃燒處理應於安全及通風良好之區域，並須遵造美國國家標準 (ANSI) Z9.2-1960 及 Z12.12-1968 採取所有之預防措施，以防止粉塵爆炸危險和火災。</p> <p>1910.263 (d) (3) 垃圾箱及攪拌機：</p> <p>1910.263 (d) (3) (v) 所有垃圾箱和攪拌機之機罩應具有足夠的容量，以防止麵粉塵於機罩外循環。</p> <p>1910.263 (d) (8) 篩網：</p> <p>1910.263 (d) (8) (i) 所有類型之麵粉篩外殼，其構造應有防塵，且易於進行內部檢查。</p> <p>1910.263 (k) (2) 糖和香料粉碎機：</p> <p>1. 1910.263(k) (2) (i) 糖和香料粉碎機所使用之傳動帶應藉由金屬梳子或其他有效的去除靜電的方法來接地。而所有糖或香料之粉碎機，應遵照法規 1910.6 內規定於美國消防協會 (NFPA) 62-1967 (糖和可可粉之粉塵危害標準) 及 656-1959 (香料研磨設備中之粉塵危害標準) 進行。</p> <p>2. 1910.263 (k) (2) (ii) 應提供磁力分離器來減少火災和爆炸危險。</p> <p>1910.265(c) (20) 鼓風機，收集和排氣系統：</p> <p>1910.265 (c) (20) (i) 設計，施工和維護。鼓風機收集和排</p>
--	---

		<p>氣系統的設計，構造和維護應符合美國國家標準 Z33.1-1961 (用於粉塵，庫存和蒸汽去除或輸送的鼓風機和排氣系統的安裝) 和 Z12.2- 1962 (R1969) (防止木工和木屑製造廠的粉塵爆炸的代碼)，其通過引用併入法規 1910.6 中。</p> <p>1910.272 (q) 斗式運輸機：</p> <p>1910.272 (q) (8) (ii) 斗式運輸機配有氣動或其他防塵系統，或者具在操作過程中將斗式運輸機內的粉塵濃度保持在爆炸下限至少 25% 以下的法。</p> <p>1910.307 (c) 電氣裝置：</p> <p>危險 (分類) 場所的設備，接線方法和設備安裝應是本質安全的，經批准用於危險(分類) 場所，或安全用於危險 (分類) 場所。每個選項的要求如下：</p> <p>1910.307 (c) (2) 准用於危害性之場所：</p> <p>1910.307 (c) (2) (i) 設備不僅應被批准用於所在地，而且還應被認可用於存在的特定氣體，或具可燃或可燃性質的蒸汽，灰塵及纖維。</p> <p>本節 (c) (2) (i) 段的註釋：NFPA 70，國家電氣規範，列出或定義了“群體”的有害氣體，蒸汽和粉塵，其特徵在於其可燃或可燃性質。</p>	
<p>管理面</p>	<p>§2 本法用詞 (第五項): 職業災害: 只因勞動場所之建築物、機械、設備、原料、材料、化學</p>	<p>1910.22 (a) 雇主必須確保該作業環境表面狀況：</p> <p>1910.22 (a) (1) 作業場所地面狀況，雇主應確保所有作業場所、通道、儲藏室，服務區及行走區之地面須保持乾淨、衛生。</p>	<p>說明“危險物質”是指：</p> <p>1. 無論物質或製劑是否被歸類於化學品 (危險訊息和包裝供應) (Chemical information and packaging for supply, CHIP) 條例中，該物質或製劑均應被符</p>

<p>品、氣體、蒸氣、粉塵等或作業活動及其他職業上原因引起之工作者疾病、傷害、失能或死亡。</p> <p>§18 工作場所所有立即發生危險之虞時，得在不危及其他工作者安全情形下，自行停止作業及退避至安全場所，並立即向直屬主管報告。</p> <p>施行細則：</p> <p>§17 本法第十二條第三項所稱作業環境監測，指為掌握作業環境實態與評估勞工暴露狀況，所採取之規劃、採樣、測定、分析及評估。本法第十二條第三項規定應訂定作業環境監測計畫及實施監測之作業場所（第四點第二項）：粉塵作業場所。</p>	<p>1910.38 (a) 針對 OSHA 標準要求，雇主必須制定緊急應變計畫。</p> <p>1910.38 (b) 緊急應變計畫需採用書面形式呈現，並保存於該工作場所內勞工查閱，但若雇用勞工不超過 10 人或低於之作業場所，雇主可口頭傳達該計畫。</p> <p>1910.38 (c) 緊急應變計畫必須包括：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 1910.38 (c) (1)：報告火災及其他緊急情況之程序。 2. 1910.38 (c) (2)：緊急撤離之程序，須包括撤離及撤離路線分配之類型。 3. 1910.38 (c) (3)：在緊急撤離前之營運勞工應遵守相關程序。 4. 1910.38 (c) (4)：撤離所有勞工之流程。 5. 1910.38 (c) (5)：執行救援或醫療之員工應遵守程序。 6. 1910.38 (c) (6)：員工應需有聯繫所有勞工之姓名、職稱，及需有該緊急計畫下更多之信息或職責說明。 <p>1910.38 (d) 雇主必須擁有可維護勞工之警報系統，並需用特定之信號於勞工及需符合 1910.165 之要求。</p> <p>1910.38 (f) 雇主必須與緊急應變計畫內之勞工進行審閱該計畫：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 1910.38 (f) (1)：當該計畫被制定或員工起初被分配到工作時。 2. 1910.38 (f) (2)：當勞工於計畫中職責發生變化時。 3. 1910.38 (f) (3)：當計畫改變時。 	<p>合認可於類別和標籤指南中，並分類為爆炸性、氧化性、極度易燃性、高易燃或易燃性。</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. 由於物質或製劑之物理化學或化學性質於工作場所使用或存在會產生風險，而不屬於上述 (1) 項內之物質或製劑。 3. 任何粉塵，不論是固體顆粒、纖維材料或是其他形態粉塵，都會與空氣或爆炸性環境行程爆炸性混合物，而不屬上述 (1) 或 (2) 項範圍內之物質或製劑。 <p>條例：</p> <p>第 33 點中 (c) 項，“危險物質” 包括任何於性質或使用方式會產生火災和爆炸而造成人受到傷害之物質或製劑；也包括具有潛在能量釋放而發生火災和爆炸事件之物質，如放熱反應。例如包括汽油、液化石油氣 (LPG)、塗料、油漆、溶劑，以及與空氣混合會產生爆炸性氣體 (如研磨或拋光產生之粉塵)。</p> <p>關鍵術語：</p> <p>第 37 點中，提供了核准之操作規範 (Approved Code of Practice, ACOP) 使用之一些術語定義，其中 (c) 項說明某些可燃性粉塵屬為爆炸性質，其意味著在適當的粉塵/空氣混合物分散於空氣中時，若點燃則會引起爆炸。在此情況下，該術語不是指屬於故意爆炸性材料類之材料 (聯合國 1 級)</p>
---	---	--

<p>設施規則：</p> <p>§12 本規則所撐著火性物質，指下列危險物：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 金屬鋰、金屬鈉、金屬鉀 2. 黃磷、赤磷、硫化磷 3. 賽璐珞類 4. 碳化鈣、磷化鈣 5. 鎂粉、鋁粉 6. 鎂粉及鋁粉以外之金屬粉 7. 二亞硫磺酸鈉 8. 其他易燃固體、自燃物質、禁水性物質 <p>§173 雇主對於有危險物或有油類、可燃性粉塵等其他危險物存在之虞之配管、儲槽、油桶等容器，從事熔接、熔斷或使用明火之作業或有發生火花之虞之作業，應事先清楚等物質，並確認無危險之虞。</p>	<p>1910.94 (a) (1) (x) 可吸入性粉塵：空氣中粉塵之粒徑大小能夠通過上呼吸道至下肺通道。</p> <p>1910.94 (a) (2) 噴砂處理粉塵之危害：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 1910.94 (a) (2) (i) 噴砂材料上之研磨劑及表面塗層於噴砂過程中被衝碎及粉碎，形成含有可吸入之粒徑粉塵；於評估潛在之健康危害時，應考量此粉塵來源之成份及毒性。 2. 1910.94 (a) (2) (ii) 噴砂操作人員及其他勞工於一呼吸區之可吸入粉塵濃度或煙霧濃度，應保持於 1910.1000 之規定水平下。 <p>1910.94 (a) (5) 個人防護裝備：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 1910.94 (a) (5) (i) 雇主僅必須採用國家職業安全和健康研究所 (NIOSH) 中 42 CFR 第 84 部分之合法呼吸器，以保護員工免受於噴砂操作過程中產生粉塵。 2. 1910.94 (a) (5) (ii) 任何噴砂操作人員均應配戴噴砂式呼吸器。 3. 1910.94 (a) (5) (ii) (c) 在噴砂處理被散布之有毒粉塵濃度，可能超過規範 1910.1000 中規定之限值，且噴嘴及噴砂於排氣通風之外殼中與操作員沒有物理性隔離。 4. 1910.94 (a) (5) (iii) 正確安裝的微粒過濾式呼吸器，通常稱為防塵過濾式呼吸器，可用於短時間，間歇性或偶爾的粉塵暴露，如清理、傾倒集塵器，或在接收點卸載粉沙，以及於機台外殼、通風排氣或其他方式處理而無法控制之粉塵。所使用的呼吸器必須經國家職業安全和健康 	<p>爆炸環境：</p> <p>第 40 點中，說明環境條件、混合空氣和危險物質、易燃之三點與 (Equipment and Protective Systems, EPS) 之指引一致，其中“爆炸性環境”之定義相似。此與 DSEAR 第 7 條和爆炸性環境中使用之設備選擇有關。且就 DSEAR 之目的而言，爆炸性環境必須符合環境條件、混合空氣和危險物質、易燃之三大要素，並也需符合條例 5 (4) (c)、7、11，其中 (c) 項，易燃之要素說明若確保氣體或粉塵濃度低於爆炸下限，則該環境便不會爆炸，於條例 5 (4) (c)、7、11 並不適用。而在本指引“易燃界限”及“爆炸界限 (可燃下限)”中，“易燃性”和“爆炸性”一詞之含意相同且可互換的。因此為簡單起見，本文以“爆炸下限 (LEL)”為術語。</p> <p>物理化學或化學性質：</p> <p>第 49 點中，對於可能被擴散於空氣中以產生粉塵爆炸風險的材料，其後果和程度會明顯受材料之成分和性質 (包括粒徑) 之影響。而於歐洲國家內有一測試方法可用於幫助並確定風險和提出所需之預防措施 (BS EN 14034 Parts 1 - 43 和 BS EN 138214)。</p> <p>製造、處理、使用、儲存和運輸爆炸物或化學不穩定物質：</p> <p>第 68 點中，某些物質具有易燃氣體、蒸汽、粉程等兩種特性，在正常大器條件下可與空氣形成爆炸性環境，</p>
--	---	---

<p>§175 雇主對於下列設有因靜電引起爆炸或火災之虞者，應採取接地、使用除電劑、加濕、使用不致成為發火源之除電裝置或其他去除靜電之裝置（第五項）：易燃粉狀固體輸送、篩分等之設備。</p>	<p>康研究所 (NIOSH) 中 42 CFR 第 84 部分批准，以防止遇到特定類型之粉塵。</p> <p>(1) 1910.94 (a) (5) (iii) (a) 在含非二氧化碳矽磨料用於具有低毒性的材料之作業中，防塵過濾式呼吸器可以用來保護外部作業噴砂操作者。</p> <p>(2) 1910.94 (a) (5) (iii) (b) 在使用矽砂作為噴砂或噴射有毒物質時，不得使用防塵過濾式呼吸器進行持續防護。</p> <p>5. 1910.94 (a) (5) (iv) 對於使用本節要求的呼吸器的員工，雇主必須按照 29 CFR 1910.134 實施呼吸保護計劃。</p>	<p>且於無空氣之情況下也會爆炸，例如乙炔、甲基乙炔、環氧乙炔。因此條例 5 內 (4) 之 C 和條例 7、11 適用於在空氣存在間可能形成爆炸性環境之物質。而上述三項 DSEAR 法規條例不適用於爆炸性/化學不穩定性。</p> <p>物質之危害特性：</p> <p>第 93 點，雇主必須辨識工作場所可能存在任何危害物質及其他存在之危害（如易燃或爆炸性質），其中包括於製程或作業時產生或發出危害物（如臭味、蒸汽、粉塵等），或因發生事件/事故之結果。</p>
<p>§184 雇主對於危險物製造、處置之工作場所，為防止爆炸、火災，應依下列規定辦理（第二項）：著火性物質，應遠離煙火、或有發火源之虞之物，並不得加熱、摩擦或衝擊或使其接觸促進氧化之物質或水。</p>	<p>1910.94 (a) (7) 操作程序和一般安全。不得將粉塵堆積在噴砂外殼的地板或壁上，並應立即清理灰塵。走道和步道應避免鋼丸或類似磨粉料，否則可能造成滑倒危險。</p> <p>1910.146 (b) 定義中：“危險環境”是指該環境可能使勞工暴露於死亡之風險、失能，自救能力受損（逃離一個許可之空間），受傷或患有一種或多種疾病的急性疾病，原因如下（第二項）：空氣中的可燃粉塵，其濃度達到或超過其爆炸下限 (Lower explosion limit, LFL) (※該粉塵濃度於視線 5 英尺 (1.52 米) 或更小之距離內而擋住視線之條件。</p>	<p>第 95 點，有些物質於安全上顯然有害，其他物質則只有於某些條件下才有危害。麵粉可以形成爆炸性氣體，並可藉由柴油之類之液體於作業中來提高閃火點溫度，而產生火災或爆炸之風險。另在進行危害區域分類時，危害物質之相關特性包括易燃液體之沸點和閃火點，及可能產生任何比空氣輕或重之易燃氣體或蒸汽。</p> <p>第 96 點，對於易形成爆炸性環境之粉塵，應需提供有關粒徑大小和空氣中潛在濃度之訊息。</p>
<p>§184-1 雇主使勞工使用危險物從作業前，應確認所使用物質之危險性，採取預防之必要措施。雇主對於化學製</p>	<p>1910.176 (b) 安全儲存：該儲存材料置於袋子、容器、捆束等，應堆疊、封閉、交互鎖，並限制高度，以確實該材料穩定並防止滑動或坍塌，避免危害造成。</p> <p>1910.176 (c) 作業環境：儲存區域應避免物料堆積而造成</p>	<p>第 97 點，大量被作為堆或堆之固態可燃物質，由於空氣中氧氣暴露於被限制之表面積，將會緩慢的燃燒。而當粉塵分散於空氣中產生氣態反應物，使粉塵於爆炸包含粉塵顆粒快速燃燒而釋放能量。對於物質性質之基本認知及避免沉積應一起了解，特別是在高架表面，能夠於空氣中快速爆炸燃燒之粉塵/粉末，應使粉塵爆炸之風險最小化。</p>

<p>程所使用之原、物料及其反應產物，應分析評估其危害及反應特性，並採取必要措施。</p> <p>§185 雇主對於從事危險製造或處置之作業，應指定專人採取下列措施：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 製造或處置危險物之設備及附屬設備，有異常時應即採取必要措施。 2. 於置有製造或處置危險物之設備及附屬設備之場所內，其溫度、濕度遮光及換氣狀況有異常時，應即採取必要之措施。 <p>§188 雇主對於存有易燃液體之蒸氣、可燃性氣體或可燃性粉塵，致有引起爆炸、火災之虞之工作場所，應有通風、</p>	<p>絆倒、火災、爆炸、害蟲棲息及必要控制植物生長之危害。</p> <p>1910.176 (e) 淨空限制：應提供清除標誌以警告清除限制。</p> <p>1910.261 (a) (3) 納入一般標準，此被受限制之作業場所應遵守並參照法規 1910.6 內規定於美國國家標準協會 (ANSI) 所提出之標準。</p> <p>1910.261 (a) (3) (ix) 用於粉塵、儲存、去除蒸汽或輸送之鼓風機及排氣系統，應遵照美國國家標準 (ANSI) Z33.1-1961。</p> <p>1910.265 (c) (20)(v) 除塵室：若產生不受控制的火災或爆炸危險，排氣管不得排入無側限樁外。它們可能會進入沉澱室或集塵室，以防止粉塵或垃圾進入任何工作區域。此倉室的建造和操作應盡量減少火災或粉塵爆炸的危險。</p> <p>1910.269 (v) (11) 煤和灰處理：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 1910.269 (v) (11) (xii) 如果煤炭處理操作可能產生燃料來源、易燃氣體或粉塵的可燃環境，則應消除或安全控制點火源，以防止點燃可燃氣體。 2. 1910.269 (v) (11) (xii) 段的註釋：由於存在可燃粉塵而存在危險的場所被歸類為 II 類危險場所。見法規 1910.307。 <p>1910.269 (x) 定義：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 注意“防護”的定義：未受其他維護及保護的絕緣導線。 2. 危險環境：此環境可能會使員工面臨以下一種或多種 	<p>有關危害性質之資訊：</p> <p>第 101 點，許多粉塵不屬於 CHIP 下之分類物質，對於此些物質沒有提供 SDS 之法律要求。然而，應諮詢供應商是否可提供任何相關資料來評估火災和爆炸之風險。當若於中間產品，混和物或新作業沒有可用之 SDS，既可能為非標準條件下；若於網路上提供之 IFA GESTIS-Dust-Ex 數據庫等資料庫無法提供協助，則可能需要進一步研究和測試該物質之易燃/爆炸之危害。(此項也與條例 5 (2) (i) 有關)。</p> <p>工作之情況</p> <p>第 104 點，風險評估應包括考慮工作過程中是否會產生足夠量之易燃氣體、蒸汽、霧氣或粉塵，以若被點燃時有受傷之風險。雇主應考慮事故被升級之可能性。另也應考慮可能蓄積之可燃粉塵，此些粉塵可能於事故期間被開展而分散於空氣中，從而形成爆炸性環境。</p> <p>第 115 點，於評估任何維修、修理、修改、擴展、重組、拆除或清潔作業時應考慮其因素，其中包括可燃粉塵，可能會分散並產生爆炸性環境或造成潛在的引燃危害 (如木屑)。</p> <p>通風：第二選擇，室內和露天通風</p> <p>第 216 點，於可能存在可燃粉塵之作業場所，通風系統設計應考慮可能產生之任何沉積物，例如不應允許工廠之粉塵洩漏量過大，若受到干擾或分散，可能會形成危害之爆炸性環境。</p>
---	--	---

<p>換氣、除塵、去除靜電等必要設施。雇主依前項規定所採設施，不得裝置或使用有發生明火、電弧、火花及其他可能引起爆炸、火災危險之機械、器具或設備。</p> <p>§201 雇主對於乾燥室之操作，應依下列規定辦理 (第五項):</p> <p>應注意乾燥室之清掃，不得有粉塵堆積。</p>	<p>原因導致死亡，喪失能力，自救能力受損 (即從封閉空間無法逃脫)，受傷或急性疾病的風險：</p> <p>(1) 易燃氣體，蒸氣或霧氣超過其可燃下限 (LFL) 的 10%</p> <p>(2) 空氣中的可燃粉塵，其濃度達到或超過其 LFL</p> <p>1910.272 (a) 範圍：本節包含控制穀物粉塵火災和爆炸的要求，以及與穀物處理設施相關的某些其他安全隱患。它適用於第 1910 部分 (或海運碼頭 1917 部分) 的所有其他相關規定。</p> <p>1910.272 (b) 應用：</p> <p>1910.272 (b) (1) 本節 (a) 至 (n) 段適用於穀物升降機，飼料廠，麵粉廠，碾米廠，粉塵造粒廠，乾燥玉米廠，大豆剝皮和研磨操作。</p> <p>1910.272 (c) 定義：“糧食揚塵”是指從原料處理系統排出的可燃粉塵顆粒，其尺寸將通過美國標準 40 目篩 (425 微米或更小)。</p> <p>1910.307 (a) 範圍：</p> <p>1910.307 (a) (1) 適用性：本節介紹了根據易燃蒸氣，液體或氣體的性質或可能存在于其中的可燃粉塵或纖維以及存在易燃或可燃濃度或數量的可能性對電氣設備和電線進行分類的要求。危險 (機密) 位置可能存在但不限於以下場所：飛機機庫，汽油分配和服務站，汽油或其他揮發性易</p>	<p>遏制和收集溢出物和洩漏：</p> <p>第 236 點，為避免在遏制失控的情況下污染工作場所的其他部分，雇主應在合理可行的範圍內採取措施，其中，將固體或粉末儲存在密封容器中，並按適當的國內 (或國際) 標準建造。粒狀材料含有一定比例的粉塵，如果有適當的粉塵控制措施，可以存放在指定的開放式化合物中。</p> <p>控制和避免點火源，包括靜電放電：</p> <p>第 242 點，在識別潛在的點火源時，雇主應考慮危險物質的性質與其處理方式或可能累積的性質，無論是否無意。如果某些揚塵的積聚可能會自行加熱並可能會點燃，則應防止這種積聚。</p> <p>第 248 點，某一些衣物 (包括鞋類)，在使用過程中會產生靜電放電的材料。這種可以點燃某些類型之爆炸性環境，例如氣體或蒸汽，甚至是非常容易點燃某些類型的粉塵。如果評估結果表明燃燒危險在這些環境中工作的員工，既應配戴防靜電鞋。提供所述地板不是高度絕緣，如果配戴者是由鞋和合適的地板接地 (如混凝土或鋼網格) 單獨的抗靜電鞋類可足以控制風險，因為從服裝靜電放電的風險既可降低。如果發現其抗靜電性能已經惡化，則應定期測試防靜電鞋和地板並更換。</p> <p>緩解-避免傳播：</p> <p>第 263 點，對於室外儲存，通過將儲存設施與其他特定特徵或潛在危險保持適當距離，可以實現充分分離。</p>
--	--	--

燃液體的散裝存儲設備，油漆加工廠，醫療機構，可能存
在過量可燃粉塵的農業或其他設施，遊艇碼頭，船塢，石
油和化學加工廠。每個空間，區段或區域在確定其分類時
應個別考慮。

1910.307 (c) (3) 安全的危險 (分類) 場所：

應採用雇主證明的類型和設計，以防止因所涉及的蒸氣，
液體，氣體，粉塵或纖維的可燃性和易燃性而產生的危害。

1910.1200 (b) (6) 此節不適用：

1910.1200 (b) (6) (iv) 化學品製造商或進口商內之木材或
木製品，包括未加工之木材，其會對勞工造成有關易燃性
或可燃性之危害 (經本標準所涵蓋的危險化學品處理過的
木材或木製品，以及隨後鋸切或切割，產生粉塵的木材，
不予豁免)

1910.1200 (c) 定義中，有害化學品指任何被歸類為物理性
危害或健康危害性之化學品，容易窒息性，可燃性粉塵，
發火性氣體或未經其他分類之危害。

或者，可以使用耐火牆或隔板的物理屏障。因此對於粉
塵或含有一定比例灰塵的產品，HSG103 之可燃粉塵於
安全處理時會涉及這些問題。

附錄 1 高溫作業：

第 329 點，在特殊情況下，可以對先前含有危險物質
無須清潔或惰化的操作上活動或非活動的工廠或設備
進行高溫作業。這些技術僅適用於含有液體或氣體的工
廠或設備，不適用於含有固體，粉塵或爆炸物或含有液
態或氣態氧的危險物質的工廠。

附錄 2 可能發生爆炸性環境的場所的分類 (基本上複製
了評議會附件一的規定指令 99/92 / EC)

1. 20 區，空氣中可燃粉塵雲形式的爆炸性環境持續、
長期或頻繁存在的地方。
2. 21 區，在正常操作中偶爾可能發生空氣中可燃粉
塵雲形式的爆炸性氣體的地方。
3. 22 區，在正常運行中不太可能發生空氣中可燃粉
塵雲形式的爆炸性氣體的地方，但如果確實發生，
則僅在短時間內持續存在。

危險區域分類：

第 364 點，關於危險區域分類和控制點火源的其他指
南載於相關出版物，其中 HSG103 安全處理可燃粉塵
之防爆措施。

第 365 點，國際標準、爆炸性環境、區域分類、爆炸
性氣體環境，解釋了氣體和蒸汽的區域分類的基本原
則。它的粉塵對應物是爆炸性環境。區域分類。可燃

			<p>粉塵環境.這些是評估區域範圍和類型的合適基礎，可用作遵守第 7 條和附表 2 的指南。但是，在任何特定情況下它們不能給出區域的範圍和類型，特定場地的因素應始終被考慮。</p>
<p>教 育 面</p>	<p>§29 雇主不得使未滿十八歲者從事下列危險性或有害性工作 (第五項): 有害粉塵散布場所之工作。</p>	<p>1910.38 (e) 緊急應變訓練中，雇主必須指定及培訓勞工，以協助其他勞工能有序地安全撤離。</p> <p>1910.157 (d) 選擇和分配：</p> <p>1910.157 (d) (6)：雇主應分配可攜式滅火器或 D 級滅火器予從事作業之勞工者，以便可撲滅行距為 75 英尺 (22.9 米) 或以下。而於可燃金屬加工區域，每兩周至少生產一次可燃性金屬粉末、薄片、刨屑或相似尺寸之產品，以需使用 D 類危險滅火器。</p> <p>1910.1200 (h) 員工情報和培訓。</p> <p>1910.1200 (h) (3) 訓練。員工培訓至少應包括：</p> <p>1910.1200 (h) (3) (ii) 工作區內化學品之物理、健康、容易窒息、可燃粉塵、發火氣體危害，及未分類之危害。</p>	<p>驗證含有爆炸性環境的地方：</p> <p>第 393 點，檢查員必須從與他們打算核實的特定工作場所和場所作業相關的實際經驗或專業培訓中，獲得足夠的實踐和理論知識。例如，有能力驗證加油站爆炸安全性的人可能無法核實處理紡織廠可燃粉塵的措施的充分性。</p>

第三章 國內外可燃性粉塵職災案例

多年來，可燃性粉塵為職業安全衛生重點研究之危害物質之一，使用可燃性粉塵之地方一旦遇火源而發生爆炸，即會在短時間內蔓延至整個場所 [21]。根據王耀進等人於 2002 年之文獻說明，粉塵容易受到重力場以及外界擾動的共同下改變環境濃度，因此當環境存在足夠之物質濃度時，無論懸浮或沉降都有可能產生爆炸行為，相較於氣體，其燃燒速度慢，但因固體的分子一般比氣體分子量大，可燃物之量就較多，相對造成爆炸之能量更多、威力更大，溫度可達到 2,000-3,000°C，壓力可達 700kPa [22]。在粉塵爆炸行為發生時，環境中物質濃度若過高，粉塵無法完全進行反應，爆震波將足以揚起沉積的粉塵，促使空氣與物質再度結合，形成二次爆炸的行為，此情況下釋放之能量更大，威力更強 [23]。

根據 Zhi, H. 等人於 2015 年之文獻說明 [24]，從 1930 至 2012 年頻繁發生粉塵爆炸之事故，至今還並未有完善之預防 (如圖 9 所示)；圖 10 中說明全球有近 40% 之粉塵爆炸是來自於食物粉塵而引起，如小麥、麵粉和飼料等 [24]；圖 11 中說明不同產業所發生粉塵爆炸之事件數量，可得知食品製造業佔約 26%，相較於其他產業高出許多；粉塵爆炸主要有點火源之元素而造成重大事故之發生，分為閃燃、直接遇熱、高溫作業、電火花、靜電、撞擊火花、自燃或悶燒、摩擦火花及高溫等類型 [23]；圖 12 顯示大多發生粉塵爆炸事故之引火源多為火焰及直接遇熱 (佔約 22%)、撞擊產生之火花 (佔約 20%) 所引起 [24]。另根據吳鴻鈞等人之研究指出，我國鋁鎂合金研磨工廠全部都爆炸過，甚至每隔 2 週至少燒 1 次 [25]。

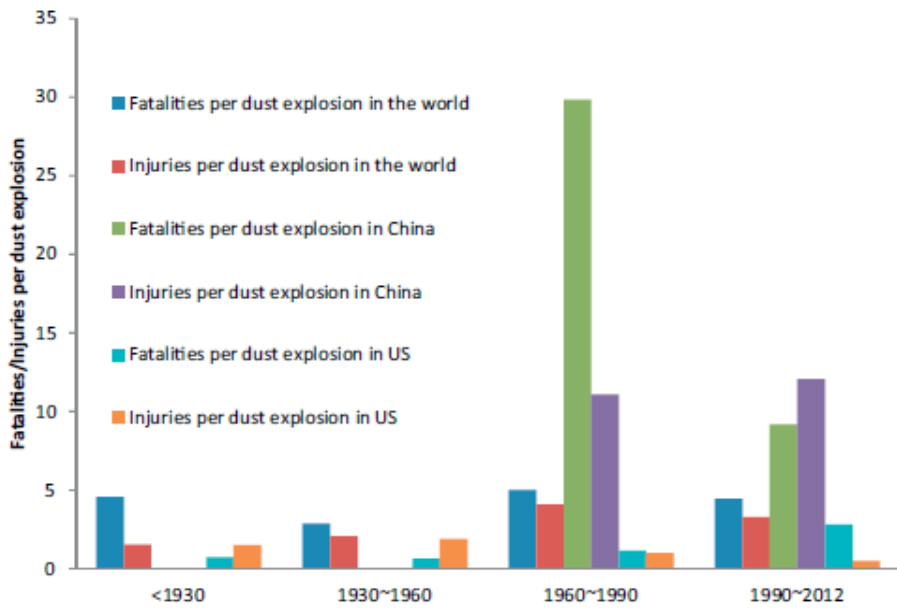


圖 9 世界、中國、美國於不同時期之死亡/受傷粉塵爆炸事故 [24]

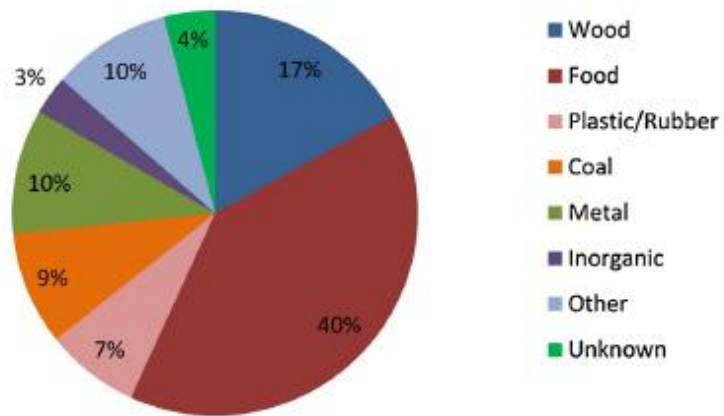


圖 10 不同類別導致全球粉塵爆炸之可燃性粉塵顯示圖 [24]

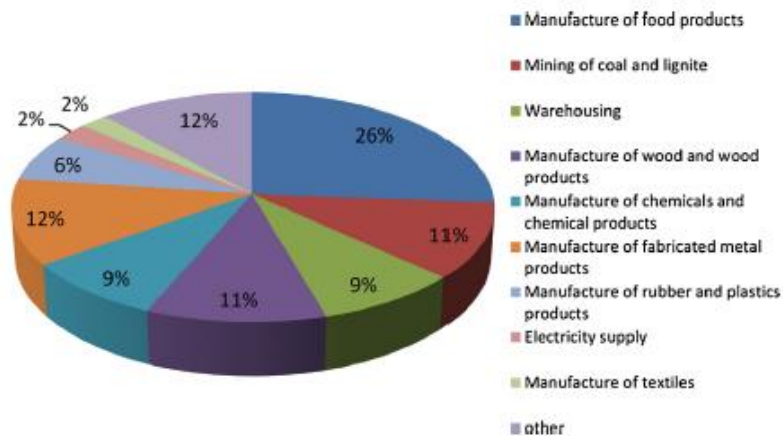


圖 11 不同產業所發生粉塵爆炸之事件顯示圖 [24]

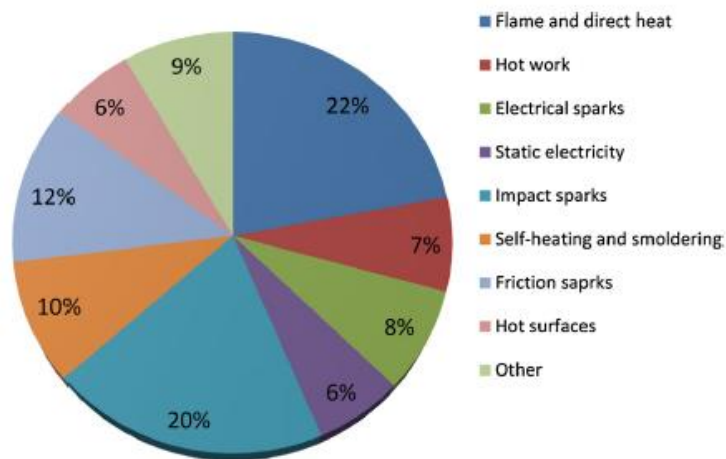


圖 12 不同點火源產生粉塵爆炸之比例圖 [24]

因此，本研究從勞動部職業安全衛生署重大職災資料庫 [26]、美國化學安全及危害調查委員會 (Chemical safety and hazard investigation board, CSB) [27]、本所研究報告、相關網站等，針對 2008–2018 年我國及國外可燃性粉塵之職災案例進行彙整及分析。我國部份如表 2 所示，可燃性粉塵職災案例有 10 件，職災發生之媒介物，鎂、鋁合金粉末 6 件，化學粉末 3 件，食用粉末 1 件，整體比例如圖 13 所示，發生災害之起火源比例如圖 14 所示。國外可燃性粉塵所發生之職災事故中，共計有 34 件案例 (如表 3 所示)，造成災害發生之媒介物，金屬粉末佔 19 件，食用粉末佔 10 件，木屑粉末佔 4 件，及炭黑粉末佔 1 件，整體佔比例如圖 15 所示，發生災害之起火源比例如圖 16 所示。對於粉塵媒介物所需之條件，表 4 說明引發粉塵爆炸之最小條件

[28]；根據 Nifuku 等人及吳氏等人曾發表，當粒徑越小，比表面積越大，點火能量越低 [29]；Zhou 等人針對不同點火能情況進行等級分類，並也量化能量可能發生的情形如表 5 所示 [30]；蘇氏等人針對在高相對濕度以及低相對濕度情況下，列出常見 6 種行為所產生的靜電能量大小如表 6 以及工業常見的火花放電能量如表 7 所示 [31]。

表 2 2008–2018 我國發生可燃性粉塵於火災爆炸之職災案例

時間	地點	案發類型	媒介物	案發原因	死/傷
03/04 /2008	桃園市	爆炸	鎂鋁合金粉末	某一勞工於研磨作業後進行吹除身上沾黏之鎂鋁金屬粉末中，發現工作台上之縫隙有火花產生，而此火花經過集塵口被吸入集塵幹管，引燃了積存於集塵幹管底部之鎂鋁合金粉末，接著大量燃燒之粉末被吸入集塵機內，造成機內瞬間壓力增加而引起爆炸。	0/4
01/27 /2010	台中市	爆炸	鎂鋁合金粉末	某一勞工進行於拋光研磨作業時，發現在該研磨機之底座內出現火光，並由底座竄出隨即引發火災。	0/5
05/09 /2012	台中市	火災	鎂合金粉末	因研磨用之砂紙與鎂合金摩擦產生火花，引燃研磨作業場所及某一勞工身上之鎂合金粉末。	1/0
11/01 /2014	彰化市	爆炸	鎂鋁合金粉末	於研磨作業時研磨到含鐵質之自行車鎂鋁合金前叉而產生火花，引燃蓄積於旁之鎂鋁合金粉末，造成粉塵爆炸引起火災，又該爆炸將累積於牆壁之鎂鋁合金粉末揚至空氣中，引起多次爆炸。	0/6
02/10 /2011	桃園市	爆炸	鎂粉	疑似因放置在廠房旁之 10 公噸鎂粉因受潮而產生化學作用，進而引發爆炸。	0/0
05/02 /2018	彰化縣	爆炸	鎂、鋁粉	因於作業間廠域內已瀰漫鎂、鋁粉塵，又因於研磨到含鐵支自行車前叉而產生火花，導致空氣中發生閃燃。	1/8

7	02/07 /2012	新北市	爆炸	易燃化學品	疑似因兩名外籍勞工正處理化學原料時，灌入太多易燃化學品，造成大量粉塵揚起而遇靜電引燃。	0/2
8	01/18 /2013	台南市	爆炸	聚對苯二甲酸乙二酯 (PET)	因作業場所未設置通風、換氣、除塵等必要設施，導致聚對苯二甲酸乙二酯 (PET) 粉塵濃度過高，又馬達帶動輸送帶之轉軸軸承因偏移造成磨擦輸送帶支架 (側板) 產生熱能，引起爆炸並發生火災。	1/1
9	06/27 /2015	新北市	爆炸	玉米澱粉、食用色素粉末	因玉米澱粉及食用色素所製作之色粉引發塵爆及火災事故。	15/48 4
10	03/21 /2017	雲林縣	爆炸	ABS 基粉	疑似儲存槽壓力太大，使得閥蓋被彈開，而造成粉塵爆炸之發生。	0/0

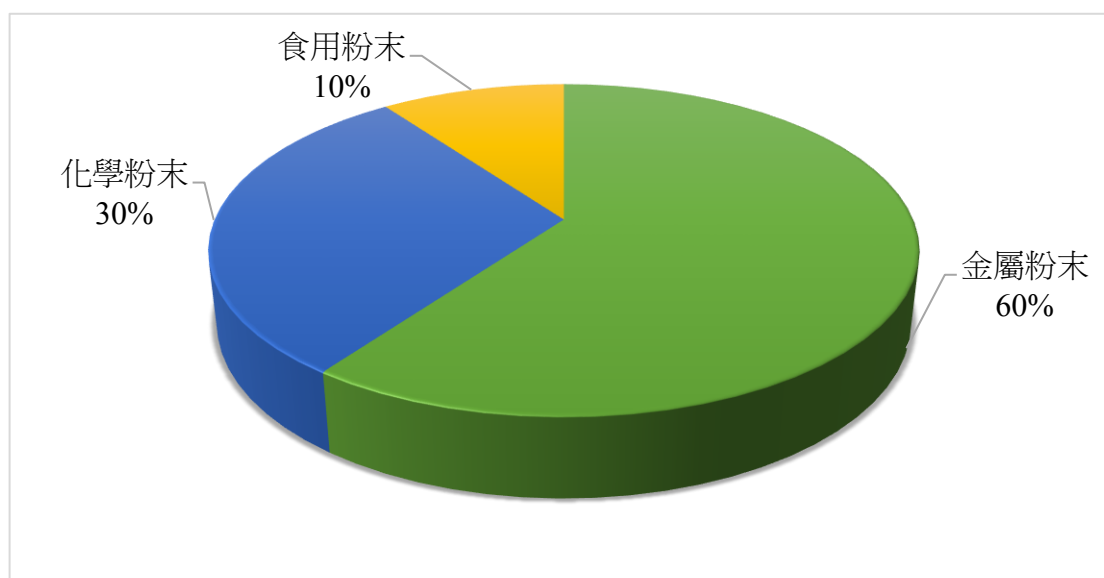


圖 13 2008-2018 年我國可燃性粉塵火災爆炸事故之媒介物比例

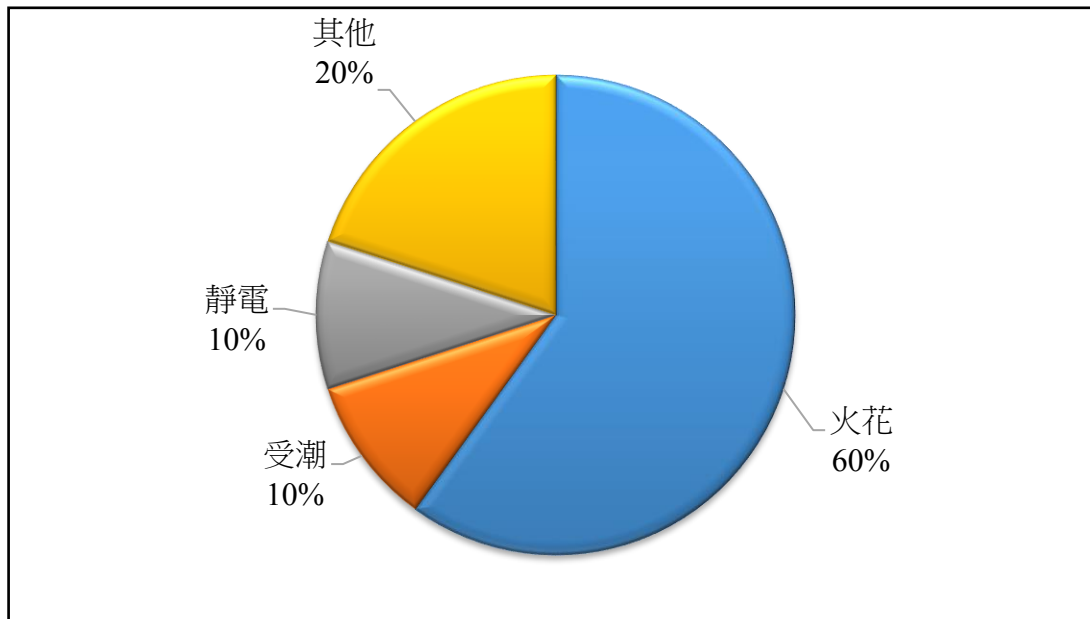


圖 14 2008-2018 年我國可燃性粉塵火災爆炸事故之火源比例

表 3 2008-2018 國外發生可燃性粉塵於火災爆炸之職災案例

	時間	地點	案發類型	媒介物	案發情形	死/傷
1	02/28 /2008	中國浙江省台州	爆炸	鐵、鋁粉塵	疑似該廠之砂光機於研磨產生火花，點燃除塵管道中之鋁粉，而引起局部自燃，又金屬粉塵遇水則會產生更劇烈燃燒，而當時該公司則以水來滅火，不料火勢更大而產爆炸。	1/31
2	01/31 /2011	美國田納西州	爆炸	鐵粉	因斗室升降機之料斗偏離軌道，經維修後技工要求控制室重新啟動，隨即引發粉塵爆炸。	2/0
3	05/13 /2008	中國浙江省溫州	爆炸	鋁粉	因該廠內沒有除塵系統，而又當時環境之粉塵濃度已達爆炸濃度，遇火花而引發粉塵爆炸。	0/10
4	03/11 /2009	中國江蘇省丹陽	爆炸	鋁粉	疑似殘留鋁粉塵因受潮而造成熱蓄積，導致起火爆炸。	11/20
5	03/27 /2011	中國浙江省永嘉	爆炸	鋁粉	於排煙機電之線路故障，產生火花而引燃空氣中之鋁粉，造成粉塵爆炸發生。	1/10
6	04/01 /2011	中國浙江省縉雲	爆炸	鋁粉	疑似於車內之排風扇安裝已鬆動，造成電線短路而引發鋁粉爆炸。	5/1

7	12/17 /2011	中國上海市松江	爆炸	鋁粉	疑似於拋光 iPad 背板時遇明火而引燃鋁粉，造成粉塵爆炸發生。	0/61
8	08/05 /2012	中國浙江省溫州	爆炸	鋁粉	疑似鋁門把手於進行拋光過程中，已累積大量之鋁粉塵，遇火源而導致粉塵爆炸發生。	13/15
9	01/22 /2014	中國浙江省海門	爆炸	鋁粉	疑似長時間於拋光作業時，空氣中已瀰漫許多鋁粉，而遇火源導致粉塵爆炸發生。	0/1
10	08/02 /2014	中國江蘇省崑山	爆炸	鋁粉	疑似因研磨拋光/不明原因著火引起粉塵爆炸。	146/14
11	08/18 /2010	中國江西省宜春	爆炸	鋁合金粉塵	疑似該廠之砂光機機械因摩擦而產生火花，點燃粉塵而導致粉塵爆炸發生。	0/0
12	09/29 /2010	中國浙江省溫州	爆炸	鋁合金粉塵	疑似該廠無除塵系統，且又於拋光時有大量粉塵堆積，導致遇火源而引燃，且周圍有大量易燃物堆放。	0/2
13	11/24 /2010	中國浙江省溫州	爆炸	鋁合金粉塵	疑似該廠無除塵系統，而於拋光時有粉塵堆積，導致遇火源而引燃，造成粉塵爆炸發生。	0/6
14	01/13 /2010	中國浙江省瑞安	爆炸	鋁鎂粉塵	起因為排氣機送入通道之粉塵沉降已兩個月未清理而大量累積，加上當日天氣良好，空氣乾燥，導致粉塵濃度達到爆炸界線，遇火花而造成粉塵爆炸發生。	2/9
15	08/05 /2010	中國廣東省深圳	爆炸	鋁鎂粉塵	詳細粉塵爆炸原因還仍待調查中。	0/10
16	03/08 /2011	中國江蘇省鎮江	爆炸	鋁鎂粉塵	該廠內之粉塵以灑水來降低粉塵揚起，然而鎂粉遇水後而產生氫氣，又灑水之管道中產生靜電聚集而引燃氫氣爆炸。	0/21
17	05/20 /2011	中國四川省成都	爆炸	鋁鎂粉塵	爆炸原因疑似於 iPad 拋光時鋁鎂粉塵之濃度已過高而成粉塵雲，於機械運作之際，導致摩擦產生火源，進而引燃粉塵爆炸。	3/15
18	12/09 /2010	美國西維吉尼亞州	爆炸	鈦鋯粉塵	因鋯、鈦等回收金屬屑之熔融、混合與壓鑄作業中，混合攪拌葉片與攪拌器之壁面摩擦而產生火花。	3/1
19	03/01 /2016	美國俄亥俄州	爆炸	金屬粉塵	疑似於爆炸發生有三人正在轉移材料，進而遭受到波及，目前事故原因還仍待調查	0/3

					中。	
20	10/09 /2012	美國新紐 澤西州	爆炸	炭黑 粉塵	疑似於卸料區有閃火及巨大之砰聲，後於混合罐槽上方新安裝之除塵系統管道發生小火，進而延燒後於預混室產生大火。	0/7
21	02/07 /2008	美國喬治 亞州	爆炸	蔗糖 粉塵	因於輸送設備累積大量之蔗糖粉塵，又輸送帶內掉入硬幣，與輸送管壁摩擦而產生火花，點燃了該此處之粉塵，造成一連串之塵爆發生。	14/38
22	04/07 /2013	美國北卡 羅來納州	爆炸	麵粉 塵	疑似兩名維修工正於該廠之地下室進行設備維修，其中一名勞工打開電源時，點燃了粉塵而發生爆炸，進而受到波及而燒傷，然而目前確切之原因還仍待調查中。	0/1
23	04/05 /2016	美國內華 達州	火災	牛至 香料	疑似於料斗研磨中而發生粉塵閃燃，目前仍待調查中。	0/0
24	09/19 /2016	美國阿拉 斯加	爆炸	魚粉	疑似魚肉粉末著火所造成，目前仍待調查中。	0/0
25	10/29 /2011	美國坎薩 斯州	爆炸	穀物 粉塵	當時六名勞工正在穀物之電梯中，不料電梯內部已充滿了粉塵，遇火源而產生粉塵爆炸發生，而此案件目前還仍待調查中。	6/0
26	09/14 /2014	美國亞利 桑那州	爆炸	穀物 粉塵	當時四家承包商勞工正於五樓進行焊接作業，不料焊接所產生之火源點燃了正進行製造食品之粉塵。	0/4
27	10/25 /2014	加拿大安 大略省	爆炸	穀物 粉塵	疑似集塵器發生已發生火警，使得火延燒至內部收集器，導致粉塵爆炸發生，然而詳細原因還仍待進行調查中。	1/4
28	11/05 /2015	歐洲羅馬 尼亞布拉 索夫縣	爆炸	穀物 粉塵	詳細原因目前還仍待調查中。	0/5
29	09/06 /2016	美國威斯 康辛州	爆炸	穀物 粉塵	疑似穀物於研磨時發生爆炸，目前還仍在調查中。	0/1
30	05/31 /2017	美國威斯 康辛州	爆炸	穀物 粉塵	疑似連接至進氣管之過濾器吹揚玉米粉塵，導致玉米粉塵充滿於空氣間，隨即遇火源而導致粉塵爆炸發生。	5/14

31	09/14 /2016	加拿大不 列顛哥倫 比亞省	爆炸	木屑	當地消防人員急忙滅火之時，料斗內已充滿大量木屑，進而遇火源而產生粉塵爆炸，而詳細原因仍待進行調查中。	0/0
32	04/24 /2012	加拿大英 哥倫比亞 省	爆炸	木屑	疑似於齒輪減速器受摩擦而導致起火發生。	2/22
33	01/20 /2012	加拿大不 列顛哥倫 比亞省	爆炸	木屑	疑似內部環境已堆積大量之木屑，而某些木屑之細粒掉落於齒輪減速器，產生摩擦而引發火源。	2/20
34	07/17 /2015	英國柴郡	爆炸	木屑	詳細原因目前還仍待調查中。	4/0

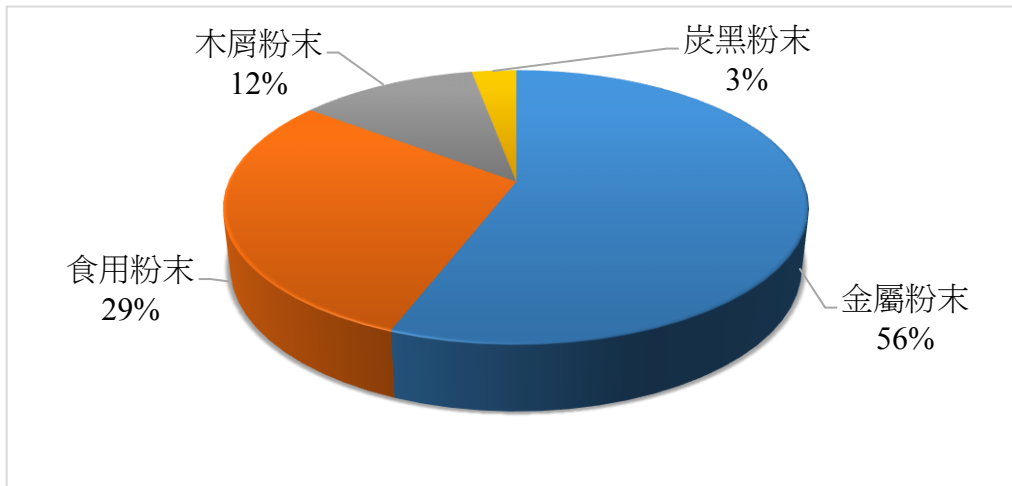


圖 15 2008-2018 年國外可燃性粉塵火災爆炸事故之媒介物比例

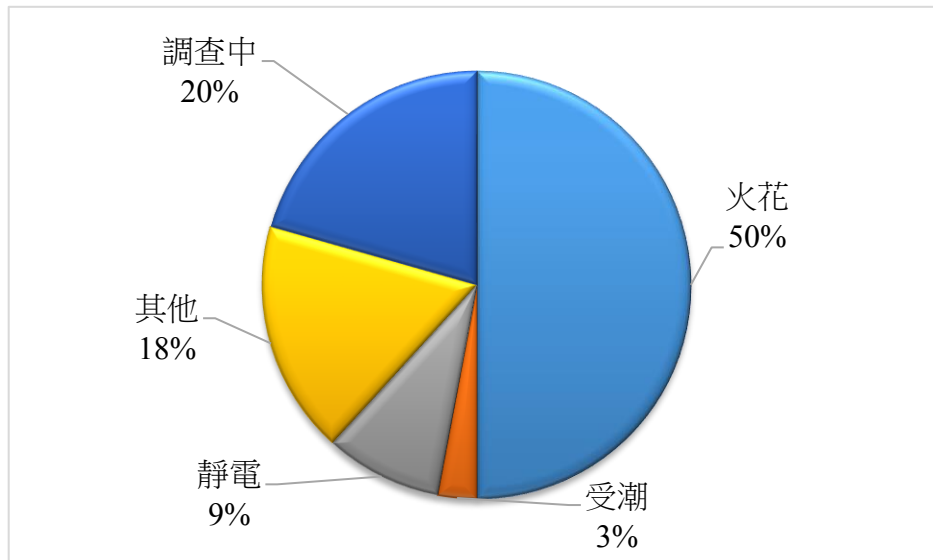


圖 16 2008-2018 年國外可燃性粉塵火災爆炸事故之火源比例

表 4 各粉塵物質引發粉塵爆炸所需最小條件見表 [28]

物質	點火溫度 (°C)	最小點火能量 (mJ)	最低爆炸界限(g ³ /m)	最大爆炸壓力(bar)	Kst 值 (bar m/sec)
鋁	560	<1	60	11.2	515
鎂	760	>1000	30	17.5	508
鋅	250	300	250	6.7	125
醋酸纖維素	520		30	9.8	180
甲基丙烯酸	500	100	30	8.7	97
酚醛樹脂	460			9.3	73
聚酰胺	460	>1000	125	6.9	38
聚苯乙烯	450	100	400	5.4	14
尿素	520	100	125	9.7	119
可可粉			60	7.6	75
咖啡粉	470	>1000	60	9.0	90
玉米澱粉	400	10	30	8.2	107
穀物粉塵	510		125	9.2	131
麵粉	480		125	9.1	69
糖	480	10	100	8.5	138
己二酸	580		60	8.0	97
煤	540	>1000	60	8.5	97
污水污泥	450	100	250	6.5	117

硫	280	<1	280	6.8	151
酵母	450	100	60	6.2	40

表 5 最小點火能量分類 [30]

等級	最小點火能量 (mJ)	放電形態
1	<0.025	尖端放電
2	<3	刷狀放電
3	<10	大量放電
4	<30	人體放電
5	<103	火花放電
6	>103	傳播刷狀放電

表 6 常見 6 種行為產生的靜電能量 [31]

行為	低相對濕度環境 (10-20RH%)	高相對濕度環境 (65-90RH%)
地毯上行走	184 mJ	0.3mJ
乙烯塑料地板上行走	22 mJ	0.009 mJ
作業人員在工作臺旁	5 mJ	0.002 mJ
使用乙烯塑料封袋	7 mJ	0.05 mJ
從工作台取放普通塑料袋	60 mJ	0.2 mJ
有尿胺泡沫墊的工作椅	49 mJ	0.3 mJ

表 7 工業常見的火花放電能量 [31]

	放電能量 (mJ)
鏟子	≐2
法蘭 (10cm)	≐0.5
漏斗	≐0.6
圓桶 (≐200L)	≐40
人體	≐10
油罐車	≐100

綜合上述可燃性粉塵職災案例之分析中，我國及國外發生粉塵職災事故大多為爆炸居多，火災發生次數各為 1 次，研判主要堆積的粉塵，因遇火花而引發閃燃，然當下環境粉塵濃度未達到爆炸界限，因此未有粉塵爆炸之發生，另一方面，作業中身上若未除去粉塵，恐也會造成事故之發生 (我國於 2012 年曾發生過，如表 2)。另我國

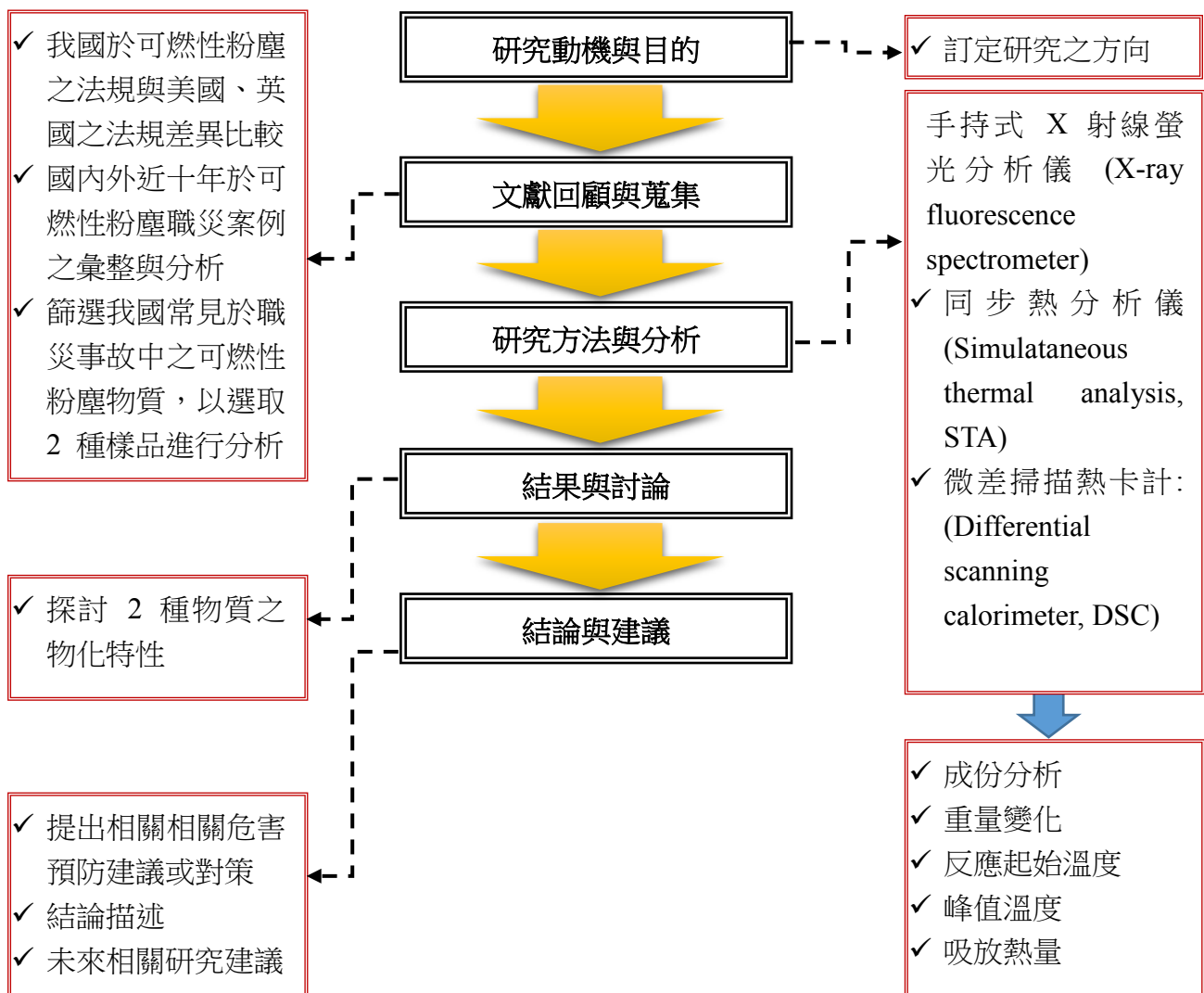
及國外發生火災爆炸於可燃性粉塵之事故起因，歸納如下：

- 一、我國與國外可燃性粉塵事故大多發生於研磨拋光之作業中。
- 二、除塵器未開啟或已損壞未維修，已瀰漫粉塵之作業環境中，一遇火源即產生火災爆炸之事故發生。
- 三、起火源多為機器或電器用具磨擦產生火花而引燃。
- 四、已堆疊之粉塵未清理，會因受潮而產生熱累積之化學反應，遇靜電而發生火災爆炸之事故
- 五、鎂鋁合金粉末中之鎂粉會因受潮而產生氫氣，周圍若有火花或靜電之火源會有危害之產生。

第四章 進行我國常見 2 樣品於職災之可燃性粉塵物質

本研究主要針對我國近十年職災案例進行彙整分析，並篩選出較常發生粉塵火災或爆炸之 2 種主要媒介物，透過同步熱分析儀 (Simultaneous thermal analysis, STA) 及微差掃描熱卡計 (Differential scanning calorimeter, DSC) 進行熱分析實驗，瞭解物質熱分析之測定，並提出相關危害預防建議或對策，供相關事業單位參採。表 8 為本研究方法之架構。

表 8 研究方法之架構



第一節 現場訪視

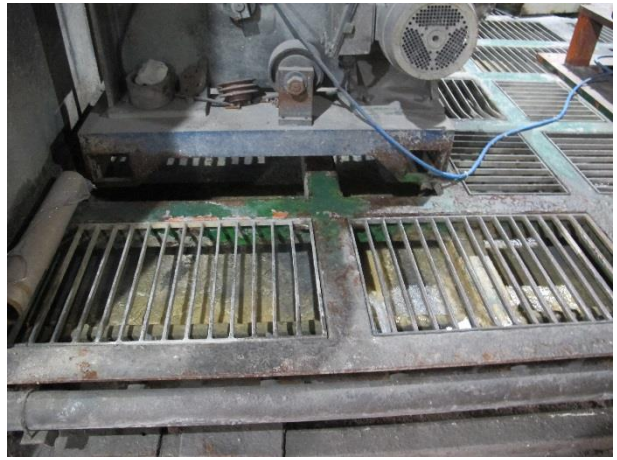
第三章於可燃性粉塵職災案例之資料彙整中，我國近十年發生粉塵火災、爆炸有 10 起案例，媒介物大多為鎂鋁合金，因此本研究針對鎂鋁合金來進行研究分析。

本研究於執行期間至彰化縣現場訪視 2 家自行車零件加工廠，此 2 家事業單位為本部職業安全衛生署所提供曾發生過粉塵火災爆炸案例之工廠，並與廠商之負責人先以電話詢問是否同意現場訪視，同意後並與對方說明訪視目的及聯繫時間並前往，如表 9 所示，以瞭解該作業環境之情況並進行現場採樣。2 廠區之現場環境皆屬於開放式之工作場所，於研磨及拋光作業中也皆以水幕濕式設備並配合將該研磨及拋光之設備架設於水池平台上做處理，又 A 事業單位除採用水幕方式降塵處理外，也採用機械手臂進行研磨作業，來提高作業效率及降低危害風險，並也透過排風機搭配風扇將粉塵顆粒送至濕式集塵器作處理，而 B 事業單位則利用風扇將塵揚之粉塵顆粒吹至水幕濕式設備上，並於後面兩層有裝設噴淋設備作處理；於勞工作業方面，A 事業單位雇主有要求穿戴護目鏡、圍裙、手套、口罩等安全防護具，而 B 事業單位雇主也有要求勞工需穿戴安全防護具，並未強制執行，僅部份勞工並未穿戴完整。而兩事業單位於上下午工作期間，皆有分配休息時間，並要求勞工停止作業後，彼此需將身上之粉塵及機台上之粉塵清理乾淨，並互相提醒作業區是否有積塵，雇主在做最後把關，以避免事故發生。(A 事業單位之工作環境及情況如圖 17 所示，B 事業單位之工作廠所情形如圖 18 所示)。

表 9 現場訪視 2 家自行車零件製造業之工廠

編號	事業單位	行業分類
1	A 股份有限公司	自行車零件加工業
2	B 企業社	自行車零件加工業

機械手臂研磨區



廠內之研磨區



廠內之切削區



廠內之拋光區



圖 17 現場訪視 A 事業單位之現場環境情形

廠內之切削區及安全事項說明



廠內之研磨區



廠內之拋光區



廠內之濕式洗滌設備



圖 18 現場訪視 B 事業單位之現場環境情形

第二節 實驗樣品及設備

一、可燃性粉塵物質樣品

因於現場採樣部份難以取得研磨或拋光之粉塵顆粒樣品，僅蒐集到切削後裁切下來之碎屑，又 A、B 兩事業單位之切削方法分別為乾式切削及 CNC 車床濕式切削，樣品如圖 19 所示。

根據勞動部職業安全衛生署之重大職災檢查報告中 [26]，說明此加工模組是依據鎂合金國際壓鑄標準所製成 (如圖 20 所示)，於 A 事業單位所採用之標準為 AM60B，因 B 事業單位僅部份說明該模組之成分比例，類似標準為 AZ91D。



圖 19 A、B 兩事業單位切削後之樣品 (乾式切削為左，濕式切削為右)

壓鑄鎂合金國際標準成份

元素	AZ91D	AM60B	AM50A	AM20
鋁(Al)	8.3-9.7%	5.5-6.5%	4.4-5.5%	1.7-2.5%
錳(Mn)	0.15-0.50%	0.24-0.6%	0.26-0.6%	0.20%max
鋅(Zn)	0.35-1.0%	0.22% max	0.22% max	0.20% max
硅(Si)	0.01% max	0.01% max	0.01% max	0.05% max
銅(Cu)	0.030% max	0.010% max	0.010% max	0.008% max
鎳(Ni)	0.002% max	0.002% max	0.002% max	0.001% max
鐵(Fe)	0.005% max	0.005% max	0.004% max	0.004% max
每種其它物質	0.02% max	0.02% max	0.02% max	0.01% max
鎂(Mg)	餘量	餘量	餘量	餘量

鎂合金物理特性

通用牌號	AZ91D	AM60B	AM50A	AM20
密度(g/cm ³)	1.81	1.80	1.77	1.75
凝固溫度(℃)	598	615	620	638
溶化溫度	420-435	420-435	420-435	420-435
熱膨脹	26.0	26.0	26.0	26.0
比熱溶解(kJ/kg)	370	370	370	370
比熱(kJ/kg*K)	1.02	1.02	1.02	1.02
導熱系數(W/K*m)	51	61	65	94
導電系數(MS/m)	6.6	-	9.1	13.1

圖 20 壓鑄鎂合金國際標準成份

二、手持式 X 射線螢光分析儀 (X-ray fluorescence spectrometer, XRF)

手持式 XRF 螢光分析儀在合金分析和牌號鑑定方面應用效果卓越，元素測試範圍從鈉 (Na) 到鈾 (U)，幾乎涵蓋了整個元素週期表，測試方法可根據合金樣品之密度不同，從幾十到幾百微米，並也可依據元素之不同，測量合金的不同有所變化，相對精確度在 0.2%-0.5% 浮動，測量過程可在數秒內完成 [32]。

本研究使用 Elvatech prospector 是高計數率的 (達 100 kcps) prospector 加上高分辨率的矽漂移探測器 (Silicon drift detector, SDD)，可在數秒內告知合金的牌號和元素組成 [32]，儀器外觀如圖 21 所示。



圖 21 手持式 X 射線螢光分析儀外觀圖

三、同步熱分析儀 (Simultaneous thermal analysis, STA)

本研究使用 LABSYS EVO 同步熱分析儀，主要由法國 SETARAM 公司開發之儀器，聚合物熱重分析以根據 ISO 11358-1 及 2；組成分析以 ASTM D6370 和 E1131；校準部份以 ASTM E1582、E2440、E1641、E1868、E1877、E2008、E2402、E2403 及 E2550，而於實驗中可隨溫度或時間之變化情況下，並透過同步分析於程序控制之溫度環境中測量固體或是液體樣品之熱流量及重量變化，測試物質包含相關聚合物、橡膠、塑料、油、潤滑油及其他常用之材料等，整體外觀如圖 22 所示 [33]。而該同步熱分析儀，是以一個盤繞式之金屬爐進行加熱，可設定兩個不同溫度之範圍 (1,150°C 和 1,600°C)，另可選擇使用氧化鋁坩鍋或白金坩鍋 (坩鍋可分為 TGA 及 DSC 之坩鍋，如圖 23 所示)，後再將樣品放進坩鍋並置於測量之天平處 (天平分為三種不同型式，如圖 24 所示)，同時可選擇三種不同之載氣 (流速可於 4-200ml/min) 或混合不同載氣 (流速可於 0.3-16ml/min) 進行，以準確測量該測試物之加熱情況及獲得參數，但對於物質之定性特性則無法得知，因此，可透過其他設備串聯並進行定性分析，如傅里葉紅外光譜儀 (FTIR)、質譜儀 (MS) 等 [33]。



圖 22 同步熱分析儀外觀圖



圖 23 同步熱重分析儀之 TGA 坩鍋 (左) 及 DSC 坩鍋 (右) [33]

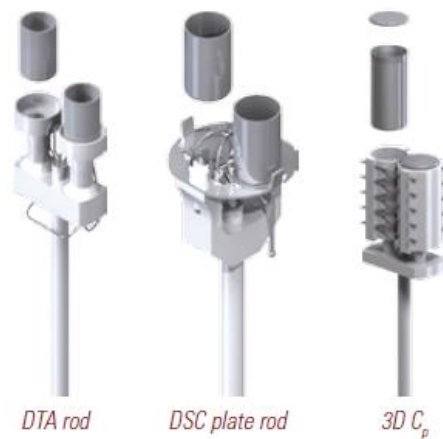


圖 24 同步熱重分析儀之天平型式 [29]

四、微差掃描熱卡計 (Differential scanning calorimeter, DSC)

微差掃描熱卡計 (DSC)，於熱分析上之應用，其是一項廣泛使用之儀器，利用微量之樣品 (<10mg) 即可量測化學反應之放熱起使溫度、反應熱、分解熱、溶解熱、汽化熱及熱容量等，由於 DSC 實驗所需之樣品量不大，於放熱反應之危害評估上，可提供先期之熱危害資料，以提供做大量反應時安全措施之參考 [34]。

本研究使用之 DSC 儀器為瑞士 METTLER TOLEDO STARe 公司所製之熱卡計 (如圖 25 所示)，型號為 DSC 822e，以熱對流式之方式進行加熱，使兩個樣品容納器下各有一獨立的感溫器 (Thermocouple)，分別量測樣品及參考物的溫度，當樣品在定溫速率下加熱或冷卻，或以恆溫的方式進行測量時，樣品會因為吸熱或放熱，使其與參考物間產生一個溫度差 ΔT [35]，如圖 26 所示，另也搭配 STARe 系統軟體使用，其操作溫度範圍可為 0–800°C (800°C 為極限溫度)，昇溫速率可由 0.01°C/min 至 100°C/min，偵測靈敏度為 1mW/g。



圖 25 微差掃描熱卡計 (DSC) 之外觀示意圖

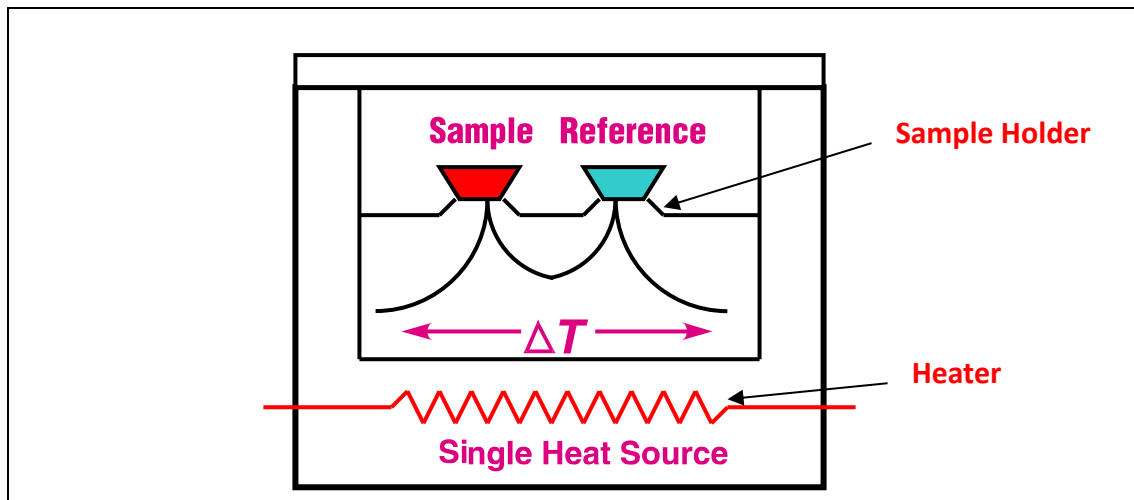


圖 26 熱對流式 DSC 剖面圖 [35]

第三節 實驗結果與討論

本研究針對上述說明於現場採集之樣品，進行成份分析及溫度對於樣品轉變之化學熱分析，並獲得相關基本參數，以探討該樣品所得各項數據之危害特性，熱分析結果分別如下：

一、手持式 X 射線螢光分析儀 (X-ray fluorescence spectrometer, XRF) 分析結果

透過螢光分析以每 20 秒反覆測 3 次之結果，A 廠鎂合金樣品之鎂 (Mg)、鋁 (Al)、矽 (Si)、錳 (Mn)、鋅 (Zn)、鐵 (Fe) 平均佔 92.47%、6.63%、0.49%、0.34%、0.06%、0.02% (如圖 27-29 所示)，與壓鑄鎂合金國際標準 AM60B 比較來看，各金屬佔之比例都在範圍內，僅未分析出銅 (Cu) 及鎳 (Ni) 元素，而矽及鐵含量各分析比標準高出 5 倍及 4 倍；B 廠鎂合金樣品鎂、鋁、鋅、錳、矽、鐵平均佔 89.23%、9.00%、0.97%、0.38%、0.27%、0.05% (如圖 30-32)，與壓鑄鎂合金國際標準 AZ91D 比較來看，鎂、鋁、錳、鋅皆在比例範圍內，矽及鐵含量各比標準高出 3 倍及 10 倍，銅及鎳也未被分析出來，另在此三次分析中，分別分析出鉻 (Cd) 0.02%、鈦 (Ti) 0.03%、銻 (Sb) 0.09%、錫 (Sn) 0.03%。

綜上所述，A、B 兩廠鎂合金樣品皆未分析出銅及鎳之元素，矽元素分別高出 5 倍及 3 倍，又 B 廠另分析出鉻、鈦、銻、錫之金屬元素物；另分析鐵含量分別比標準高出 4 倍及 10 倍，研判火花在研磨或拋光之作業下恐會頻繁產生，若作業區域旁或集塵口內未完善做好清理，粉塵濃度達爆炸範圍內即會造成粉塵爆炸事故之風險提高。

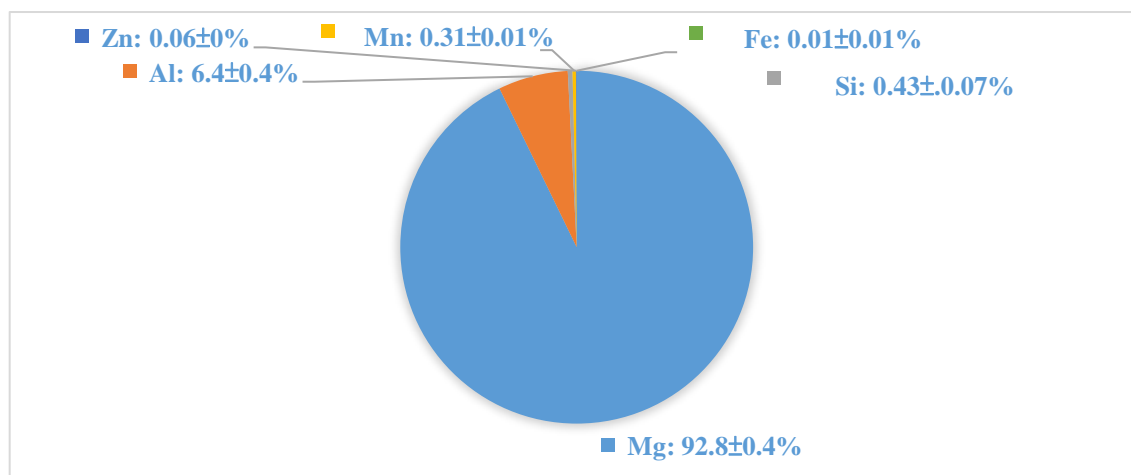


圖 27 A 廠鎂合金樣品第一次測試之成份比例分析圖

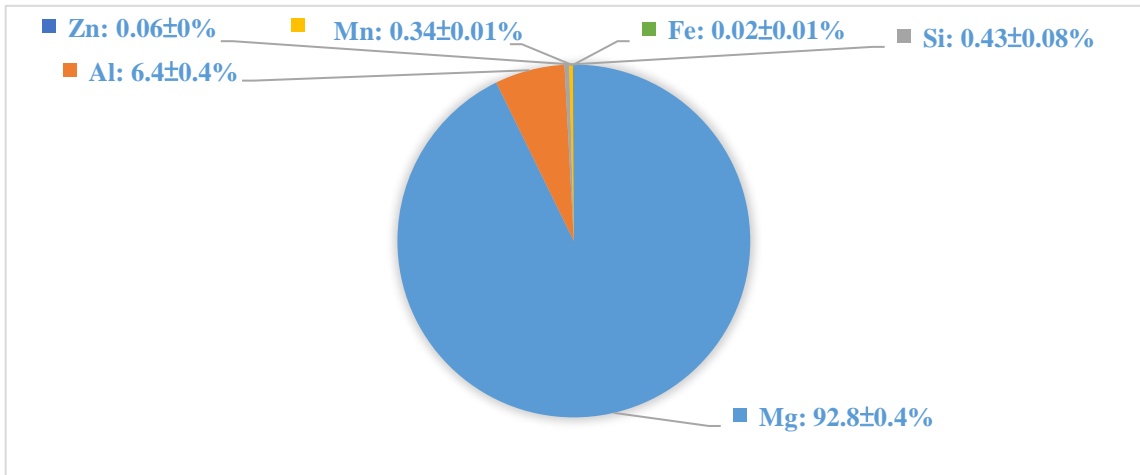


圖 28 A 廠鎂合金樣品第二次測試之成份比例分析圖

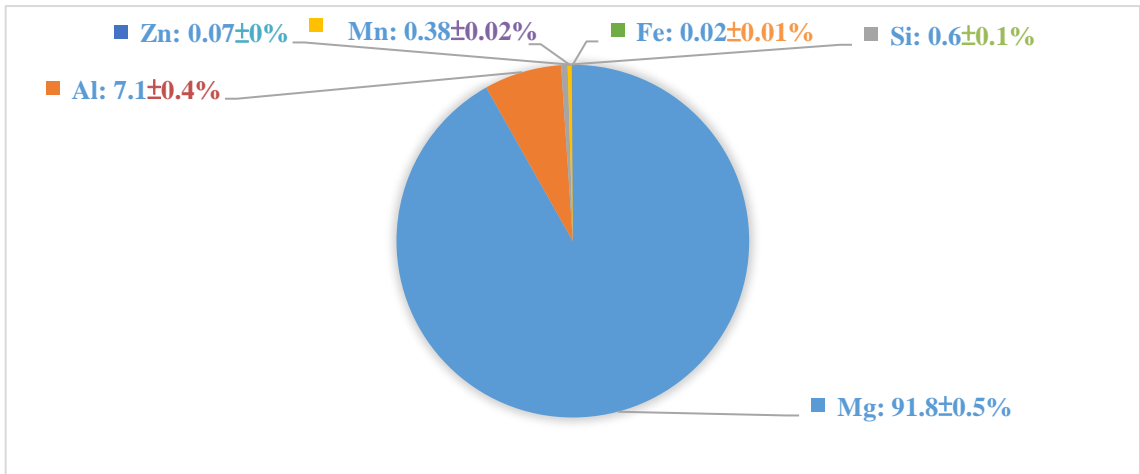


圖 29 A 廠鎂合金樣品第三次測試之成份比例分析圖

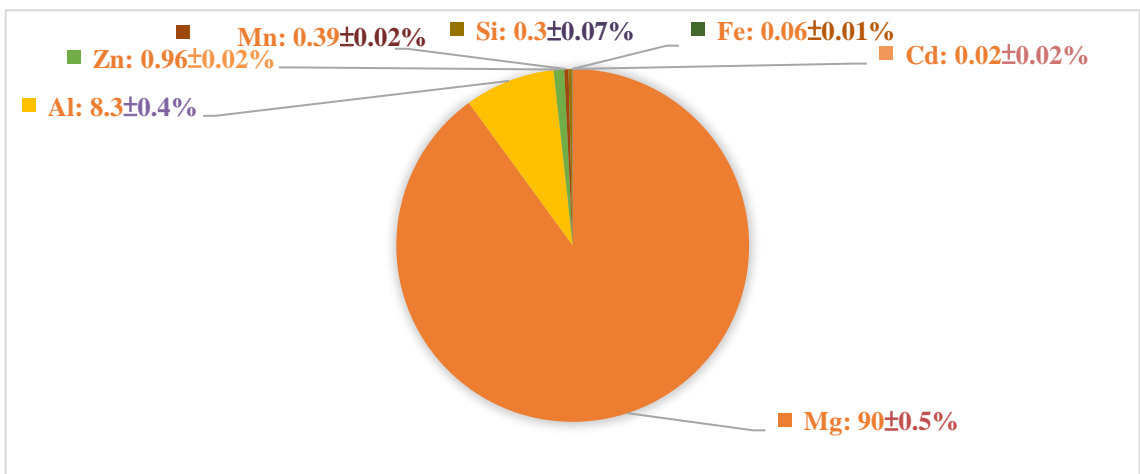


圖 30 B 廠鎂合金樣品第一次測試之成份比例分析圖

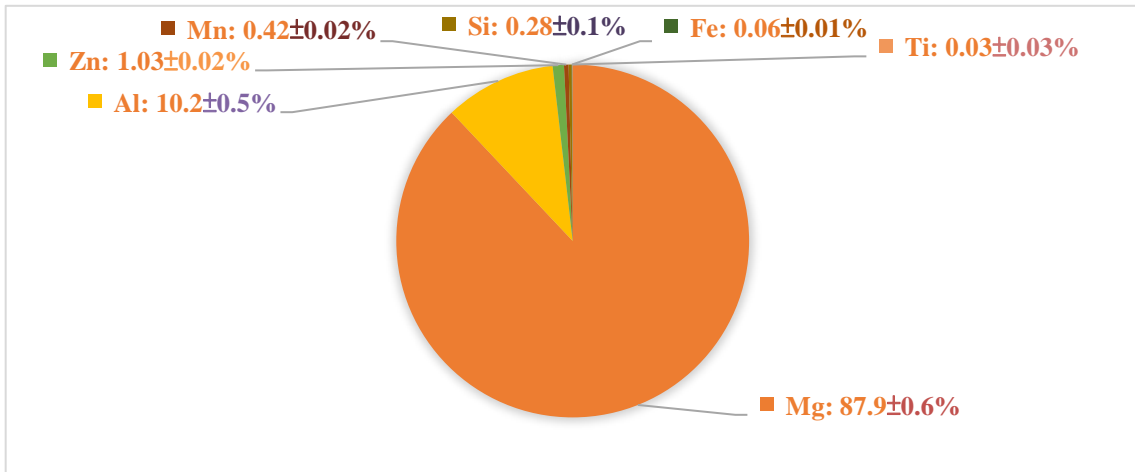


圖 31 B 廠鎂合金樣品第二次測試之成份比例分析圖

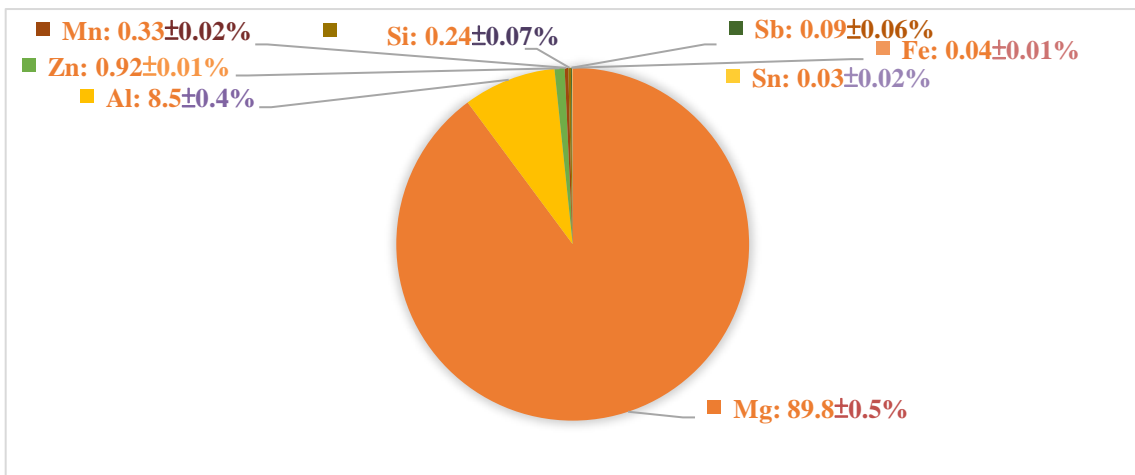


圖 32 B 廠鎂合金樣品第三次測試之成份比例分析圖

二、同步熱分析儀 (Simultaneous thermal analysis, STA) 分析結果

藉由熱重實驗之測試，來探討物質之熱重是否為損失或增加，並也了解該特性於熱源下之影響。因此本研究條件為加熱溫度區段為 30-800°C，昇溫速率為 8、10、16、20 °C/min，並填充 1.5bar 之氮氣作為保護氣體 (Protective gas)，樣品為 A 廠及 B 廠於乾式切削及濕式切削後之鎂合金屑，使用量每次為 5-6 mg。

由圖 33-35 為 A 廠鎂合金樣品之三次實驗測試之結果可得知，隨著溫度上昇至 800 °C，物質之重量也隨之上昇，重量增加變化為 2-5mg，重量變化比例為 36-85%，如表 10 所示；另於圖 36-38 為 B 廠鎂合金樣品於三次實驗測試之結果，得知該結果也隨著溫度上昇至 800°C 情況下，物質重量也隨之上昇，重量增加變化為 2-4mg，

重量比例變化為 33-76%，如表 11 所示。

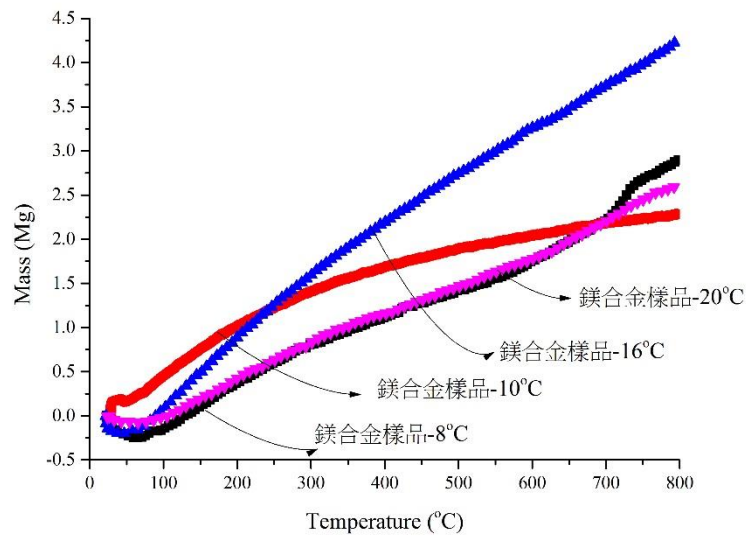


圖 33 A 廠鎂合金樣品於不同昇溫速率之熱重分析結果 (1)

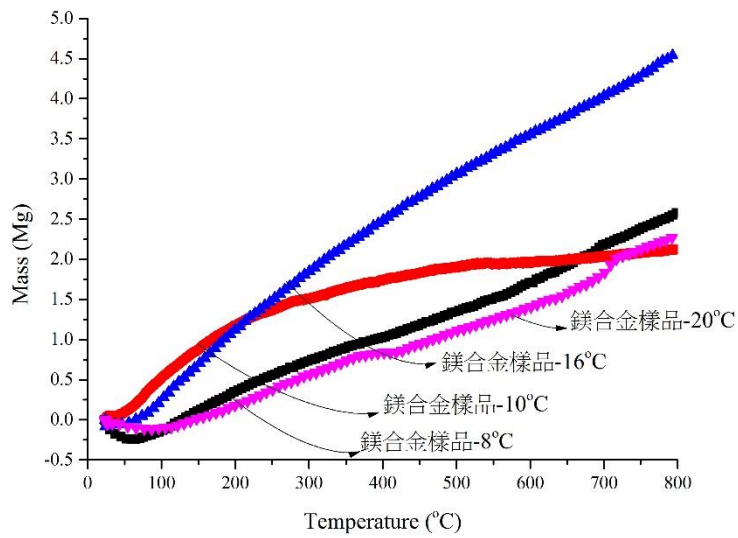


圖 34 A 廠鎂合金樣品於不同昇溫速率之熱重分析結果 (2)

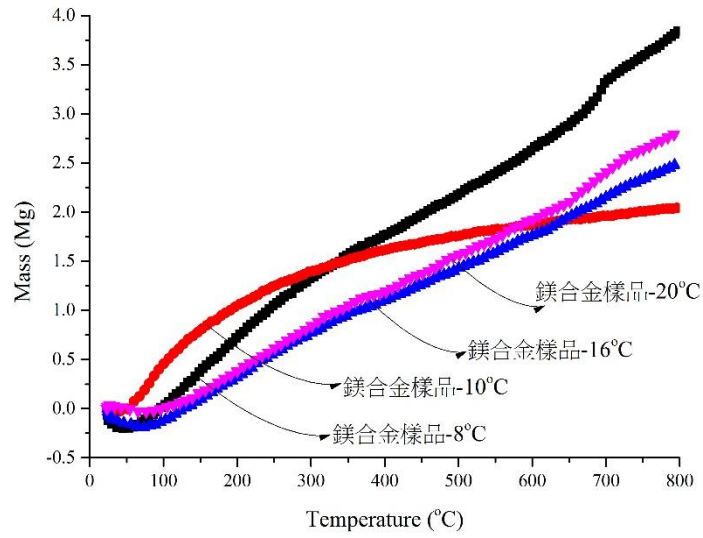


圖 35 A 廠鎂合金樣品於不同昇溫速率之熱重分析結果 (3)

表 10 A 廠鎂合金樣品於熱重分析之數據表

昇溫速率 (°C/min)	原始重量 (mg)	實驗後重量 (mg)	重量變化 (mg)	重量變化比例 (%)
8.0	5.3	8.3	3.0	58.8
	5.3	7.9	2.6	49.7
	6.0	9.8	3.8	63.8
10.0	5.5	7.7	2.2	39.1
	5.5	7.6	2.1	38.4
	5.5	7.5	2.0	36.5
16.0	5.5	9.8	4.3	77.8
	5.4	10.0	4.6	85.3
	5.2	7.8	3.6	49.0
20.0	5.6	8.2	2.6	46.4
	5.6	7.9	2.3	41.5
	5.7	8.5	2.7	48.4

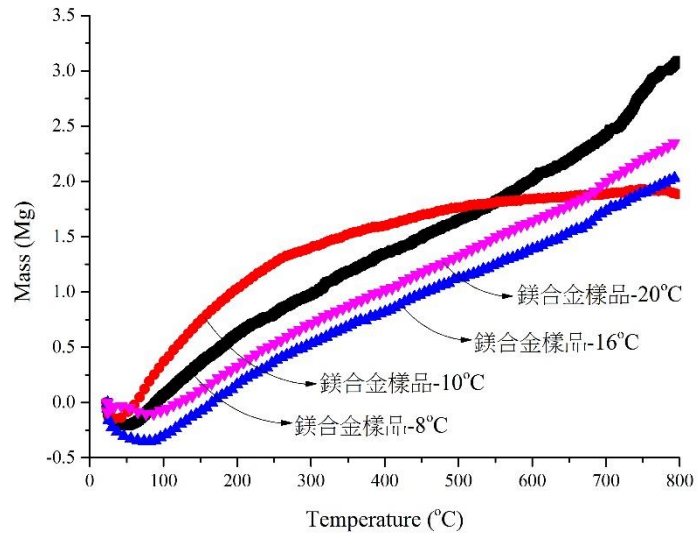


圖 36 B 廠鎂合金樣品於不同昇溫速率之熱重分析結果 (1)

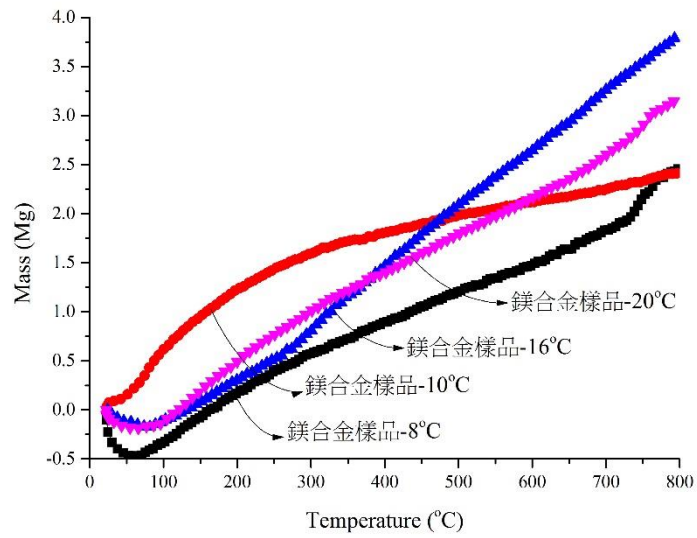


圖 37 B 廠鎂合金樣品於不同昇溫速率之熱重分析結果 (2)

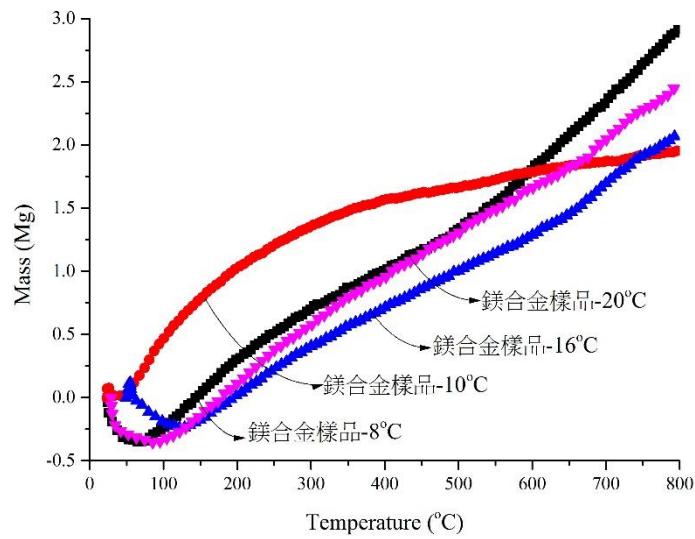


圖 38 B 廠鎂合金樣品於不同昇溫速率之熱重分析結果 (3)

表 11 B 廠鎂合金樣品於熱重分析之數據表

昇溫速率 (°C/min)	原始重量 (mg)	實驗後重量 (mg)	重量變化 (mg)	重量變化比例 (%)
8.0	5.5	8.7	3.2	57.4
	5.4	8.1	2.7	49.8
	5.7	8.7	3.0	53.5
10.0	5.8	7.7	1.9	33.2
	5.7	8.1	2.4	42.0
	5.5	7.4	1.9	35.4
16.0	5.6	7.8	2.2	38.9
	5.0	8.8	3.8	75.9
	5.9	8.1	2.2	36.9
20.0	5.4	7.8	2.4	44.3
	5.1	8.3	3.2	62.9
	5.0	7.6	2.6	51.8

綜合上述兩種樣品之測試結果，可得知不論於乾式或濕式切削後之鎂合金樣品於昇溫之情況下，物質之重量也皆會隨之上升，研判其鎂合金樣品之表面積較小，主要以多種不同金屬元素物合成（如成份分析所得之結果），於加熱之情況下造成物質氧化，而生成氧化物（如氧化鎂、氧化鋁等），使得重量而上升，重量變化比例因取樣來

進行實驗之面積不同，使得比例上差異有大有小，實驗後之產物如圖 39 所示。

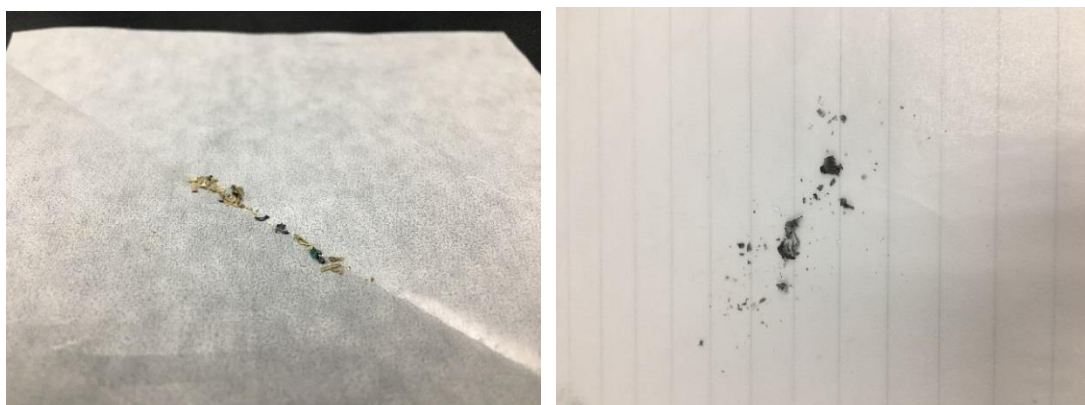


圖 39 A 廠 (左) 與 B 廠 (右) 鎂合金樣品於熱重分析後之產物

三、微差掃描熱卡計 (Differential scanning calorimeter, DSC) 分析結果

除熱重分析之外，另也透過 DSC 來進行物質於昇溫熱分析之情形，加熱溫度範圍條件為為 30-700°C 之間，昇溫速率為 1、2、4°C/min，樣品重量位於 4-5mg 間，並使用氧化鋁坩堝 (Alumina crucibles, 00024123) 作載具來進行熱分析。

圖 40-41 為 A (乾式切削後之鎂合金屑)、B (濕式切削後之鎂合金屑) 兩鎂合金樣品於 4 °C/min，溫度設定於 30-700°C 之下進行各 3 次熱分析實驗，可得知兩樣品約於 100 °C 左右皆有吸熱反應而產生吸熱波峰，初判兩樣品於該溫度下，內部水分蒸發而乾燥，後物質產生煅燒 (Calcination) 或熱解/裂解現象 (Pyrolysis/Cracking)；持續加熱至 500 °C 左右，皆有放熱反應而產生放熱波峰，初判兩樣品於該溫度下，產生釋放熱之現象。又根據表 12 為 A、B 兩鎂合金樣品之情況比較來看，吸放起始溫度皆平均約於 112°C 及 542 °C 左右，波峰溫度皆於 120-160 °C 之間及 550 °C 左右。然 A、B 兩吸熱量平均分別約為 20,238J/g 及 52,970J/g，放熱量分別平均約為 8,698J/g 及 9,172J/g，吸熱之積分值平均 93.8J 及 230.0J，放熱之積分值平均 39.9J 及 39.5J。

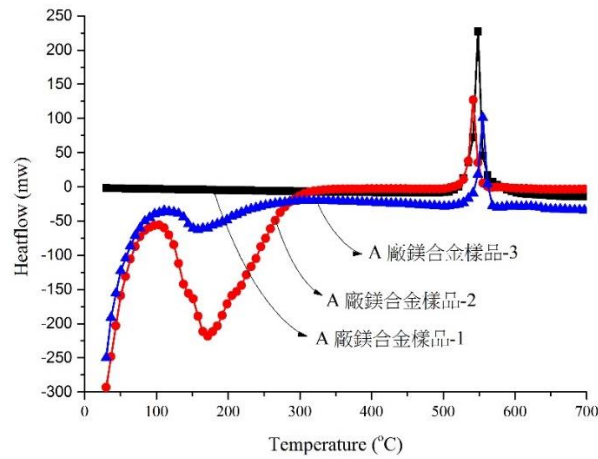


圖 40 A 廠鎂合金樣品於 4°C 升溫速率下之熱分析圖

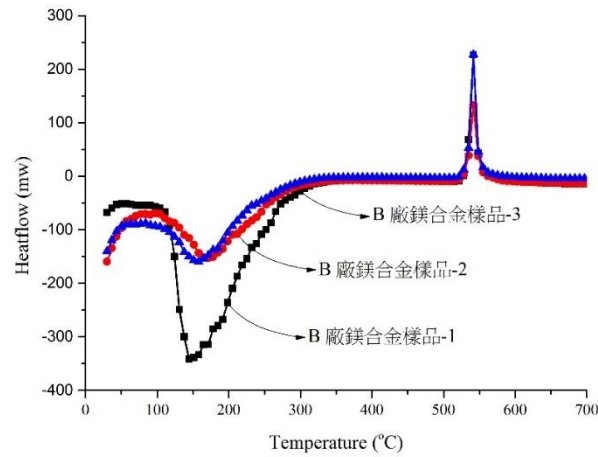


圖 41 B 廠鎂合金樣品於 4°C 升溫速率下之熱分析圖

表 12 A、B 兩鎂合金樣品於昇溫速率 4°C/min 下之數據結果表

樣品名稱	樣品重 (mg)	吸熱量/放熱量 (J/g)	吸熱/放熱之積分值 (J)	吸熱/放熱之起始溫度 (°C)	吸熱/放熱之波峰溫度 (°C)
A 廠鎂合金樣品	4.4	0/12,630	0/55.6	0/551.9	0/565.4
	4.6	54,070.0/6,665.1	248.7/30.7	100.9/548.7	160.3/557.9
	4.9	6,642.7/6,797.4	32.6/33.3	156.3/561.6	159.9/574.5
B 廠鎂合金樣品	4.4	96,630.0/10,450	425.2/46.0	120.8/499.1	127.7/553.3
	4.3	32,670.0/8091.3	140.5/34.8	159.0/548.2	162.7/557.3
	4.2	29,610.0/8975.9	124.4/37.7	137.2/545.2	152.2/556.3

因上述可發現 A、B 兩鎂合金樣品於 100 °C 左右才有產生反應，故將溫度範圍調整為 100-700°C，並以 2°C/min 之昇溫速率下進行各 3 次熱分析實驗。由圖 42-43 之圖譜可得知，加熱於 100 °C 左右皆有吸熱反應並產生吸熱峰，初判也於該溫度下，產生樣品內水分蒸發，至乾燥後產生煨燃或熱裂解之現象；而持續加熱至 540 °C 左右，皆也有放熱反應並產生放熱峰，於該溫度下有釋放熱之現象。由表 13 A、B 兩鎂合金樣品之數據結果來看，溫度平均於 103 °C 及 544 °C 下會產生吸熱及放熱現象，吸放熱峰值皆約於 140-175°C 之間及 550°C 左右。於 A、B 兩鎂合金樣品之吸熱量平均約為 27,289J/g 及 35,167 J/g，放熱量平均約為 10,022J/g 及 9,516J/g，吸熱之積分值平均 126.6J 及 163.1J，放熱之積分值平均 46.2J 及 43.5J。

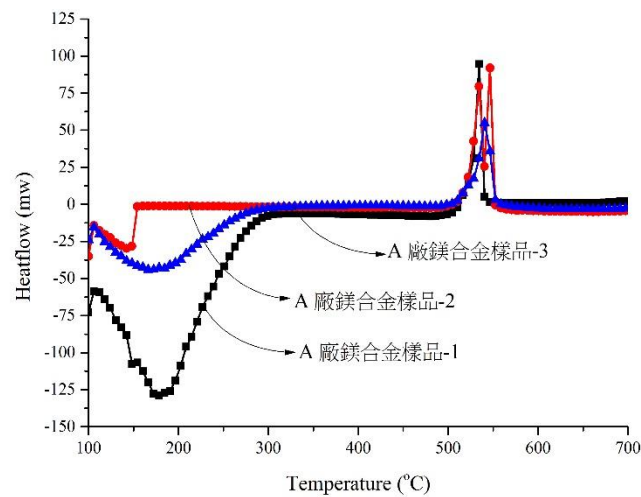


圖 42 A 廠鎂合金樣品於 2°C 升溫速率下之熱分析圖

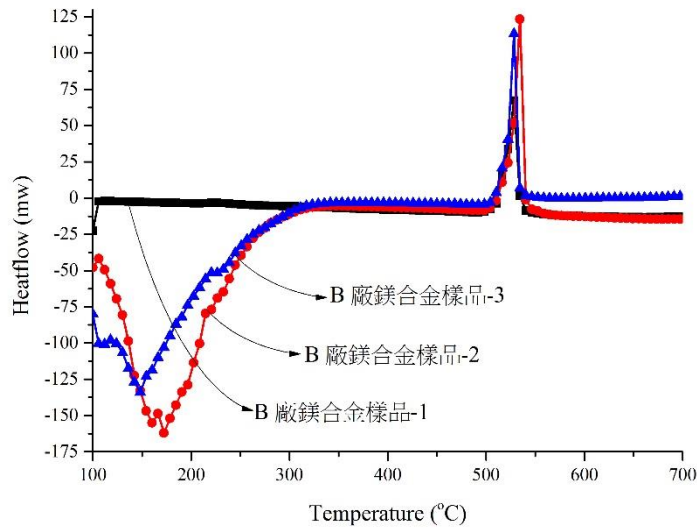


圖 43 B 廠鎂合金樣品於 2°C 升溫速率下之熱分析圖

表 13 A、B 兩鎂合金樣品於昇溫速率 2 °C/min 下之數據結果表

樣品名稱	樣品重 (mg)	吸熱量/放熱量 (J/g)	吸熱/放熱之積分值 (J)	吸熱/放熱之起始溫度 (°C)	吸熱/放熱之波峰溫度 (°C)
A 廠鎂合金樣品	4.9	48,270.0/8,855.4	236.6/43.4	157.8/544.0	173.4/551.7
	4.6	5206.1/10,290.0	25.5/50.4	101.6/550.2	143.6/560.1
	4.9	28,390.0/10,920.0	116.4/44.8	101.1/550.5	165.7/558.7
B 廠鎂合金樣品	4.4	0/8,771.3	0/40.4	0/538.2	0/546.4
	4.3	71,230.0/10,280.0	341.9/49.3	159.8/542.5	169.3/549.9
	4.2	34,270.0/9,496.6	147.3/40.8	96.9/538.4	141.4/544.8

基於上述兩實驗之結果，可發現於昇溫速率 4°C 下，溫度均約於 112°C 才有產生反應，而於 2°C 下，溫度均約於 103 °C 才有吸熱反應，此反應持續約至 300°C 後加熱均約至 500 °C 才產生放熱反應，因此再將溫度範圍調整為 70-300°C 為第一階段，持續昇溫至 450°C，450-700°C 為第二階段，並以 1°C/min 之昇溫速率下來進行各 1 次之熱分析實驗。由圖 44-45 A、B 兩鎂合金樣品之圖譜可得知，溫度昇於約 100°C 左右皆有吸熱反應而產生吸熱峰，初判於該溫度下，樣品內之水分產生蒸發，乾燥後有煨燃或熱/裂解現象之產生；持續加熱約至 500°C 左右，皆有放熱現象而產生放熱峰，初判於該溫度下有熱釋放之現象發生。由表 14 A、B 兩鎂合金樣品所測得之數據結果

顯示，吸熱反應均約於 91°C 才會產生，峰值溫度約於 150-170°C 左右；放熱反應均約於 504°C 才會產生，峰質溫度約於 510-530°C 左右。於吸放熱量之數據結果，A、B 兩鎂合金樣品分別為 89,380/16,070 (J/g) 及 132,880/10,700 (J/g)，吸熱之積分值平均 366.4J 及 624.6J，放熱之積分值 65.9J 及 50.3J。

綜上結果，A、B 兩廠鎂合金樣品在不同昇溫速率 (4°C/min、2°C/min、1°C/min) 下，昇溫至 100 °C 有產生吸熱現象，峰值溫度約在 140-180°C 產生，吸熱量及積分值平均 45,636 J/g / 195.6J 及 34,736J/g / 339.2J，研判兩樣品在吸熱反應中產生水分蒸發，蒸發至乾燥後，持續加熱至峰值溫度之產生，進而有煨燃或熱裂解，促使在整個吸熱過程中已大量產生；持續加熱約在 500 °C 有放熱現象，峰值溫度約在 540-570°C 產生，放熱量及積分值平均 11,597 J/g / 50.7J 及 9,796 J/g / 44.4J，研判兩樣品造成熱釋放之放熱量高達 9000 J/g 以上，積分值在 40J 以上。整體兩鎂合金樣品於熱分析實驗後之產物如圖 46 所示。

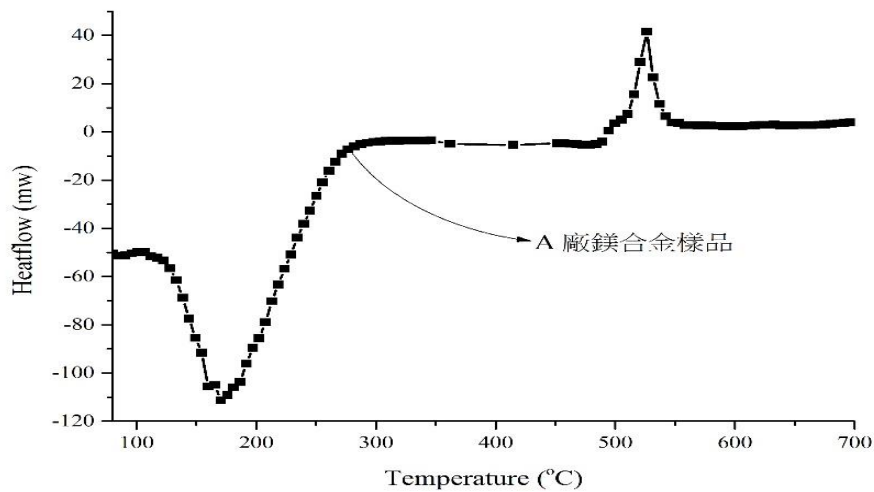


圖 44 A 廠鎂合金樣品於 1°C 升溫速率下之熱分析圖

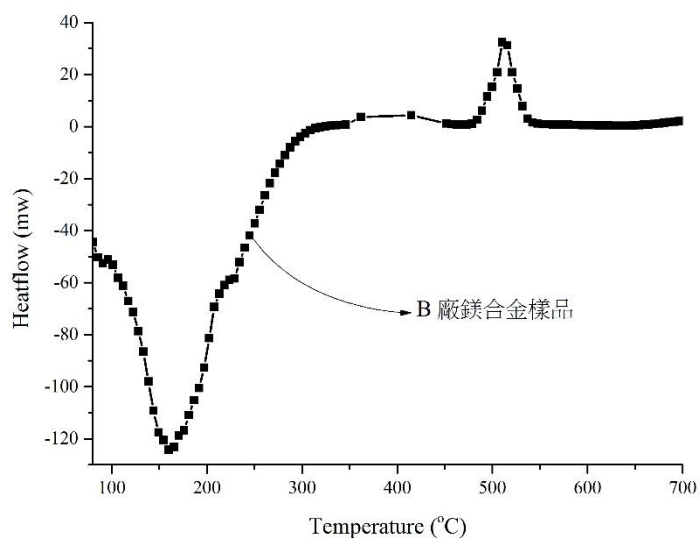


圖 45 B 廠鎂合金樣品於 1°C 升溫速率下之熱分析圖

表 14 A、B 兩鎂合金樣品於昇溫速率 1°C/min 下之數據結果表

樣品名稱	樣品重 (mg)	吸熱量/放熱量 (J/g)	吸熱/放熱之積分值 (J)	吸熱/放熱之起始溫度 (°C)	吸熱/放熱之波峰溫度 (°C)
A 廠鎂合金樣品	4.1	89,380.0/16,070.0	366.4/65.9	103.1/521.1	171.1/528.3
B 廠鎂合金樣品	4.7	132,880.0/10,700.0	624.6/50.3	79.3/487.6	152.2/515.5



圖 46 A(右)、B(左) 兩鎂合金樣品於 DSC 熱分析實驗後之產物

第五章 結論與建議

第一節 結論

- 一、根據我國、美國、英國於可燃性粉塵之相關法規比較結果，我國針對危害物質、環境等用語，於職業安全衛生設施規則中僅有針對危險物質做規定，並無訂定出相關粉塵於爆炸環境之定義；另於作業場所及設備之相關條文，我國所規定於作業場所僅針對衛生方面來訂定，設備方面則較未有美國及英國有完整之說明。
- 二、國內外近 10 年發生可燃性粉塵之災害事故統計結果，我國及國外發生災害之媒介物多為金屬粉塵，比例各佔 60% 及 56%，且國內外可燃性粉塵職災事故多發生於研磨或拋光作業；另於起火源之分析結果，我國及國外事故之起火源大多為磨擦產生之火花，進而造成災害事故，比例各佔 60% 及 50%。
- 三、我國及國外發生粉塵職災事故大多為爆炸居多，火災發生次數各為 1 次，研判主要堆積的粉塵，因遇火花而引發閃燃，然當下環境粉塵濃度未達到爆炸界限，因此未有粉塵爆炸之發生，另一方面，作業中身上若未除去粉塵，恐也會造成事故之發生。
- 四、針對 2 家自行車零件加工廠現場訪視所取樣之樣品，透過手持式 X 射線螢光分析儀 (X-ray fluorescence spectrometer, XRF) 進行成份分析，接著以不同昇溫速率進行同步熱分析儀 (Simultaneous thermal analysis, STA) 及微差掃描熱卡計 (Differential scanning calorimeter, DSC) 熱分析實驗，結果分別如下：
 - (一) 手持式 X 射線螢光分析儀：進行 A、B 兩事業單位樣品之成份分析結果，兩樣品之金屬成份皆於國際壓鑄標準 AM60B 及 AZ91D 內 (鎂 (Mg)、鋁 (Al)、矽 (Si)、錳 (Mn)、鋅 (Zn))，然兩樣品未分析出銅及鎳之元素，矽元素分別高出 5 倍及 3 倍，鐵含量分別比標準高出 4 倍及 10 倍，又 B 廠另分析出鉻、鈦、銻、錫之金屬元素物。
 - (二) 同步分析儀：進行 8°C/min、10°C/min、16°C/min、20°C/min 於熱重實

驗之結果，兩樣品於昇溫之情況下，樣品之重量也皆隨之上升 (2-5mg)，重量變化比例在 33-85%，並未有反應曲線之現象發生，研判其鎂合金屑之表面積較小，主要以多種不同金屬元素物合成，於加熱之情況下造成物質氧化，而生成氧化物，使得重量上升，重量變化比例因取樣來進行實驗之面積不同，使得比例上差異有大有小。

(三) 微差掃描熱卡計：進行 1°C/min、2°C/min、4°C/min 之熱分析實驗結果得知，綜合得知兩樣品於 100 °C 左右便會發生吸熱反應，峰值溫度皆於 140-180 °C 左右，吸熱量及積分值平均 45,636 J/g / 195.6J 及 34,736J/g / 339.2J，研判兩樣品在吸熱反應中產生水分蒸發，蒸發至乾燥後，持續加熱至峰值溫度之產生，進而有煅燃或熱裂解，促使在整個吸熱過程中已大量產生；而加熱至 500°C 左右便會產生放熱反應，峰值溫度皆於 540-570 °C 左右，放熱量及積分值平均 11,597 J/g / 50.7J 及 9,796 J/g / 44.4J，研判兩樣品造成熱釋放之放熱量高達 9000 J/g 以上，積分值在 40J 以上。

第二節 建議

- 一、可參考美國、英國訂定危險環境 (爆炸環境) 之條文，增擬於我國職安衛設施規則中
- 二、不論勞工於任何作業區域，雇主應加強勞工之教育訓練，使勞工對於可燃性粉塵之危害認知及建立於作業完善之標準程序。
- 三、本研究針對可燃性粉塵作業場所，提出相關危害預防建議或對策，內容如下：
 - (一) 雇主應確認勞工於作業環境是否為通風處，以避免該環境瀰漫可燃性粉塵之濃度達至一定量，一遇火源即有可能產生火災爆炸反應之現象發生。
 - (二) 雇主應針對職業安全衛生設施規則第 177-1 條之規定，增設具有防爆性能之電氣機械、器具或設備，並透過教育訓練使勞工正確使用。
 - (三) 於進行可燃性粉塵之相關作業前，雇主應確實督導勞工是否有開啟防爆型通風排氣設備，並確認該設備是否有損壞，且應定期檢查保養。
 - (四) 勞工於進行可燃性粉塵相關作業前，雇主應提供相關作業之個人安全防護具 (如防塵面罩、防火圍裙、防火護目鏡、防火手套等)，並確實督促勞工是否有正確使用。
 - (五) 於進行金屬加工於研磨或拋光中，雇主應針對職業安全衛生設施規則第 184-1 條之規定，來告知或提供勞工該金屬物之相關安全資料，使勞工能於作業前先行認知其危害性，必要時需採取措施，如鎂、鋁金屬粉末為禁水性物質，遇水則會產生氫氣等。
 - (六) 雇主應加強宣導 5S 之管理，並監督勞工是否於作業中定期清理及作業後有確實實施，以避免於作業後粉塵大量堆積，遇火源而造成火災爆炸之災害發生。

致謝

本研究計畫參與人員除本所張承明副研究員及黃傑郁研發替代役助理研究員，另對於本所林光邦助理研究員於實驗上協助及支援，謹此敬表謝忱。

參考文獻

- [1] 林子皓，評估己二酸、對苯二甲酸及聚脂樹脂粉末之粉塵爆炸危害特性及球型燃燒速度模式，國立雲林科技大學碩士論文，2016。
- [2] 勞動部，2008-2017 發生死亡、失能、傷病之勞保統計資料庫。
- [3] Dizaji HB, Dizaji FF, Bidabadi M. Determining thermo-kinetic constants in order to lassify explosivity of foodstuffs. *Combust Explor Shock*. 2014.
- [4] CSB, 2006. Combustible dust hazard study. In: Investigation No.2006-H-1. Washington, DC, (http://www.csb.gov/assets/1/19/Dust_Final_Report_Website_11-17-06.pdf) (last checked on 15.01.15) (November 2006).
- [5] 歐新榮，工業中的可燃性粉塵－預防及減緩火災爆炸的作用，勞委會勞工安全組，2012。
- [6] Sepideh, H., Maarten, V., Frederik, N., Filip, V., Jan, B., Flame propagation and flow field measurements in a Hartmann dust explosion tube. *Powder technology*. 2018; 323: 346-356.
- [7] Gibson, N., Problems in the control of dust explosions: an overview of CEC CREDIT project. *Journal of loss prevention in process industries*. 1996; 9 (4): 255-258.
- [8] 粉塵燃燒！單車零件廠大火 10 送醫 1 命危，相關網站：
<http://news.ltn.com.tw/news/society/paper/1197389>
- [9] 八仙塵爆教訓 政院強調將完備管理應變體制，相關網址：
<https://www.nownews.com/news/20151103/1864423>
- [10] 工廠粉塵爆炸 4 傷 2 命危，相關網址：
<https://tw.appledaily.com/headline/daily/20141102/36183308>
- [11] 崑山中榮金屬製品有限公司特別重大鋁粉塵爆炸事故案例分析，相關網址：
<https://kknews.cc/society/68bg38v.html>
- [12] Chemical safety and hazard investigation board (CSB), “AL solutions fatal dust explosion”, 2010. : <https://www.csb.gov/al-solutions-fatal-dust-explosion/>
- [13] 粉塵爆炸 國外也有多起案例，相關網址：
<http://news.ltn.com.tw/news/world/breakingnews/1361890>
- [14] Klippel, A., Schmidt, M., Krause, U., May. Dustiness in workplace safety and explosion protection e review and outlook. *J. Loss Prev. Process Ind.* 2015.

- [15] 吳鴻鈞，工業粉塵的爆炸問題，科學發展月刊，科技部，2015。
- [16] 粉塵爆炸 - 清除這個危險！相關網站：
<http://sache.org/beacon/files/2014/10/zh-tw/read/2014-10-Beacon-Traditional%20Chinese.pdf>
- [17] Roberto, S., Paola, R., Valeria, DS., On the explosion and flammability behavior if mixtures of combustible dusts. *Process safety and environmental protection*. 2015; 94: 410-419.
- [18] 勞動部，勞動法令查詢系統，相關網址：
<https://laws.mol.gov.tw/FLAW/FLAWDAT01.aspx?lsid=FL015013>
- [19] Occupational safety and health administration (OSHA), “Combustible dust: an explosion hazard”, website: <https://www.osha.gov/dsg/combustibledust/standards.html>.
- [20] Health and safety executive (HSE), “Dangerous substances and explosive atmospheres”, UK, 2013.
- [21] Ritsu D., Studies on accidental gas and dust explosions. *Fire safety journal*. 2017; 91: 21–27.
- [22] 王耀進，謹防粉塵爆炸，山東消防，Vol. 9 (8), pp. 23，2002。
- [23] Abbasi, T., Abbasi, A.S., “Dust explosions—cases, causes, consequences, and control”. *J. Hazard. Mater.* 2007; 140, 7–44.
- [24] Zhi, Y., Nima, K., Faisal, K., Paul, A., Dust explosions: a threat to the process industries. *Process safety and environmental protection*, 2015; 98: 57-71.
- [25] 吳鴻鈞、吳家維，國內鋁鎂合金研磨工廠火災爆炸調查研究，勞動部勞動及職業安全衛生研究所，2015。
- [26] 勞動部職業安全衛生署，2008 - 2018 年重大職災資料庫。
- [27] Chemical safety and hazard investigation board (CSB) investigations, website: <https://www.csb.gov/investigations/>
- [28] Dust explosionthe basics:
<http://www.dustexplosion.info/dust%20explosions%20-%20the%20basics.htm>.
- [29] Nifuku, M., Katoh, H., “Incendiary characteristics of electrostatic discharge for dust and gas explosion”. *Journal of loss prevention in the process industries*, 2001; Vol. 14, pp. 547-551.

- [30] Zhou, B.M., Fan, B.C., Liu, S. H., “Ignition characteristics and hazardous classification method for electrostatic discharge sparks”. Journal of Nanjing university of science and technology, 2005; vol. 29, pp. 475-478.
- [31] 蘇文源，葉方俊，工場靜電危害案例之成因分析，勞動部勞動職業安全衛生研究所，2006。
- [32] Elvatech, XRF 螢光光譜儀簡介，上海銳納實業有限公司。
- [33] LABSYS evo, “TGA STA DTA/DSC by Setaram instrumentation”, France, 2017. Dizaji HB, Dizaji FF, Bidabadi M. Determining thermo-kinetic constants in order to classify explosivity of foodstuffs. Combust Explo Shock. 2014.
- [34] 胡冠華，對稱型有機過氧化物火災爆炸測試與臨界參數研究，行政院國家科學委員會專題研究計畫，2009。
- [35] 陳玉惠，熱示差掃描卡量計 DSC 的原理，博精儀器，2008。

國家圖書館出版品預行編目資料

可燃性粉塵物質之危害預防研究 / 黃傑郁, 張承明著. -- 1 版. --
新北市 : 勞動部勞研所, 民 108.06

面 ; 公分

ISBN 978-986-05-9271-9(平裝)

1.勞工衛生 2.職業衛生

412.53

108008159

可燃性粉塵物質之危害預防研究

著(編、譯)者:黃傑郁、張承明

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 108 年 6 月

版(刷)次:1 版 1 刷

定價:150 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「研究成果／各年度研究報告」，網址為：
<https://laws.ilosh.gov.tw/ioshcustom/Web/YearlyReserachReports/Default>
- 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: 1010801313

ISBN: 978-986-05-9271-9

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 978-986-05-9271-9

00150



GPN:1010801313

定價：新台幣150元