

論文

人造石材業職業衛生評估調查

尹立銘¹ 洪健哲² 潘維勝¹ 曾俊傑¹ 謝佳容¹ 楊雅晴¹ 鐘順輝³

¹ 慈濟大學公共衛生學系

² 慈濟大學醫學科學研究所

³ 勞動部勞動及職業安全衛生研究所

摘要

本研究旨在探討現今人造石材業勞工之職業暴露及健康危害。研究團隊選取3家業者為對象，其中一家規模較大，製程完整，包含碎石、加入環氧樹脂與有機溶劑混合、壓模成型；另兩家為小型廠商，製程以後段混合原料、壓模成型為主。本研究實施作業環境測定（粉塵、石綿、有機溶劑及噪音）於工作場所，以評估危害暴露，同時進行勞工健康問卷調查，以了解其健康情況與暴露關係。作業環境測定結果顯示，大廠商之碎石區總粉塵濃度過高，其中一樣本之結果超出容許濃度標準（ $10\text{mg}/\text{m}^3$ ）一倍以上；另兩家之粉煉區有機溶劑濃度（苯乙炔、丙酮）偏高，其一樣本之丙酮濃度超出容許濃度標準（ 750ppm ）三倍有餘。噪音為普遍現象，部分量測值超過 85dBA ；經頻譜分析顯示，噪音頻率高峰處涵蓋 $2\text{--}4\text{ kHz}$ ，最容易造成聽力損害。健康問卷的部分，一共收集45份，經整理後發現大部分員工不認為自身之危害暴露嚴重，但經統計分析發現，年資5年以上的勞工，易感覺後背、手肘及聽力健康受到影響（ $p < 0.05$ ）。總結以上，建議雇主應加強通風換氣之改善，並督導其勞工穿戴適合之防護用具，以避免職業暴露危害，保障勞工之健康。

關鍵字：人造石、粉塵、噪音、有機溶劑

民國 103 年 10 月 28 日投稿，民國 104 年 2 月 2 日修改，民國 104 年 3 月 27 日接受。

通訊作者：尹立銘，慈濟大學公共衛生學系，電子信箱：lmyiin@gms.tcu.edu.tw。

緒言

石材業可分為天然石材與人造石材。天然石材有其優異性，如特殊之色澤、紋理與質感等，但其厚重容易脆裂的性質，在加工方面有諸多限制；且天然石材開採成本偏高，又產生環保疑慮，因此另類之人造石材業應蘊而生。人造石材的尺寸形狀可自行決定，具有韌性好、質量輕、強度高、耐汙染、耐腐蝕等特性，以及成本低且便於施工的優點[1]；再加上其原料多半取自天然石材加工後所產生的廢石料，與現行環保理念相符，因此人造石材在現代建築的裝飾材料選擇上，佔有重要的地位。

人造石材的學名為實體面材（Solid Surfacing Material），又稱為合成石、再造石等。一般製程以不飽和聚酯樹脂（Unsaturated Polyester Resin, UPR）和甲基丙烯酸甲酯（Methylmethacrylate, MMA，俗稱壓克力）等有機高分子材料為基體，利用廢石料製成的礦石粉、礦石顆粒當填料，混入其他輔助溶劑（如苯乙烯）後，最後以模壓等方法成型。人造石材可視為高分子複合材料，可以製成無孔洞、不被水滲透、不會累積汙垢的餐桌、廚房工作檯或是衛浴設備等，或是製成耐腐蝕的下水道管路材料等。因此人造石材可以作為一般石材替代產品，也可研究開發以適用於其他用途。

雖然人造石材業有別於一般傳統石材製程，但基本石材業存在的健康危害，如粉塵、噪音，仍明顯易見[2]。在研磨廢石料或投料過程中，常產生大量之粉塵；機械運作所產生的高分貝噪音，也與傳統石材廠無異（圖1）。許多國內外的研究都指出，粉塵易造成塵肺症等不可逆的損害[3-8]，而噪音可導致聽力損失，及高血壓與心臟疾病的問題[9-11]。此

外，製程中作為補強與黏結使用的苯乙烯，亦是潛在的健康危害。有許多研究已發現，暴露於高濃度苯乙烯的工人，可造成神經系統的影響及胰臟癌的發生，亦會增加淋巴瘤和白血病的風險[12-16]。另有多項研究指出，作業場中有機溶劑的大量暴露，易加劇噪音所導致的聽力危害[17-20]。

以未來發展趨勢看來，人造石業極可能取代部分傳統石材業，成為建材的主要來源之一，因此有必要對其實施暴露評估與職業衛生調查。研究結果可提供業者與勞工參考，以及作為輔導改善之依據。

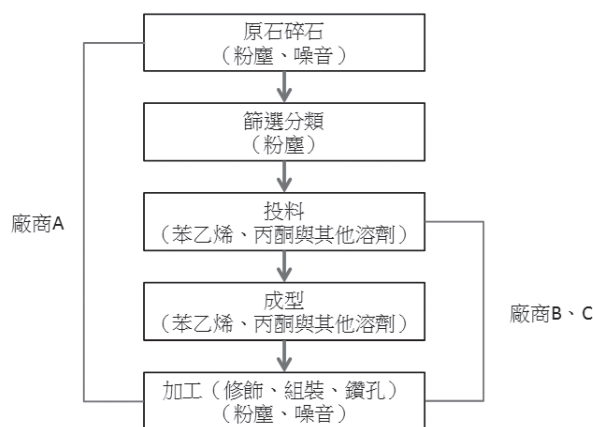


圖1 人造石材製品製造流程及相關暴露危害

材料與方法

1. 研究對象選取與現址場勘

本研究執行團隊經搜尋相關公會（如：台灣區石礦製品工業同業公會、台灣區複合材料工業同業公會等）的會員名單，再利用經濟部工業局「工廠公示資料查詢系統」，查詢所收集到的事業單位之經營現況，最後以電話及現場訪視的方式，篩選並確認有意願配合廠商。由於人造石製品類別多元，我們盡可能選取不同類別的廠商作為研究對象，以彰顯其代表

性。在多次與業者接洽、協調後，我們確定了3家廠商，其一為一大型人造石廠（廠商A），製程從原石擊碎、磨粉、壓模、成型、切割到成品整體完整作業（圖1），主要產品為流理台及室內裝潢石板等；另兩家屬中小型廠商（廠商B、C），無碎石設備，而是直接以壓克力或環氧樹脂，以不同配方混合石粉，然後壓模、成型為所需材質（圖1），主要產品為公共區域座椅、大型蓄水桶，以及衛浴相關設備。

在進行場勘時，我們首先與廠長或負責人訪談，以建立工廠基本資料與勞工安全訪視調查。接著我們由廠長或資深員工陪同，進行實地場勘，並以一份適合人造石材業的職業安全衛生診斷表，逐項檢查工廠實際運作情形。

2. 化學作業環境採樣與分析

化學性採樣項目為總粉塵、可呼吸性粉塵、石綿、丙酮、苯乙烯等，上述所有採樣皆遵循行政院勞工委員會建議方法之CLA4002[21]、CLA4001[22]、CLA2318[23]、CLA1903[24]與CLA1215[25]。總粉塵採樣使用濾紙匣內裝直徑37mm PVC濾紙；可呼吸性粉塵採樣使用濾紙匣附鋁製旋風分離器（美國SKC），內裝直徑37mm PVC濾紙；石綿採樣使用直徑25mm石綿專用式濾匣（美國SKC），內含MCE濾紙；有機溶劑之丙酮、苯乙烯，則以活性碳管收集。採樣地點的設置，除作為背景值之辦公室外，多選擇極可能產生危害暴露之處，如切割機、研磨台或碎石機旁，以及溶劑、樹脂與石粉混合成型機器邊。總粉塵、可呼吸性粉塵、石綿及有機溶劑採樣之流量率分別設為2,000、2,500、1,000及100 ml/min，採樣時間為6-8小時。

分析方法亦遵照上述勞委會建議方法，

將總粉塵與可呼吸性粉塵之淨重除以校正之總採樣體積（換算為一大氣壓、25℃），以求得空氣中的濃度（mg/m³）。有機溶劑之分析，則先將樣本由活性碳管脫附後，再以氣相層析離子偵測儀（GC-MS 6890/5975，美國Agilent公司）分析，最後換算為一大氣壓、25℃之濃度（ppm）。石綿之分析，則依建議方法（CLA2318）中所述之規則，以位相差顯微鏡（E400，日本Nikon公司）檢視單位面積之石綿纖維數（f/mm²），然後乘以有效採樣面積，再除以校正之總採樣體積，以獲得空氣中石綿的濃度（f/c.c.）。

3. 物理作業環境測定

使用dB01 Blue Solo噪音頻譜分析儀（法國dB01公司），分別測量噪音均能音量（L_{eq}）、最大音量（Max）、最小音量（Min），以及頻譜分析，並選擇A權衡以求與人耳對聲音感覺最接近。噪音測量處則選在勞工工作所在地點，如切割機、乾式研磨機旁等，測量點為在距離操作台一公尺處。測量之數據，匯入dBEnv version 5.2軟體進行分析。

4. 健康問卷調查

健康危害則以問卷調查方式進行，詢問勞工之自覺暴露情形與健康狀況，其項目包含基本資料、自覺症狀、疾病史，以及職業暴露與防護等，總題數為73題。由受訪者自行填答，再由訪員從旁協助並檢視問卷填答完整性，每份作業時間約為10-15分鐘；填答結束後，致贈每位受訪者面值新台幣300元禮卷，作為感謝。自覺症狀的問題，集中在暴露於粉塵、有機溶劑及噪音可能帶來的影響，如咳嗽、氣喘、頭痛、失眠、骨骼肌肉不適、聽力減損等；職業暴露與防護的問題，則著重在暴露於

粉塵、有機溶劑、噪音的情況，及個人防護具使用。問卷經慈濟醫院研究倫理委員會審核通過後實施，調查對象一共45人。資料分析部分，以描述性統計呈現結果；在暴露情形與健康狀況連結的部分，則使用卡方檢定以了解是否有顯著關聯（ $p < 0.05$ ）。

結果與討論

1. 現址場勘

經現場訪查三家廠商後，發現規模最大的廠商A，在制度面與現場面皆達到七成以上合格，規模次之的廠商B在兩方面合格率約六成，而廠商C在制度面僅1項通過，諸如危害通識、作業環境測定、員工健康檢查等皆未落實，在現場面通過率則不及五成。三家廠商的生產過程，雖不盡相同，所製造的產品也各異其趣，但仍存在一些共同的缺失，例如：危害物質標示不夠完整、廠區內作業載具行進路線與員工路線交錯重疊、門型起重機運作時無警報設備、有機溶劑作業區域使用非防爆型燈具與通風系統，以及防護用具使用不正確，如使用棉紗口罩等。此外，部分勞工健康檢查未落實，且無依作業環境需求進行特殊健檢，雇主應加強督導。

2. 化學性作業環境測定

三家廠商化學性作業環境測定（粉塵、有機溶劑）的結果如表1所示。由於廠商A有完整的原石碎石機器設備，因此無論是總粉塵或可呼吸性粉塵都是三家廠商之最，但有機溶劑之濃度則不顯著。雖然總粉塵平均濃度低於容許濃度（ $10\text{mg}/\text{m}^3$ ），但位於碎石製程最後段的採樣點之總粉塵濃度高達 $21\text{mg}/\text{m}^3$ ，超出標準兩倍多。至於可呼吸性粉塵的部分，皆合乎標

準（ $5\text{mg}/\text{m}^3$ ），其濃度約占總粉塵的1%，推測可能是因為大型碎石作業所產生的粉塵粒徑較大之故。廠商A也是唯一發現可能有石綿暴露的情形，因該廠商依客戶需求而進行蛇紋石加工。我們從二個不同時間點進行石綿採樣，5個樣本中皆可偵測到少量石綿，縱使濃度遠低於標準（ $0.15\text{f}/\text{c.c.}$ ），但此檢測數據仍值得廠商重視。

表1 三家廠商化學作業環境測定結果

	廠商A		廠商B		廠商C	
	環境採樣	個人採樣	環境採樣	個人採樣	環境採樣	個人採樣
總粉塵(mg/m^3)						
樣本數(N)	7	1	2	--	4	--
平均值	5.3	2.5	0.015	--	0.30	--
最大值	21	2.5	0.020	--	0.85	--
可呼吸性粉塵(mg/m^3)						
樣本數(N)	3	2	--	3	2	2
平均值	0.073 ^a	0.075	--	0.013 ^a	0.080	0.12
最大值	0.13	0.090	--	0.030	0.13	0.19
石綿(f/cc)						
樣本數(N)	5	--	--	--	--	--
平均值	0.002 ^a	--	--	--	--	--
最大值	0.005	--	--	--	--	--
丙酮(ppm)						
樣本數(N)	4	1	4	1	2	3
平均值	<0.70 ^b	<0.50	280	>2800 ^c	97	98 ^a
最大值	--	<0.50	930	>2800 ^c	190	220
苯乙烯(ppm)						
樣本數(N)	4	1	3	4	2	3
平均值	0.93 ^a	<0.60	11a	22	<4.0 ^b	<12 ^b
最大值	1.7	<0.60	21	39	--	--

a：含低於偵測極限值樣本，以 $\frac{1}{2}$ 偵測極限值帶入計算；b：所有樣本皆低於偵測極限，以小於最高偵測極限列出；c：樣本破出。

廠商B不具備廠商A的碎石製程與設備，因此粉塵的濃度皆不顯著。其廠房型態上更偏向人造樹脂壓合工業，因此有機溶劑使用量大。在有機溶劑的暴露測量方面，數個採樣點的苯乙烯量皆偏高，尤其是個人採樣的部分，有高達39ppm情形發生，平均個人採樣所暴露到的濃度也達到22ppm（苯乙烯容許濃度：50ppm）。另外，丙酮的暴露在粉煉區清洗的作

業環境中，更有高出容許濃度（750ppm）三倍以上的情形發生（高達2,800ppm並造成採樣的活性碳管破出）。

廠商C作業形式接近廠商B，皆為改良後的人造石材工廠，因此作業環境暴露的情形也類似廠商B，以有機溶劑暴露為主。其中丙酮的部分在個人採樣的結果中發現，噴漆工人與灌模工人所暴露的濃度最高，可高達220 ppm。較具粉塵危害的區域為成品加工區，一般以人工研磨方式修邊，因此測得個人採樣的呼吸性粉塵最高濃度為 $0.19\text{mg}/\text{m}^3$ ，甚至高於廠商A碎石區的濃度（ $0.13\text{mg}/\text{m}^3$ ）。

茲將人造石材業與其他產業的粉塵暴露比較，製作於表2。在總粉塵平均暴露濃度方面，比傳統石材業高但略低於陶瓷業，但在可呼吸粉塵方面，則遠低於其他產業，表示其粉塵多屬粗粒徑（coarse），因此建議廠商加強通風換氣設備及使勞工佩戴正確防護具，以降低其總粉塵的濃度。在有機溶劑方面，人造石材業所產生之苯乙烯暴露較遊艇製造業為小，因此只要加強通風換氣，應可獲得更多改善。

表2 不同行業間化學性作業環境暴露比較表

產業類型	暴露物質	平均空氣中濃度	容許濃度	備註與參考文獻
人造石材業	總粉塵	$1.8\text{ (mg/m}^3\text{)}$	$10\text{ (mg/m}^3\text{)}$	本文
	可呼吸性粉塵	$0.063\text{ (mg/m}^3\text{)}$	$5\text{ (mg/m}^3\text{)}$	本文
	丙酮	290 (ppm)	750 (ppm)	本文
	苯乙烯	9.3 (ppm)	50 (ppm)	本文
傳統石材業	總粉塵	$0.79\text{ (mg/m}^3\text{)}$	$10\text{ (mg/m}^3\text{)}$	[2]
	可呼吸性粉塵	$0.31\text{ (mg/m}^3\text{)}$	$5\text{ (mg/m}^3\text{)}$	[2]
	丙酮	0.28 (ppm)	750 (ppm)	[2]
	苯乙烯	0.31 (ppm)	50 (ppm)	[2]
陶瓷製造業	總粉塵	$2.3\text{ (mg/m}^3\text{)}$	$10^a, 4^b\text{ (mg/m}^3\text{)}$	[26]
	可呼吸性粉塵	$0.55\text{ (mg/m}^3\text{)}$	$5^a, 1^b\text{ (mg/m}^3\text{)}$	[26]
鑄造業	可呼吸性粉塵	$0.86\text{ (mg/m}^3\text{)}$	$5^a, 1^b\text{ (mg/m}^3\text{)}$	[27]
歲修工人	可呼吸性粉塵	$0.91\text{ (mg/m}^3\text{)}$	$5^a, 1^b\text{ (mg/m}^3\text{)}$	[28]
遊艇製造業	苯乙烯	29 (ppm)	50 (ppm)	[29]

a為第四種粉塵容許濃度，b為第二種粉塵容許濃度

3. 物理性作業環境測定

我們選擇類型不同的廠商A和C進行噪音測定與頻譜分析，各採樣位置的噪音均能音量（ L_{eq} ）與最大、最小值列於表3。 L_{eq} 值中以廠商A碎石出口區最高（100dBA），廠商A碎石管道區次之（97.8dBA），廠商C除乾式研磨區較高外，其餘的 L_{eq} 值皆低於80 dBA。若以三分貝規則計算， L_{eq} 值等同於時量平均音量（TWA）[30]，但略大於現行五分貝規則之TWA值。以現有資料推估可知，廠商A的水切割區、碎石管道區及碎石出口區的噪音TWA與最大值，皆超過勞工安全衛生設施規則300條規定標準（TWA超過85分貝、噪音超過90分貝），因此雇主應標示並公告噪音為害之預防事項使勞工周知，採取工程控制減少勞工噪音暴露時間，並使勞工戴用有效之耳塞、耳罩等防音防護具。

表3 兩家廠商噪音測量資料

廠商	採樣位置	測量項目(dBA)		
		均能音量（ L_{eq} ）	Min	Max
A	壓模區(油壓)	78.0	62.3	92.3
	水切割區	89.4	82.9	94.6
	碎石管道區	97.8	88.6	103
	碎石送樣口作業區	75.4	72.3	77.8
	石板暫存運輸區	71.4	63.9	73.6
	碎石出口區	100	93.0	109.3
	平均	85.3	77.2	91.8
C	濕式研磨區	75.4	70.9	81.9
	乾式研磨區	82.6	72.7	90.5
	壓克力區	73.8	70.3	84.2
	隔離操作區	77.8	77.0	80.4
	灌模區	79.5	74.8	86.1
	噴漆區	79.3	75.1	87.1
	平均	78.1	73.5	85.0

根據頻譜資料顯示，出現較高分貝的噪音

頻率幾乎都集中在2-6kHz，由噪音引起之聽力損失最先發生於2-4kHz[2,31]，因此各測量地點存在的噪音，可能增加勞工聽力損失，建議雇主應加強噪音危害防護，提供並教育勞工選用有效之耳塞及耳罩等防音護具及管理暴露的時間，以降低噪音對勞工聽力造成的損失。

4. 健康問卷調查

三家廠商勞工一共45人完成健康問卷調查，其中男性27人，女性占18人，平均年齡為40.5歲，員工以本國籍為主（41人）。以工作職稱區分，行政人員約占半數（20人），機組設備操作員15人，資料遺漏10人；但根據實際觀察，遺漏值應為工廠操作勞工。工作年資以5-10年最多（13人），其次是10年以上（9人），顯示人造石材業人力尚稱穩定（表4）。

在身體部位及關節疼痛情形自覺評估方面，多數填答者表示後背、肩膀、頸部、手腕、手肘、膝蓋、頭部無疼痛感覺。若以工作年資（5年為切點）區隔作卡方檢定比較，發現後背（ $p = 0.022$ ）及手肘（ $p = 0.007$ ）疼痛與年資呈現顯著相關。在呼吸系統自覺症狀評估方面，多數填答者亦表示無明顯症狀；以卡方檢定比較工作年資（5年為切點）與呼吸系統自覺症狀評估情形，結果並未呈現顯著差異。在聽力自覺症狀評估方面，卡方檢定顯示其中兩項（聽不清楚他人說話、收音機或電視常開大聲）呈現顯著差異的結果，表示長年處於人造石材業工作環境下，很可能對聽力系統造成損害影響。

綜合以上結果，我們發現工作年資較長的員工，比較容易發生後背與手肘疼痛，以及聽力方面的障礙，這與先前的研究結果相似[2,32]。肌肉骨骼疼痛應該與重複動作或姿勢

不良等人因工程因素相關，而聽力障礙則與可能與工作場所噪音、有機溶劑暴露有關。國外一篇回顧性研究論文指出，僅苯乙烯的長期暴露，即可造成程度不同的聽力損失[33]；另一篇波蘭的研究顯示，同時受到噪音與苯乙烯的暴露的勞工形成聽力損失的機率，為未受暴露者的6.6倍，為僅受噪音暴露者的4倍[34]。由此可見，同時具有噪音、苯乙烯暴露的人造石材業，應加強防護措施，以降低此二者暴露的影響。

表4 勞工基本資料統計及年資（5年為切點）與自覺症狀關係之卡方檢定結果

變項		N (%)
性別	男性/女性	27/18 (60/40)
年齡（平均值與範圍）		40.5 (19 – 60)
國籍	本國籍	41 (91.1)
職稱		
	行政人員	20 (44.4)
	機組設備員	15 (33.3)
	遺漏	10 (22.2)
工作年資		
	<1	5 (11.1)
	1-5	8 (17.8)
	5-10	13 (28.9)
	>10	9 (20)
	遺漏	10 (22.2)

項次	N	自覺症狀	P-value
1	32	後背疼痛	0.022*
2	32	肩膀疼痛	0.431
3	32	頸部疼痛	0.466
4	32	手腕疼痛	0.323
5	31	手肘疼痛	0.007*
6	32	膝蓋疼痛	0.287
7	35	曾因哮喘而有呼吸短促的現象	0.489
8	35	除心肺疾病外因呼吸短促而無法正常行走	0.489
9	35	下班後耳朵有嗡嗡聲	0.234
10	35	與人交談常聽不見對方聲音	0.022*
11	35	朋友或家人覺得你看電視或聽收音機很大聲	0.022*
12	34	常聽不見門鈴及電話聲	0.234

結論與建議

根據本研究結果，茲可作以下結論與建議：

1. 廠商普遍呈現職業安全衛生缺失，如危害物質標示不夠徹底、廠區內作業載具與員工行進路線交錯、防護用具使用不正確，須加以改善。
2. 部分區域之粉塵、有機溶劑濃度超標，建議廠商加強通風換氣設備，並嚴格要求勞工佩戴防護用具，以降低危害風險。
3. 許多機械設備可產生超過90dBA的噪音，根據勞工安全衛生設施規則第300條，應該公告噪音危害之預防事項，建議廠商進行改善。此外，苯乙烯與噪音同時暴露，可能對聽力損失具協同作用，宜重視之。
4. 年資較高（5年以上）的勞工，其後背、手肘及聽力健康，易感覺受到影響，建議尋求職業醫學科醫生的協助。

誌謝

本研究承蒙行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所（現勞動部勞動及職業安全衛生研究所）101年度研究計畫（IOSH101-A312）經費支持，以及慈濟大學獎補助款（610400184-06）協助，並感謝所有參與研究的人造石材廠商負責人與員工的協助配合。

參考文獻

- [1] 上海宙達機械有限公司。人造合成研討會專題發言之五：人造石特點及國內外生產設備發展現狀。石材2006；12（http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_shicai200612019.aspx），資料擷取於2014年10月23日。
- [2] 尹立銘、謝婉華、曾俊傑、吳榮倫、林孟潔、李聯雄等人：石材作業勞工職業暴露評估與健康危害分析。勞工安全衛生研究季刊2011；19：421-47。
- [3] Attfield MD, Costello J. Quantitative exposure-response for silica dust and lung cancer in Vermont granite workers. *American Journal of Industrial Medicine* 2004; 45: 129-38.
- [4] Graham WGB, Costello J, Vacek PM. Vermont granite mortality study: an update with an emphasis on lung cancer. *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 2004; 46: 459-66.
- [5] Ulm K, Waschulzik B, Ehnes H, Guldner K, Thomasson B, Schwebig A, et al. Silica dust and lung cancer in the German stone, quarrying, and ceramics industries: results of a case-control study. *Thorax* 1999; 54: 347-51.
- [6] Kurihara N, Wada O. Silicosis and smoking strongly increase lung cancer risk in silica-exposed workers. *Industrial health* 2004; 42:303-14.
- [7] Pelucchi C, Pira E, Piolatto G, Coggiola M, Carta P, La Vecchia C. Occupational silica exposure and lung cancer risk: a review of epidemiological studies 1996-2005. *Annals of Oncology* 2006; 17: 1039-50.
- [8] Guénel P, Højberg G, Lynge E. Cancer incidence among Danish stone workers. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health* 1989; 15: 265-70.
- [9] Nelson DI, Nelson RY, Concha-Barrientos M, Fingerhut M. The global burden of

- occupational noise induced hearing loss. *American Journal of Industrial Medicine* 2005; 48: 446-58.
- [10] Ahmed HO, Dennis JH, Badran O, Ismail M, Ballal SG, Ashoor A, et al. Occupational noise exposure and hearing loss of workers in two plants in eastern Saudi Arabia. *Annals of Occupational Hygiene* 2001; 45: 371-80.
- [11] Chang TY, Jain RM, Wang CS, Chan CC. Effects of occupational noise exposure on blood pressure. *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 2003; 45: 1289-96.
- [12] Kolstad HA, Juel K, Olsen J, Lynge E. Exposure to styrene and chronic health effects: mortality and incidence of solid cancers in the Danish reinforced plastics industry. *Occupational and Environmental Medicine* 1995; 52: 320-7.
- [13] Bond GG, Bodner KM, Olsen GW, Cook RR. Mortality among workers engaged in the development or manufacture of styrene-based products-an update. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health* 1992; 18: 145-54.
- [14] Kogevinas M, Ferro G, Andersen A, Bellander T, Biocca M, Coggon D, et al. Cancer mortality in a historical cohort study of workers exposed to styrene. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health* 1994; 20: 251-61.
- [15] Kolstad HA, Lynge E, Olsen J, Breum N. Incidence of lymphohematopoietic malignancies among styrene-exposed workers of the reinforced plastics industry. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health* 1994; 20: 272-8.
- [16] National Research Council. Review of the styrene assessment in the national toxicology program 12th Report on Carcinogens: Workshop Summary. Washington (DC): National Academies Press (US); 2014. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK241556/>
- [17] Morata TC, Dunn DE, Kretschmer LW, Lemasters GK, Keith RW. Effects of occupational exposure to organic solvents and noise on hearing. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health* 1993; 19: 245-54.
- [18] Sliwinska-Kowalska M. Exposure to organic solvent mixture and hearing loss: literature overview. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health* 2007; 20:309-14.
- [19] Metwally FM, Aziz HM, Mahdy-Abdallah H, ElGelil KS, El-Tahlawy EM. Effect of combined occupational exposure to noise and organic solvents on hearing. *Toxicology and Industrial Health* 2012; 28:901-7.
- [20] Unlu I, Kesici GG, Basturk A, Kos M, Yilmaz OH. A comparison of the effects of solvent and noise exposure on hearing, together and separately. *Noise Health* 2014; 16:410-5.
- [21] 行政院勞工委員會（現勞動部）。行政院勞工委員會採樣分析建議方法，編號：CLA4002，總粉塵。台灣台北市，行政院勞工委員會；2008。
- [22] 行政院勞工委員會（現勞動部）。行政院勞工委員會採樣分析建議方法，編號：

- CLA4001，可呼吸性粉塵。台灣台北市，行政院勞工委員會；2009。
- [23] 行政院勞工委員會（現勞動部）。行政院勞工委員會採樣分析建議方法，編號：CLA2318，石綿。台灣台北市，行政院勞工委員會；2008。
- [24] 行政院勞工委員會（現勞動部）。行政院勞工委員會採樣分析建議方法，編號：CLA1903，碳氫化合物（芳香族）。台灣台北市，行政院勞工委員會；2008。
- [25] 行政院勞工委員會（現勞動部）。行政院勞工委員會採樣分析建議方法，編號：CLA1215，PU人造皮製造業空氣中混存有機溶劑。台灣台北市，行政院勞工委員會；2008。
- [26] 林洺秀、蘇雅鈞、王如瑩、葉文裕：陶瓷製造業粉塵危害調查。勞工安全衛生研究季刊2003；11：237-49。
- [27] 湯大同：鑄造業勞工結晶型游離二氧化矽暴露特徵與健康危害風險評估（IOSH92-A301）。台灣新北市，勞工安全衛生研究所；2003。
- [28] 林洺秀、湯大同、陳秋蓉、林宜長：歲修工人於不同爐種之結晶型游離二氧化矽暴露調查。勞工安全衛生研究季刊2005；13：99-106。
- [29] 林威龍、汪禧年、王守堅：遊艇製造業勞工苯乙烯暴露調查研究（IOSH95-A317）。台灣新北市，勞工安全衛生研究所；2006。
- [30] 陳淨修：物理性作業環境測定。三版，台灣新北市，新文京開發出版公司；2009。
- [31] 蘇德勝：噪音原理及控制。九版，台灣台北市，臺隆書局；2003。
- [32] 陳秋蓉、陳叡瑜、蕭錦鐘：石作工人健康檢查結果之分析研究（IOSH87-M302）。台灣新北市，勞工安全衛生研究所；1998。
- [33] Johnson AC. Relationship between styrene exposure and hearing loss: review of human studies. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health* 2007; 20:315-25.
- [34] Sliwińska-Kowalska M, Bilski B, Zamysłowska-Szmytke E, Kotyło P, Fiszer M, Wesołowski W, et al. Hearing impairment in the plastics industry workers exposed to styrene and noise. *Medycyna Pracy* 2001; 52:297-303 [in Polish].

Research Articles

Assessment of Occupational Health for Solid Surfacing Material Manufacture

Lih-Ming Yiin¹ Chien-Che Hung² Wei-Sheng Pan¹ Chun-Chieh Tseng¹
Chia-Jung Carol Hsieh¹ Ya-Qing Yang¹ Shun-Hui Chung³

¹ Department of Public Health, Tzu Chi University

² Institute of Medical Sciences, Tzu Chi University

³ Institute of Labor, Occupational Safety and Health, Ministry of Labor

Abstract

This study was to assess the occupational exposure and to identify the health hazards for the solid surfacing material workers. We selected three industries as subjects, of which one was the largest with the complete processes, including stone crushing, mixing with epoxy resin/organic solvents, and shaping, and the other two primarily focused on the latter processes. Our team monitored the working environments for particulate matter, asbestos, noise, and volatile organic compounds (VOCs) (e.g., styrene, acetone), and conducted a survey to understand workers' health status as well as the association with exposure. The environmental measurements indicate that the largest company had the problem of high levels of particulate matter, and one sample showed a level twice higher than the total dust standard (10mg/m³). The other two had high concentrations of VOCs, one of which reached as three times high as the standard for acetone (750ppm). Noise is a general problem, and some of the measurements were above 85 dBA. The spectrum analysis indicates that the peak values of noise occurred around 4 kHz, which had the most impact on the hearing ability. We collected 45 questionnaires and found that most of the employees did not think of severity of exposure to occupational hazards. The statistical analysis, however, shows that employees with experience of 5 years or above were associated with back and elbow pains and hearing impairment ($p < 0.05$). In summary, the owners of the manufacture should improve the ventilation system, and guide their laborers to wear proper protection gears to prevent from occupational hazards.

Accepted 27 March, 2015

Correspondence to: Lih-Ming Yiin, Department of Public Health, Tzu Chi University,

E-mail: lmyiin@gms.tcu.edu.tw

Keywords: Solid surfacing material, Particulate matter, Noise, VOCs