資源化重金屬污泥作為綠營建透水步道磚

單明陽 [1]　李振卿 [2]

[1]正修科技大學土木系主任兼營建工程所所長 e-mail：shan@csu.edu.tw

[2]正修科技大學講師、國立中央大學博士生 e-mail：mich.h8805@msa.hinet.net

摘要

含重金屬污泥資源化再利用，一直是電子與金屬相關產業，最為期盼解決有害事業廢棄的最終目標，利用高溫燒結形成陶瓷晶化，將含重金屬污泥無害化，是較為經濟可行的中間處理手段之一。本研究利用電子業產生的含重金屬無機污泥，應用包心造粒的概念，將有害污泥作為坯料包裹於中心，以滾動造粒在坯料外表，形成一層頁岩礦土被覆層，經過乾燥與高溫燒結，資源化成為輕質骨材，拌合水泥砂漿成型作為綠營建材料的鋪面透水磚，應用於都會區庭園步道，達到保水、隔熱、透水等生態工程之應用，可以降低地表逕流量，補充地下水資源，適合用於低緯度亞熱帶的台灣，可以有效降低熱島效應。

研究發現含重金屬污泥直接燒結時，難以玻化封住氣體，產生輕質結構。若以污泥混合頁岩重量比 1：1 做成坯料，坯料再以頁岩粉末包裹外層厚度 1mm 時，在溫度 1,150℃經過 25min 的燒結，可以資源化成為發泡良好，比重 1.2 的輕質骨材，有害重金屬符合 TCLP 溶出標準。透過電子顯微鏡進行微觀特性分析，發現輕質骨材粒料外圍緻密，內部的孔隙細密均勻。輕質骨材粒料混合 20%的水泥砂漿硬固成型，做成 25cm x 25 cm x 6cm 的透水磚，透水係數 $1x10^{-2}$ *cm/sec*，抗壓強度達到 900 psi（63 kgf/cm^2），證實可以達到最佳透水模式的人行道、大型廣場、庭園步道鋪面磚。

關鍵詞：資源化、綠營建、包心造粒、透水磚

一、前言

根據環境保護統計年報顯示，以 2004 年為例全台灣地區由事業機構產生之含重金屬污泥約 58 萬噸。主要來源及成份分別為金屬基本工業之表面處理(Zn、Cr、Ni、Cu)、印刷電路板業(Cu、Ni、Pb)、電鍍業(Ni、Cr、Cu、Zn、Ag)、電池製造業(Pb、Zn)及電線電纜業(Cu)所產生。面對未來產業的競爭與永續的發展，必須能夠順利解決事業廢棄

物問題，尤其是利用廢棄物資源化成為綠營建材料，以資源永續循環利用為目標。

美國人 S. J. Hayde 於 1917 年首先使用旋窯於高溫下將膨脹性黏土及頁岩於燒結成球，由於高溫加熱將原料中所含的某些成分於內部發生氣體膨脹，而表面形成堅硬的玻璃層，成功製成人造輕質骨材。延用至今一般的輕質骨材燒結皆以旋轉窯為主。台灣自 1970 年代起，亦陸續有學者針對資源化人造輕質骨材及輕質混凝土之物理性質展開研究，更多的研究是利用各種不同的污泥焚化灰燼製做輕質骨材，一般的輕質骨材具有較大的孔隙低密度、高吸水率、顆粒強度低及彈性模數低之特性。

利用旋窯煅燒輕質骨材，溫度偏差的範圍在±25℃以上，同時煅燒時間長，做為資源化製程時，針對各種不同的原料，操控參數較為複雜難以量產化。為了改善廢棄物原料成份組成不均以及克服旋窯煅燒的短處，而應用旋窯以外的製造技術，同時利用多種廢棄物混合處理均質化(使成份組成均一)的研究較少。Tay，J. H.， Yip，W. K.，等人研究將乾燥污泥與黏土混合後，在 1050~1080℃溫度之磚窯中生產輕質骨材。Kuen-Sheng Wang，等人利用含重金屬污泥無害化製成輕質骨材，其輕質骨材重金屬的溶出實驗符合環保署溶出的標準。

本研究是採用瓦斯隧道窯煅燒，具有多段的加熱源，可以採用可程式控制器，設定多段的溫度控制的方式，煅燒溫度的偏差可以控制精確到±5℃以內，並且在 750℃左右高溫進料，使坯料表面迅速玻化，同時應用採礦礦碴混合電子業含重金屬的污泥廢棄物為原料，而不以水庫污泥等廢棄物為原料，主要是礦渣原料成份穩定而充足，含水率低可節省燃料，對產品的生產操作與品質管理，較能符工業量產的經濟與可行性目標。利用瓦斯隧道窯燒結研究超輕質骨材玻化溫度之影響，其單位重量小於 1,200 kg/m^3，重金屬的溶出低於環保署溶出的標準，證實可以製造無害化的輕質骨材產品，對礦土資源有效的開發利用以及有害事業廢棄物的資源化處理，可以達到永續經營的理想目標。

在經濟高速發展的今天，在國際化都市的建設過程中，路面的硬化引發了連鎖般的城市環境負面效應：地表乾燥、地下水位急劇下降，地面氣溫高、雨水氾濫成災等等。因此，如何解決城市的蓄水保水問題，已成為當今國際化大都市建設的一個主要問題。

透水步道磚就可以很好的解決這個問題，它不僅同樣可以美化環境，更重要的是具有環境實用功能。因為具有透水性、保水性使雨水會自動滲透到磚底下直到地表，儘量的回收，成為地下水資源，不會四處橫流，最後通過下水道完全注入江河。於天氣晴朗時，滲入磚底下或保留在磚裏面的水會蒸發到大氣中，達到調節空氣濕度、降低大氣

溫度、消除城市“熱島”作用。本研究將燒結的輕質骨材，摻合水泥固化劑砂漿製成透水磚比重約在 1.2 左右，透水性、保水性強。透水速率可以達到 5mm/s 以上，其保水性達到 12L/m^2以上。由於其良好的透水性、保水性，下雨時雨水會自動滲透到磚底下直到地表，還有一部分水保留在磚裏面，適合作為庭園綠營建透水步道磚。

二、原料與坯料製作

燒結輕質骨材，一般可分為烘乾、預熱、煅燒及冷卻等過程。坯料必須能產生高溫玻璃相時，具有足夠之黏滯性以包裹住逸出氣體，同時在玻璃相形成後的溫度，能分解出氣體。坯料如果具備上述兩條件，則燒成時表面層溫度昇高較快，先融成玻璃相表面層，此時內部因溫度增高致使內部產生高塑性流體。當氣體逸出時，一面受到塑性流體之包陷，一方面未能穿透表面玻璃相層，而在內部造成氣孔，使體積增加達到膨脹效果。

本次試驗採用的礦渣是採自花蓮縣的礦場，主要生產頁岩、膨潤土及白土。經過採礦以後成分及品質不合格的廢棄物,其成分與頁岩相類似,主要含量以二氧化矽(SiO_2)佔 56.3%最多，居次為三氧化二鋁(AI_2O_3)佔 14.4%，氧化鐵(Fe_2O_3)佔 6.8，另含少量鈣(Ca)、鎂(Mg)、鉀(K)、鈉(Na)等氧化物。礦渣的成分分析如表 1 所示。試驗用之重金屬污泥採用台灣中部某電子工廠的事業廢棄物含重金屬脫水污泥，其有害化學組成以鉻的含量為最高 228ppm，銅含量 95ppm，及其它鉛、鎘等有害重金屬，詳如表 2 所示。

以 750 ~1,000℃的溫度預熱。在坯粒周圍形成一保護膜阻止氧氣進入，使鐵化合物進行還原作用，並創造黏土礦物之液化條件。煅燒溫度升高至 1,000~1,150℃，此時所產生之黏滯性體會將內部逸出之氣體裹覆，形成壓力使坯粒膨脹。坯粒在 700~400℃時緩慢冷卻形成骨材，避免迅速降溫使骨材內部和表面產生強大之溫度收縮應力，導致其產生破壞降低顆粒強度。

表 1 礦渣的成分分析

No.	Composition	Residue of Mining(%)
1	SiO_2	56.3
2	AI_2O_3	14.4
3	Fe_2O_3	6.8
4	CaO	5.1
5	MgO	4.2
6	K_2O	1.6

7	Na_2O	1.4
8	Others	10.2

表 2 重金屬污泥 TCLP 溶出與標準及方法

Heavy Metal	Heavy Metal Sludge(mg/L)	Leaching test Rregulation	Analytical Methods
Lead (Pb)	8.4	5.0 mg/L	NIEA R306.11C
Cadmium (Cd)	5	1.0 mg/L	NIEA R306.11C
Copper (Cu)	95	15.0 mg/L	NIEA R306.11C
Zinc (Zn)	N.D.	No Limitation	NIEA R306.11C
Total Chromium (Cr)	228	5.0 mg/L	NIEA R306.11C
Chromium (Cr^{+6})	135	2.5 mg/L	NIEA R309.12C
Arsenic (As)	N.D.	5.0 mg/L	NIEA R301.11C
Mercury (Hg)	N.D.	0.2 mg/L	NIEA R201.12C

Note：N.D.(<0.0013 mg/L)

只要其化學成分滿足由 SiO_2、Al_2O_3和助熔劑(Fe_2O_3、MgO、Na_2O、K_2O)組成之骨材可膨脹三相圖實線區內的要求，原料大致上皆可燒製成膨脹性輕質骨材。將篩選後的礦渣與重金屬污泥，以重量比 50%：50%混合造粒做為坯料，進行實驗分析。混合坯料成份分析如表 3 所示，SiO_2佔 45%、AI_2O_3佔 22%、Fe_2O_3及 CaO 佔 11%，符合輕質骨材膨脹的化學組成，其配料符合膨脹三相圖的區域範圍如圖 1 所示。

表 3 混合料成份分析

項目	成分	含量
1	SiO_2	45.26
2	AI_2O_3	22.17

3	Fe_2O_3	7.68
4	CaO	3.83
5	TiO	0.63
6	MgO	2.34
7	Na_2O	0.96.75
8	K_2O	2.15
9	P_2O_5	0.11
10	MnO	0.07

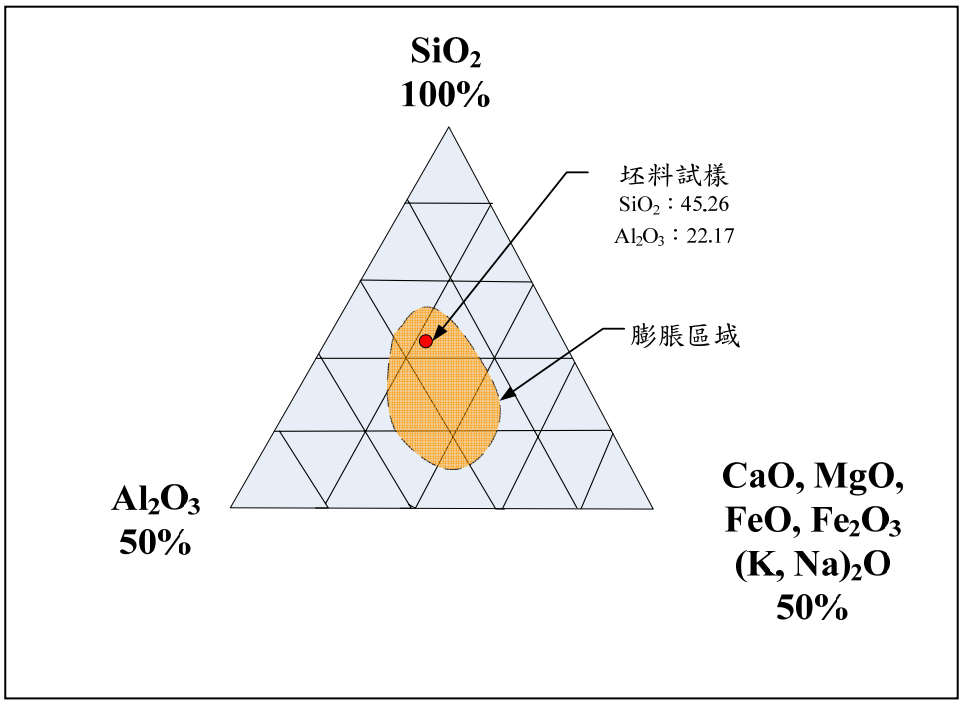


圖 1 三相圖

三、實驗步驟

資源化輕質骨材研究實施步驟包括配料、造粒、煅燒、冷卻與分析試驗。

1. 配料：先將廢棄物礦渣與含重金屬有害事業廢棄物分類收集，在溫度 105℃烘乾至恆重，再經過研磨至小於 200#之後，按照礦渣將頁岩礦碴與重金屬污泥等原料以重量比值為 50%：50%的比例秤重配料。
2. 造粒：配料完成之生料，加入重量百分比 16%的水與 0.5%的太白粉混合作為造粒劑，經滾筒造粒機造粒，使粒徑達到約 3~4mm，過篩後進行乾燥，控制其含水率為 5%以下。
3. 包心：將造粒完成之柸料，放入頁岩礦渣粉末，繼續滾動造粒，將坯料包覆於中間，外層裹覆一層約 1mm 厚的頁岩完成素料顆粒。

4. 煅燒：乾燥後之粒狀原料，直接投入 750，850，950℃的高溫輸送瓦斯爐，分別以 1,050、1,150 及 1,250℃之溫度煅燒，煅燒時間遞增間隔為 10 分鐘，分為 5min、15min、25min，蒸發其中水份並產生膨脹的結構，形成輕質骨材。

5. 冷卻：煅燒後之熟料，迅速置於冷水噴霧的淬冷環境中冷卻降溫至 240℃以下，再放置於空氣中冷卻，最後進行分析檢驗。

6. 輕質骨材以溶出試驗 TCLP 分析原料及不同煅燒溫度後重金屬含量。

7. 以燒結成的輕質骨材混合 20%水泥固化劑砂漿製成透水步道磚。

8. 透水步道磚分析抗壓強度及透水性與品質管制。

四、輕質骨材燒結

產業研究的目標最主要就是能夠設計符合經濟的量產規模製程，因此研究量產階段，最需要一套能夠改變控制參數的彈性製程，比較能夠隨著必要的控制參數調整。本研究採用可程式的煅燒製程，將烘乾後的骨材坯粒，直接急速投入高溫的瓦斯隧道窯爐內，藉由不同的持溫時間進行評估。可以縮短煅燒製程時間，隨著產量與品質的需求調整煅燒的溫度與停留時間的長短，便於提高產量與降低能耗，對於未來高品質超輕質骨材生產技術的提升具有相當的潛力。高溫進料煅燒溫度曲線如圖 2 所示。

採用旋窯煅燒輕質骨材的重要考量之一，就是利用旋轉的力量，使煅燒的坯料不斷的滾動，尤其能克服坯料表面玻化熔融時造成顆粒的黏結。而採用隧道窯煅燒骨材顆粒為靜態，坯料從頂端進料，在到達玻化的溫度時，必要以一種耐溫材料做成的分離器，不斷的攪動超輕質骨材，保持骨材顆粒的良好分離，這就是玻化隔離煅燒技術。輕質骨材玻化的表面需要急速的冷卻，才能避免產品顆粒間相互的黏著，因此本研究在完成煅燒的高溫骨材的最後階段，讓其直接落入水噴霧空氣中淬冷，以噴霧冷卻水快速的冷卻顆粒表面，使超輕質骨材顆粒之間完全的分離，避免顆粒玻化表面的相互黏著。其整廠包含原料的準備、乾燥、粉碎、造粒、煅燒及淬冷的平面配置如圖 3 示。所生產的原料與成品如圖 4 所示。

分析燒結溫度與時間對比重之影響，太短的時間 5 min 及溫度 1050℃無法發泡，產生輕質結構，比重較重 1.35，太長的時間 25 min 與較高的溫度 1250℃又會使坯料陶瓷晶化而失去氣孔，使比重增加達 1.52，本研究較適宜的溫度與時間是 1150℃及 25 min，輕質骨材燒結溫度與時間對比重之影響詳如表 5 所示。

Time	1050℃	1150℃	1250℃
5 min	1.34	1.35	1.22
15 min	1.32	1.27	1.53
25 min	1.47	1.22	1.52

對於燒成輕質骨材 TCLP 的溶出分析，在經過 1,050℃燒結時，鉛溶出量為 4.17ppm，鎘溶出量為 2.10ppm，尚有銅 36.39ppm 及鉻 84.00ppm 未能符合溶出標準。而在 1,150℃燒結後銅的溶出剩 14.42ppm 及鉻的溶出剩 3.11ppm 已能符合溶出標準。更高的燒結溫度 1,250℃，重金屬的溶出續有下降的趨勢，但逐漸趨緩。詳如圖 5 輕質骨材燒結溫度與 TCLP 溶出趨勢圖所示。

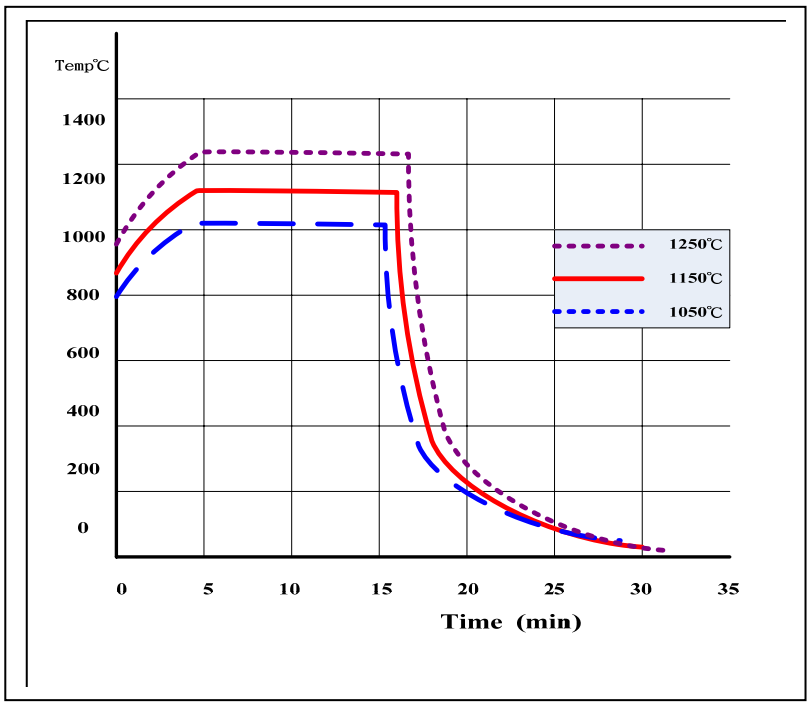


圖 2 進料煅燒溫度曲線

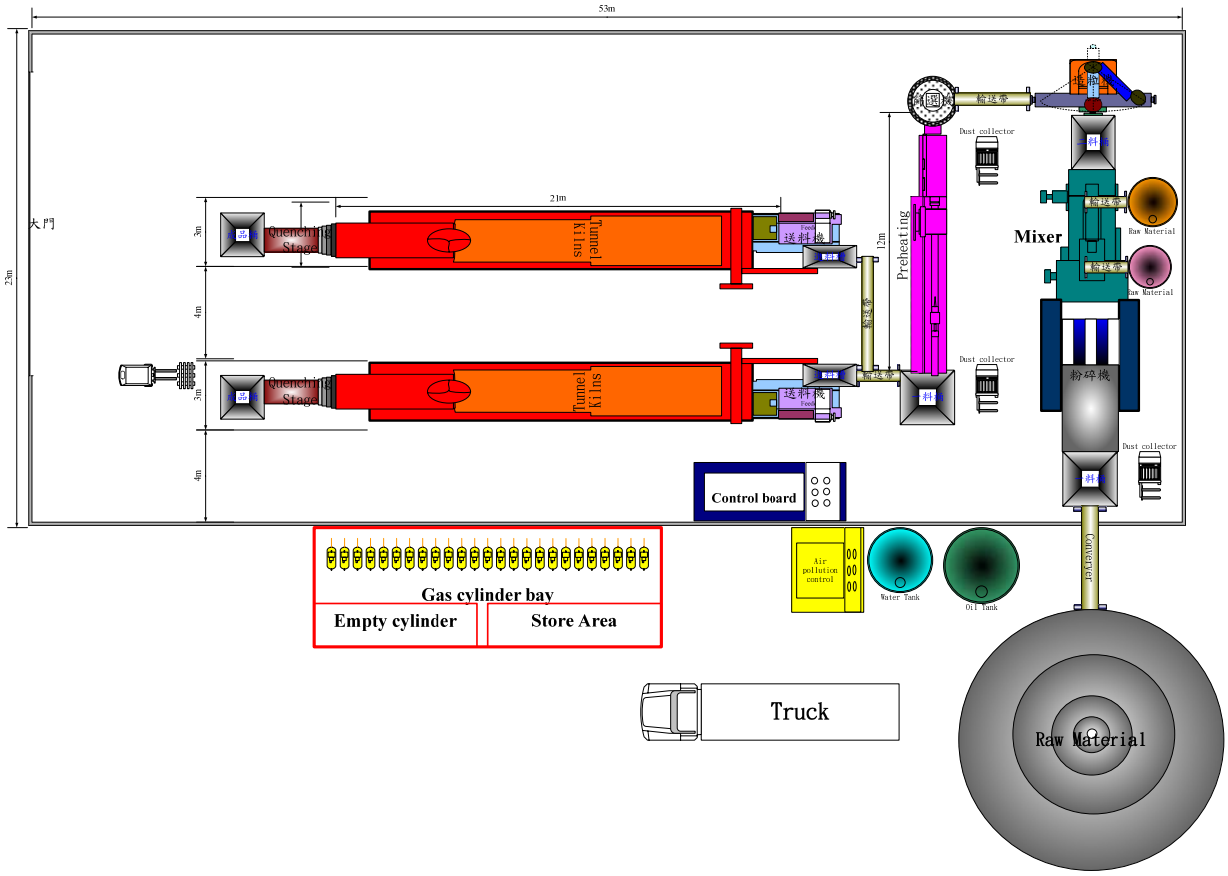
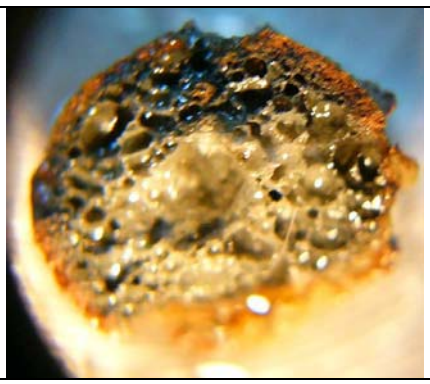


圖 3 生產線平面配置圖

a. 重金屬污泥

b. 頁岩礦渣



c. 內部均勻的發泡氣孔

d. 密實的表面

圖 4 原料與成品

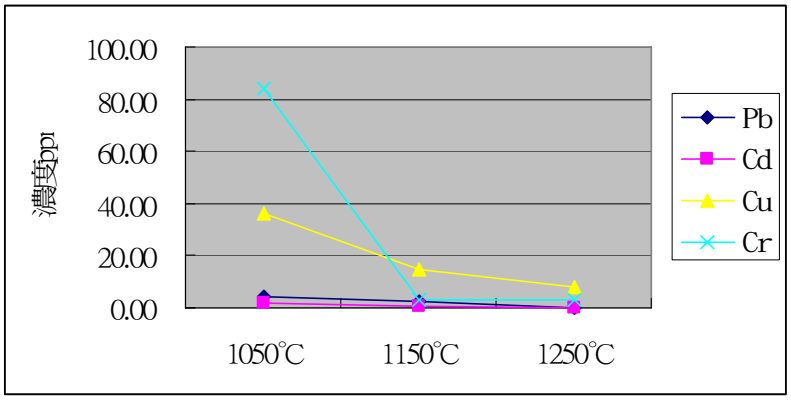


圖 5 輕質骨材燒結溫度與 TCLP 溶出分析趨勢

五、輕質骨材作為透水步道磚

隨著經濟的發展和城市建設步伐的加快，現代化都市的地表逐步被建築物和混凝土等阻水材料所硬化覆蓋，由於不透水的混凝土與瀝青等路面材料，很難與空氣進行熱量、水分的交換，與對地表溫度、濕度的調節能力，給城市的生態環境帶來了極大的負面影響。

本研究綠營建透水步道磚具有多孔結構,其透水性及保水性源於輕質骨材 20%左右的氣孔率，厚度達到 60~80mm。雨水可滲入地下，滋潤大地，綠營建透水步道磚輕質骨材內蓄積的水份，在熱天通過蒸發可抑制表面溫度的提高，具有減輕溫室效應的效果；並可摻配多種色料，製造出格調高雅的庭園景觀；雖是多孔質結構，但強度良好；由於表面粗糙，保水性、透水性高，表面難以有水滲出，即使是雨天出行者也不會滑倒。資源化綠營建透水步道磚原料及成品如圖 6 所示。

透水步道磚產製步驟：

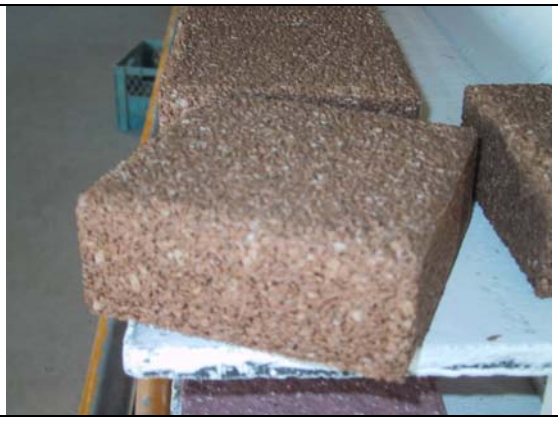
1. 顆粒的粗細：輕質骨材顆粒的粗細及顆粒配比影響到綠營建透水步道磚成品強度、透水性、表面效果、產品尺寸等。輕質骨材顆粒越粗，綠營建透水步道磚透水性越好但強度降低，表面效果粗糙，尺寸變大。改變粒料的大小及顆粒配比是調整綠營建透水步道磚的重要指標——透水性能的重要途徑。
2. 混合攪拌：混合攪拌過程要加入一定量的固化劑（一般為水泥系列等），加入固化劑目的是增加粒料的結合性能，增強綠營建透水步道磚的強度。否則強度不夠，綠營建透水步道磚半成品損耗大。
3. 成型：為了減少設備的投資，減少設備維修費用，使用成型的壓機選用震動壓磚機，就能滿足工藝要求。

由於 1,050℃的燒結溫度，TCLP 尚無法符合標準拾棄不用，本試驗以資源化綠營建透水步道磚利用 1,150 及 1,250℃兩種不同的燒結溫度所產製輕質骨材，在水泥固化劑與細砂比例為 1：0.3 之試體，0.5 的水灰比時即可達到輕質骨材顆粒包裹及良好的透水效果，透水係數 $1x10^{-2}$cm/sec，28 天的抗壓強度達到 900 psi（63 kgf/cm²），其透水性與抗壓強度如表 4 所示

表 4 透水性與抗壓強度

資源化輕質骨材燒結溫度	綠營建透水步道磚抗壓強度	綠營建透水步道磚透水係數
1150℃	910 psi	$1x10^{-2}$cm/sec
1250℃	1240 psi	$1x10^{-2}$cm/sec

a. 資源化輕質骨材



b. 綠營建透水步道磚

c 綠營建透水步道磚透水試驗	d. 綠營建透水步道磚試鋪

圖 6 綠營建透水步道磚

六、結論

資源化綠營建透水步道磚，其鋪設的場地在下雨時能使雨水快速滲透到地下，增加地下水含量，調節空氣濕度，淨化空氣，適合應用一般用於公園休閒無重承載場所以及園林游步道等，產生較為完美的視覺效果。

1. 經過研究顯示，利用平爐的中間高溫投入，可以迅速加熱的表面玻化，非常有利於超輕質骨材的發泡機制，其骨材的物理性質亦能操控富有彈性，可以因應國內市場多樣化的需求，尤其有利於商業運轉縮短製程時間、增加產量、操控簡易的量產經濟效益。
2. 研究發現資源化坯料投入溫度太低時，輕質骨材顆粒的內部與外部同時昇溫，在產生氣體的階段，表面尚未玻化完成包裹的狀態，部份氣體逸散，造成表面多孔性，增加吸水率。以急速投入 850℃的高溫環境，縮短製程煅燒時間至 25min 以內，隨著產量與品質的需求調整鍛造的溫度與停留時間的長短，提高產量與降低能耗。投入溫度超過 900℃時，由於結晶水瞬間分解大量釋出，造成顆粒爆破，提高不良率的發生。
3. 資源化輕質骨材吸水率影響，在煅燒 1,050℃時經過 30min 皆低於 10%以下，顯見表面玻化已形成。筒壓強度在煅燒 1,050℃時達到最高的強度，隨著溫度的昇高發泡效果良好而降低強度。
4. 資源化綠營建透水步道磚自然降水能夠迅速透過地表，適時補充地下水資源。透水性、保水性強。透水速率可以達到 5mm/s 以上，其保水性達到 12L／m^2以上。由於其良好的透水性、保水性，下雨時雨水會自動滲透到磚底下直到地表，還有一部分水保留在磚裏面。
5. 輕質骨材透水磚容易設計各式的規格及色彩，可鋪設出格調高雅的庭園景觀。透氣透水性好，滲入磚底下或保留在磚裏面的水會蒸發到大氣中，起到調節空氣濕度、降低大氣溫度，能夠調節地表的溫度和濕度，消除“熱島現象”，維護地表生態平衡。

6. 雨天步道路面無積水，防止夜間反光，改善車輛行駛及行人的安全性與舒適性。

7. 六價鉻、總鉻及鎘、鉛等重金屬在煅燒 1,150℃時經過 30min 皆明顯降低濃度。TCLP 分析之結果，已能符合 EPA 法規值標準，達到無害化的要求。

8. 資源化重金屬污泥廢棄物原料成本低，又有化代處理費用收入，降低了產品成本，提高了經濟效益。其燒製成本在 560 元／平方公尺左右。

七、參考文獻

1. 行政院環境保護署，"中華民國環境保護年統計年報"，2005。
2. 何秀美，林正芳，"污泥與底灰資源化為透水磚之研究"，國立臺灣大學環境工程學研究所，碩士論文，2002。
3. 李培文，張明添，"高壓透水磚產製技術之研究"，國立中興大學土木工程學系，碩士論文，2004。
4. 楊雅雲，黃忠信，"輕質骨材抗壓磚之透水性"，國立成功大學土木工程學系，碩士論文，2004。
5. Chen H.Q.， Yen C.， Study on impact of roasting characteristic of light weight aggregate imposed by dam silt additive， Journal of Chung-Hsin University Engineering， p107-114， 14(2)， 2003。
6. V. Ducman， A.Mladenovic˘， J.S. S ˘ uput， “Lightweight aggregate based on waste glass and its alkali–silica reactivity， Cement and Concrete Research， 32 (2002) 223–226
7. L.S. Pioroa， I.L. Piorob， “Production of expanded-clay aggregate for lightweight concrete from non-selfbloating clays， Cement and Concrete Composites， Vol: 26 Issue: 6， August， 2004 pp: 639-643。
8. Cheeseman C.R.， Virdi G.S.， Properties and microstructure of lightweight aggregate produced from sintered sewage sludge ash， Resources， Conservation and Recycling， 45， 18-30， 2005。
9. Tay， J. H.， Yip， W. K.， and Show， K. Y.， “Clay-Blended Sludge As Lightweight Aggregate Concrete Material， Journal of Environmental Engineering. Vol. 117， No. 6. pp. 834~844(1991)，Tay & Yip(1991)。
10. Republic of China: Environmental Protection Agency， Toxicity characteristic leaching procedure， NIEA R201.13C， 2003。
11. 李名浩，陳豪吉，「旋窯燒製水庫淤泥輕質骨材之研究」，碩士論文，國立中興大學土木工程學系，台中(2003)。
12. 劉澤山，王櫻茂，「臺灣地區現有燒成輕質骨材之基本性質研究」，碩士論文，國立成功大學土木工程研究所，台南(1994)。
13. 葉宗智，王鯤生，「垃圾焚化飛灰粒徑對燒結效果之研究」，碩士論文，國立中央

大學環境工程研究所，桃園(1997)。
14. 陳炯立，陳志恆，「含重金屬污泥燒製磚材資源化之研究」，碩士論文，國立台北科技大學，台北(2004)。
15. Michael Anderson， R. Glynn Skerratt， Julian P. Thomas and Stephen D. Clay， “Case study involving using fluidized bed incinerator sludge ash as a partial clay substitute in brick manufacture”， Water Science and Tecnology， Vol 34， No. 3-4， pp. 507-515，1996。
16. Bijen， J. M.， “Manufacturing Processes of Artificial Lightweight Aggregate from Fly Ash，” The International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete， Vol. 8， No. 3， pp. 191-199(1986)。
17. Tay， J. H.， Yip， W. K.， and Show， K. Y.， “Clay-Blended Sludge Ash Lightweight Aggregate Concrete Material”， Journal of Environmental Engineering， Vol. 117， No. 6， pp. 834-844(1991)。
18. 胡紹華， 沉振榮，重金屬污泥處理技術探討，資源與環境學術研討會，2005， 花蓮pp355-368。
19. 廖錦聰， "焚化灰渣資源化研究(研究報告)"， 工業技術研究院計劃報告，1996。
20. 楊萬發， "燃燒可然性物質鉛、鎘、銅重金屬行為特性之研究"第十一屆廢棄物處理技術研討會，1996
21. 廖錦聰、張蕙蘭、徐文慶、黃契儒，垃圾焚化底灰的資源化利用，一般廢棄物焚化灰渣資源化技術與實務研討會論集， 1996， 131-146。
22. 葉宗智、王鯤生，"垃圾焚化飛灰粒徑對燒結效果之研究;，國立中央大學環境工程研究所碩士論文， 1997。

Permeable brick made of recycle treatment on heavy metal mud

Abstract

The recycle treatment of heavy metal mud is the final goal to solve the harmful discarding for the electron and relevant industries of metal all the time. It is the comparatively economic and feasible way to make heavy metal mud innoxious by using high temperature to form pottery. This study makes the particles from the heavy metal inorganic mud. The harmful mud parceled in the center and formed a layer of shale the ore soil is recycled as lightweight aggregate through being dry and high temperature. This aggregate mixed cement mortar can apply in the permeable brick of green construction material used in the urban pavement for the storing water, insulating against heat, and porous water. The decrease of flow in earth's surface and supplement in the groundwater resources can reduce the heat island effect and is suitable for and in Taiwan with subtropical low latitudes.

While the heavy metal mud frits directly, it is difficult to seal with the glass for the production of light quality structure. If the mud and shale is mixed with the ratio of 1:1 and blank is covered by shale power at 1 mm during the temperature of 1,150^{o}C and 25 minutes, the recycle treatment is well-done and the lightweight with specific weight of 1.2 is harmful heavy metal according to TCLP standard dissolve. By using the electron microscope to analysis the characteristic, the lightweight aggregate is pre-pressing outside, and close and even inside. Lightweight aggregate mixed with 20% cement mortar is made into 25cm×25cm × 6cm permeable brick. The permeable coefficient is 10^{-2}cm/sec and compression strength is 900 psi (63 kgf/cm^2). It can be verified that the walking pavement, and permeable brick in large-scale square and flower garden are the best permeable model.

Keywords: Recycle treatment, green construction, parcel particles, permeable brick