

# 同 意 書

本人同意 九十四 年 十二 月 六 日 至 九十四  
年十二 月 十九 日因公執行出國計畫：

電漿熔融爐專利製程方法設計工作洽辦  
所完成之出國報告書其著作財產權讓與中國石油股份  
有限公司，並同意不對中國石油股份有限公司行使著作  
人格權。

立同意書人：王 振 欽

身分證統一編號：A123859413

地 址：811 高雄市楠梓區左楠路 2 號

中華民國 九十五 年 一 月 二十三 日

經濟部暨所屬機關因公出國人員報告書  
(出國類別：洽公)

「電漿熔融爐專利製程方法設計工作洽辦」 報告書

出國人 服務機關：中油公司興建工程處  
職務：方法工程師  
姓名：王振欽

出國地點：美國、英國

出國期間：九十四年十二月六日至十二月十九日

報告日期：九十五年一月二十三日

## 目次

壹、摘要 .....	第 3 頁
貳、出國目的 .....	第 4 頁
參、公出內容 .....	第 5 頁
肆、出國心得與建議 .....	第 7 頁
伍、附件一覽表	
附件一 MultiTec Plasma LLC 銷售實績表 .....	第 20 頁
附件二 Tetronics Limited 銷售實績表 .....	第 21 頁
附件三 電漿熔融爐實廠平面佈置圖 .....	第 23 頁

## 壹、摘要

本公司各廠事業廢棄物焚化爐之底灰、飛灰，一般均以固化掩埋方式處理。未來掩埋場之抗爭，勢必趨向於場內解決，且對重金屬類可有效回收，並走向垃圾資源化，並可因應日漸嚴苛的環保政策。熔融爐處理技術已成熟，為套狀式其技術特殊，直接洽專利廠商研討相關製程方法等技術，將有助公司規劃、設計、採購等，亦可與煉研所結合共同開發自己之技術，使用於各廠，並推廣至 RDS 或 HDS 之觸媒回收白金、鉑等貴重金屬。

透過持續的工作與研討其電漿熔融專利製程方法設計工作增進技術熟悉及深入技術核心知識學習，順利引入電漿熔融爐技術處理，將有助於本公司如下之效益：

1. 提昇本公司對國家社會之環境保護形象和地位。
2. 提供新處理焚化爐底灰、飛灰之方式，減積並可廢棄物再利用於填地、鋪路之基材。
3. 回收本公司各廠廢觸媒中貴重金屬，減少廢棄物產量，增加經濟收入。
4. 提昇本公司處理廢棄物之技術。

本報告係針對上 4 項效益再予以深入了解電漿熔融爐之設計技術，期望於日後有助於本公司規劃、設計、採購時能與以協助處理相關事項所發生問題。

## 貳、 出國目的

本次出國之目的乃就上述 4 項效益與專利廠家做進一步的技術討論並實體參觀美國、英國境內相關電漿熔融爐，以做為未來規劃、設計、採購之參考。針對電漿熔融專利製程方法之應用，先進國家目前已充分應用於處理工業及都市廢棄物或醫療廢棄物或金屬回收或廢電池處理或核能發電廠放射性核廢料物或傳統焚化爐產生灰分殘渣再處理熔化塑造成無毒性磚塊(或濃縮成原來殘渣三分之一體積)，再利用在多種建材上、鋪設馬路、瓷磚及美術壁磚等。

本次出國之目的具有深入了解電漿熔融爐專利製程方法設計之任務，期盼在未來引入本國或本公司處理廢棄物新技術之新里程碑時能提供充分的規劃、設計、採購等資訊以獲得最先進之電漿熔融技術及最有效之經濟效益。

## 參、公出內容

行程略述如下：

94.12.06 (二)	啟程赴美國
94.12.07 (三)	赴美國北卡羅那州勞利_MultiTec Plasma LLC 拜會及了解該公司發展電漿爐之技術。
94.12.08 (四)	赴 MultiTec Plasma LLC 技術研究部門及實場參訪及了解設計技術。
94.12.09 (五)	赴 MultiTec Plasma LLC 商業化運轉工場參觀及了解製程流程。
94.12.12 (一)	啟程赴英國
94.12.13 (二)	赴英國_牛津
94.12.14 (三)	赴 Tetronics Limited 拜會及了解該公司發展電漿爐之技術。
94.12.15 (四)	赴 Tetronics Limited 技術設計部門及製造工場參訪及技術交流。。
94.12.16 (五)	赴 Tetronics Limited 商業化運轉工場參觀及了解製程流程。
94.12.18 (日)	返程。
94.12.19 (一)	返程。

### 一. MultiTec Plasma LLC 公司簡介：

MultiTec Plasma LLC 公司成立約 34 年，人數約 30 人左右主要人員為早期 NASA 美國航空研發中心專業研究人員自行創業而組成，主要項目則為各型電漿熔融爐之方法設計及細部設計、代採購、製造等，目前主要業務服務世界各國家之廢棄物處理工場設計、製造、採購工程，其承包業務地點包括美國、日本、韓國等，因其擁有電漿熔融爐設計之核心技術及電漿熔融爐基本模擬電腦軟體，就電漿熔融爐本體之設計或煙氣處理、清淨等系統，均可藉

由其電腦計算模擬，得到相關設計數據，由於承辦各國廢棄物處理場之規劃、設計工程，故也與透平機、發電機、爐床、靜電集塵器、袋濾器、燃燒器觸媒等供應商來往密切，進而修正或採用這些供應商之數據予以整合而完成規劃設計工程，目前正在進行的案子有韓國之核能電廠核廢料處理工程設計，由於長年以往在此領域發展，其資料庫內容完備，流程圖也整理甚完善，掌握電漿熔融爐核心技術，故而公司雖小，仍能大力拓展其業務領域，其銷售實績如附表一。

電漿熔融爐之設計處理領域除了在已成熟之都市醫療廢棄物外，目前熱門的尚有核能發電廠放射性核廢料物處理、有害廢棄物或毒液焚化處理及飛灰底灰等之熱熔爐等；本公司事業廢棄物目前操作實廠中，主要處理油泥及污泥的是流體化床焚化爐和旋轉窯焚化爐，但其二者然無法處理廢觸媒、飛灰、底灰及有毒廢棄物等問題，MultiTec Plasma LLC 以一個小公司能在先進廢棄物技術領域佔有一席之地，除了其人員積開發拓展業務及技術研究發展外，其業務一直專注於此領域亦為其成功之原因之一，在本公司而言由於廢棄物處理技術並非第一線的生產重要技術，其重要性自不如煉製或石化等技術，但是相信未來在更嚴格的環保要求下，必然對此領域會有更多的注意。

## 二. Tetronics Limited 公司簡介：

Tetronics Limited 公司成立於 1983 年，人數約 100 人左右，主要公司業務為各型電漿熔融爐之方法設計及細部設計、代採購、製造、裝建及試俾等，目前主要業務設計裝建廢棄物處理工場工程，其承包業務地點包括美國、德國、日本、印度、西班牙、英國、義大利等國，其公司性质與美國 MultiTec Plasma LLC 相同，此二間公司於電漿熔融爐技術及工程同屬先驅，世界各國擁有電漿熔融爐

處理技術大多皆屬此二家公司設計、監造；其該公司銷售實績如附表二。

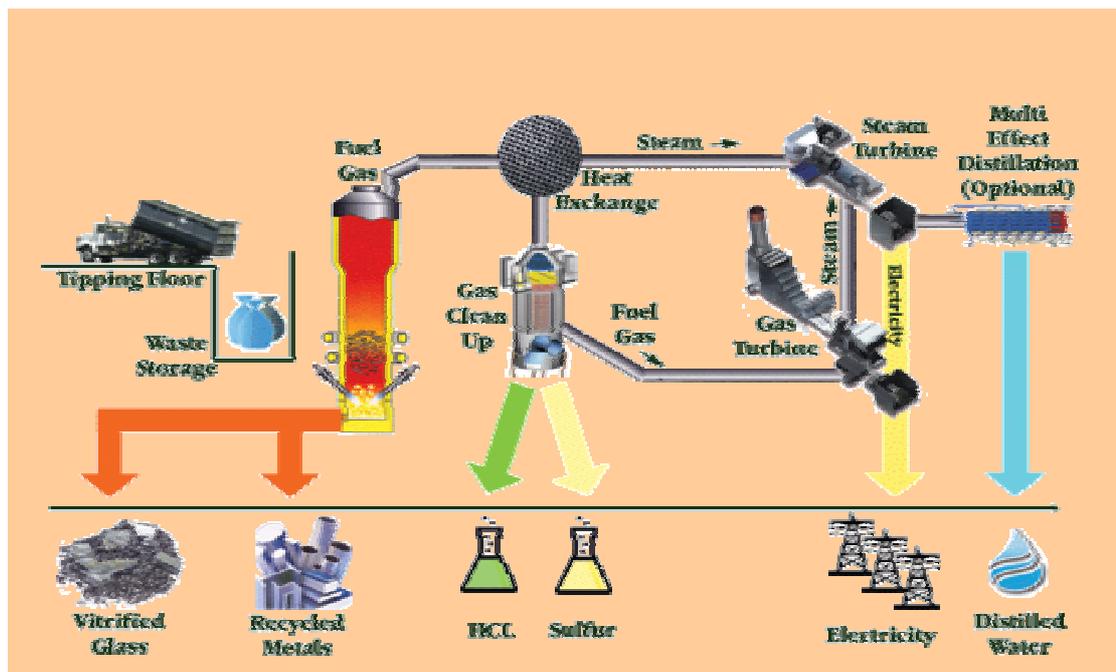
## 肆、出國心得與建議

### 一、心得

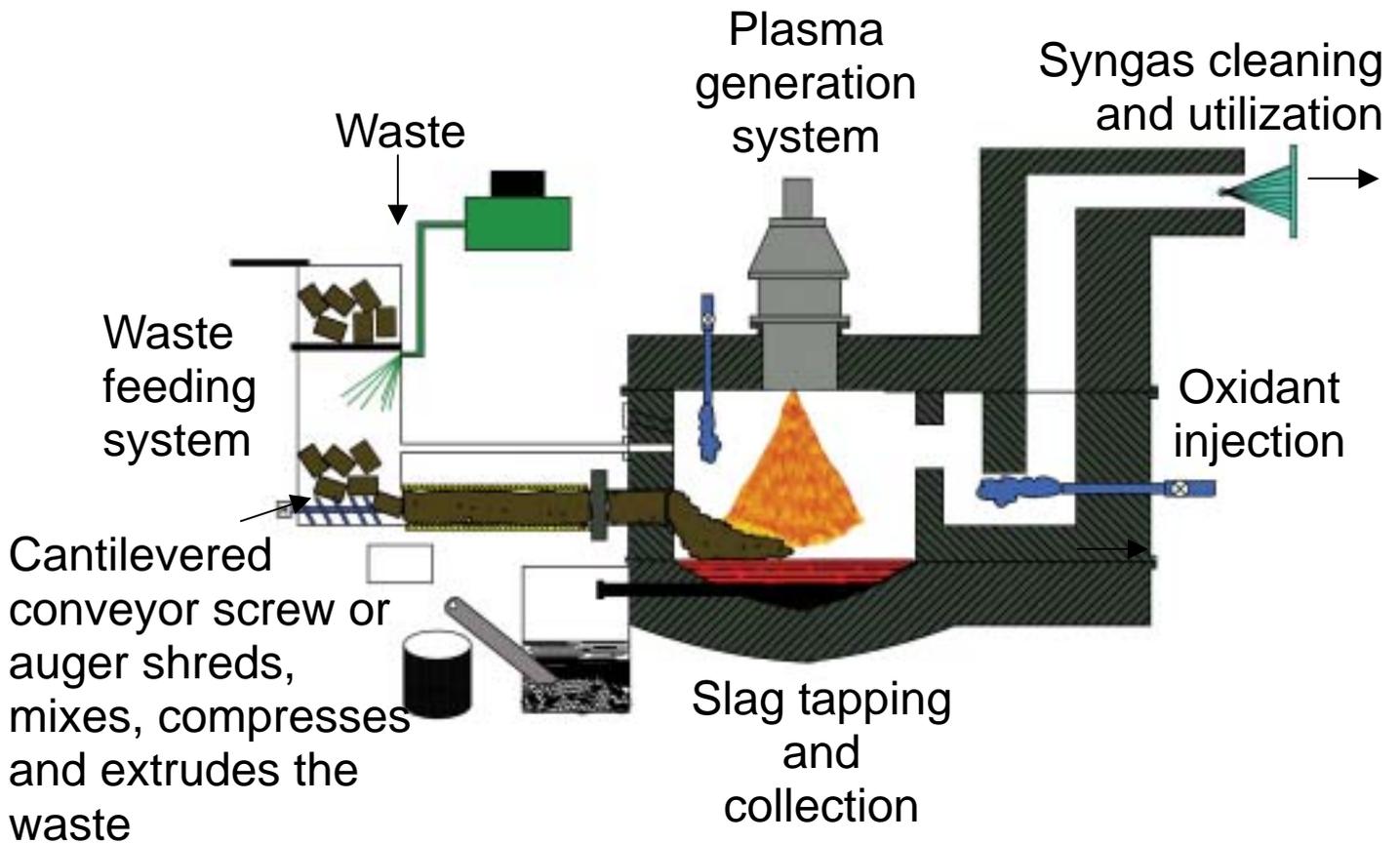
#### (1) 電漿熔融爐流程簡介：

以電漿電炬(Plasma Torch)瞬間產生高溫(3000 至 7000°C)同等於太陽表面或火山爆發時所產生之高溫，將所有廢棄物完全化成熔漿及產生可利用之高能量氣體二部分。產生高能量氣體的成分大部分是氫氣、甲烷及一氧化碳，可直接轉化成發電能源。而高溫熔化形成岩漿部分，回溫固化後成為堅硬瓷磚等建築用材料。整套電漿熔融廢棄物處理器主要設備包括高壓電源供應器、可噴出高溫氣流的電漿電炬、熔化廢棄物的反應槽及可提供電之發電機等。其流程示意圖如下：

#### 【1】電漿熔融爐一般流程示意圖：



【2】電漿熔融爐內示意圖：



【3】電漿熔融爐實廠平面佈置圖

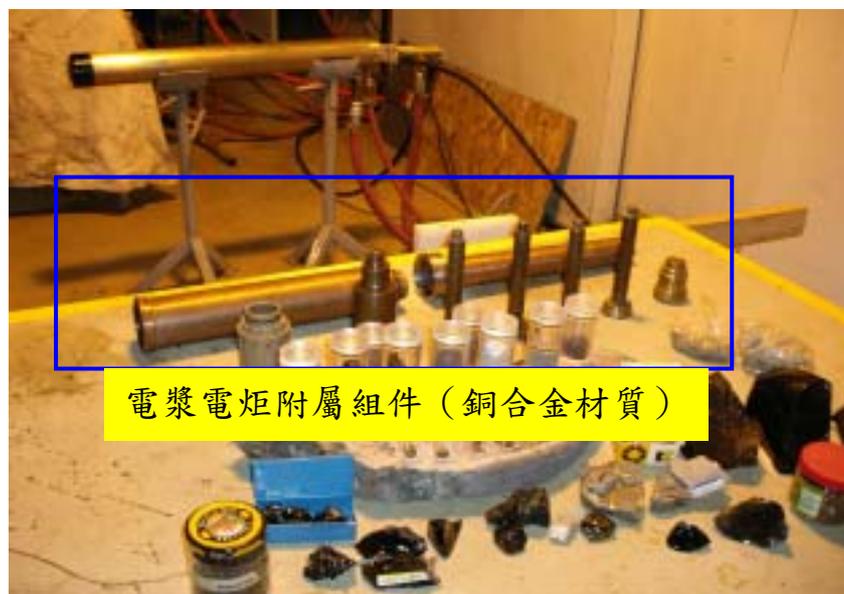
詳附件三。

(2) 電漿熔融爐核心技術電漿電炬(Plasma Torch)簡介：

電漿電炬外型結構如下圖所示：

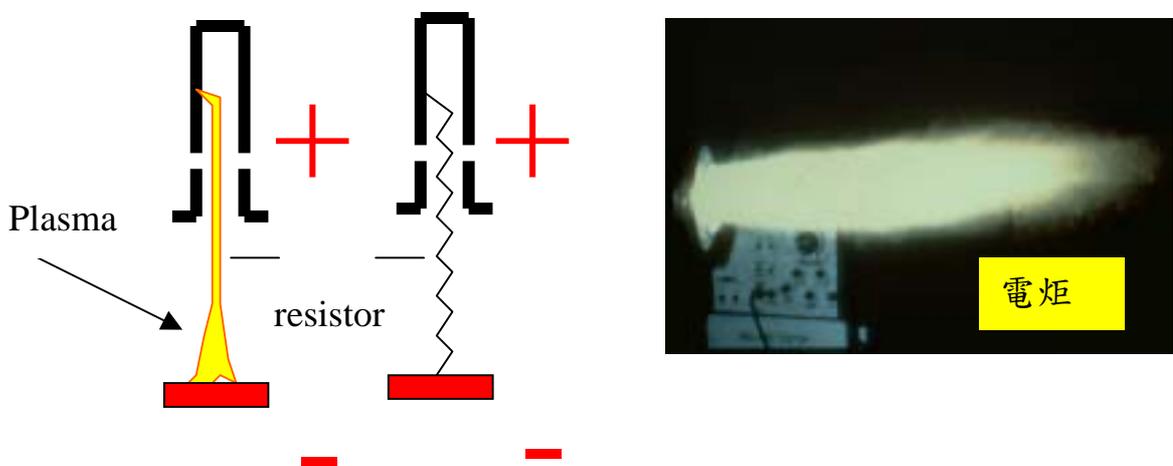


電漿電炬結構零組件如下各圖所示：

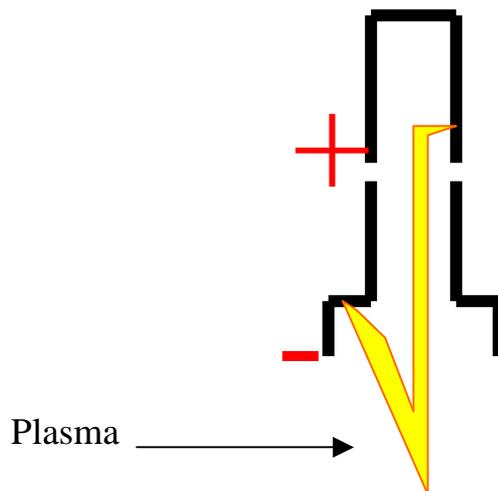


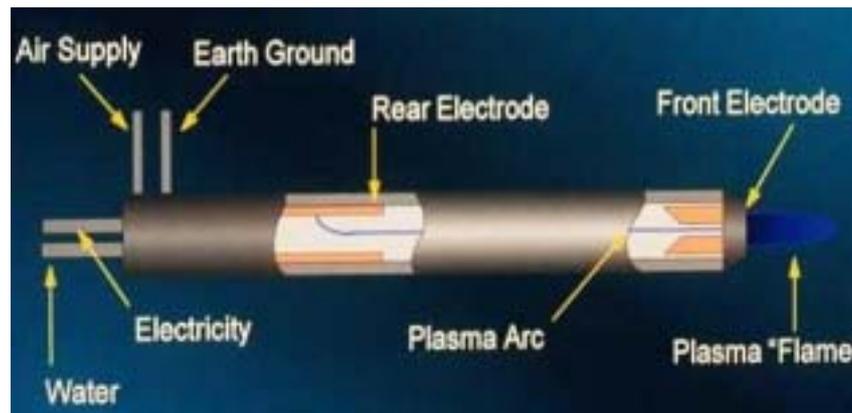
電漿電炬可分為二種型式：① Transferred Type ②

Non-Transferred Type。電漿電炬型式的選擇取決於熔融廢棄物之種類及爐體尺寸之大小；Transferred Type 電漿電炬使用於具導電性廢棄物質如：廢觸媒、廢電池、廢金屬等處理，其處理時 Transferred Type 電漿電炬借廢棄物質之導電性將電炬引導向下，藉此與廢棄物接觸使之熔融；Transferred Type 電漿電炬示意圖如下：



Non-Transferred Type 電漿電炬使用於不具導電性廢棄物質如：廢輪胎、廢醫療棄物等處理，Non-Transferred Type 電漿電炬示意圖如下：





電漿電炬的產生原理：係由高壓高電位放電下，如同打雷時光電反應，產生極高熱能與光；DC 電流引入電漿電炬(Plasma Torch)，將電流轉換成產生高溫高熱之電炬，其溫度可達 2000°C 或 7000°C，如同太陽表面熔岩高溫，如圖所示：



(3) 電漿熔融爐應用處理廢棄物領域：

電漿熔融爐已被廣泛應用處理下列各事業廢棄物：1.廢重五金(Heavy metals)2.放射性廢棄物(Radioactive wastes)3.工業污泥(Industrial sludges)4.都市下水道污泥(Municipal solid waste)5.電弧廢塵粒及飛灰(Electric arc furnace dust/fly ash)6.有機廢液及土壤(Liquid/solid organic wastes)7.廢印刷電路板(PCB'S)8.石棉(Asbestos)9.化學廢棄物(Chemical wastes)10.醫療廢棄物(Medical wastes)11.塑膠廢棄物(Plastics)12.廢輪胎(Used tires)13.含毒性廢棄土壤(Contaminated soil)14.焚化爐底灰(Incinerator ash)等。各類事業廢棄物經電漿熔融爐熔融離子化後產生穩定性高、無溶出性之玻璃熔渣，如下所示，但依熔融廢棄物之種類不同顏色有所不同：



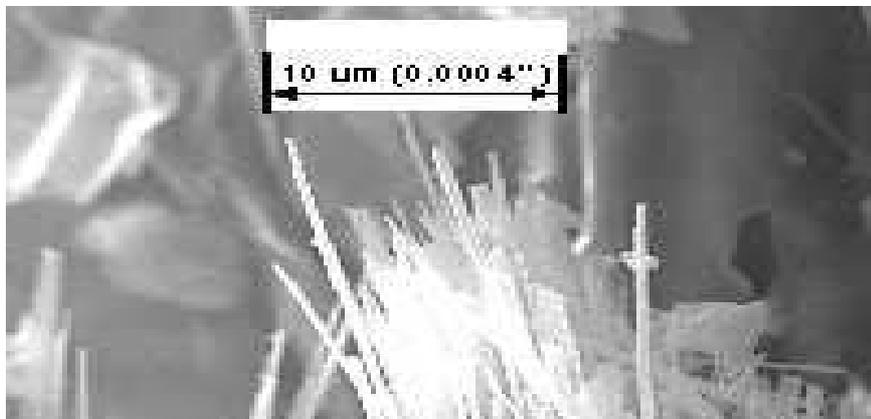
廢輪胎經電漿熔融爐處理後產生之離子化玻璃熔渣



廢印刷電路板經電漿熔融爐處理後產生之玻璃熔渣



石棉經電漿熔融爐處理後產生之離子化玻璃熔渣



高倍顯微鏡之下石棉離子化玻璃熔渣狀態



廢五金經電漿熔融處理後產生之離子化玻璃熔渣

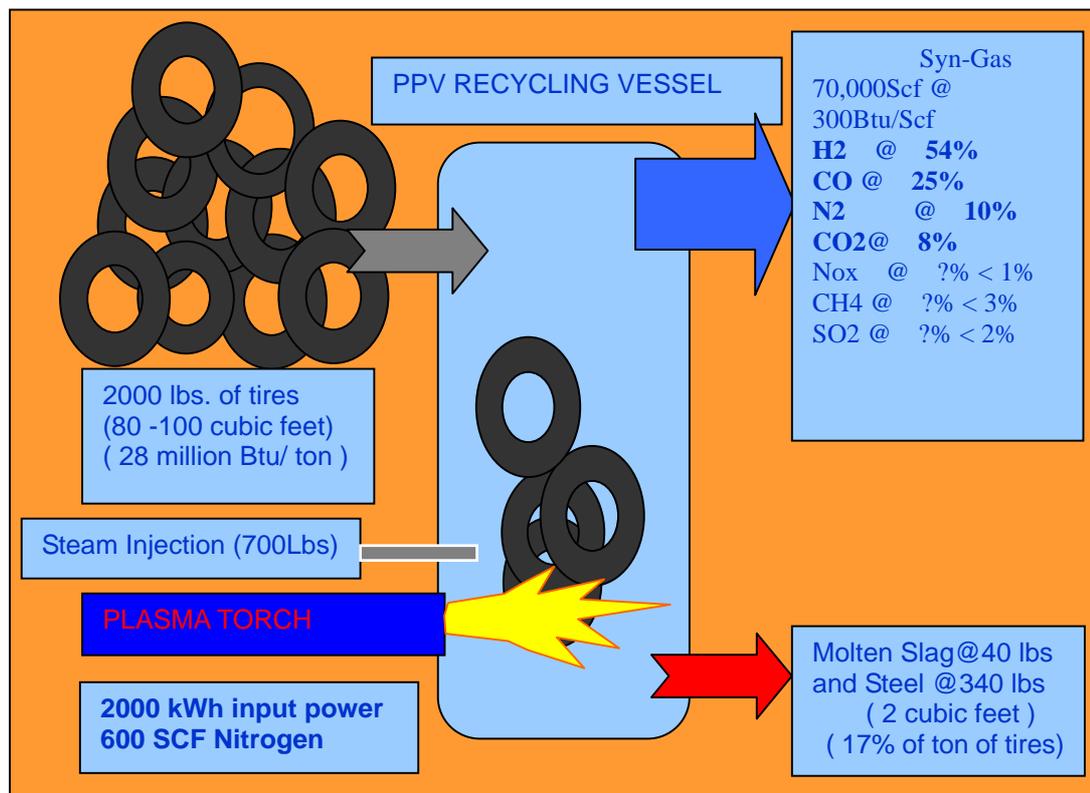
廢棄物經電漿熔融爐處理後，一般固體之體積大約縮減 20

至 70 倍左右，所有廢棄物熔融轉化成一為離子化穩定性高之固體玻璃熔渣如上圖所示，一為高溫合成氣體(Synthetic Gas)。

(4) 電漿熔融爐實廠操作分析：

電漿熔融爐應用於廢輪胎處理之分析

製程平衡圖：



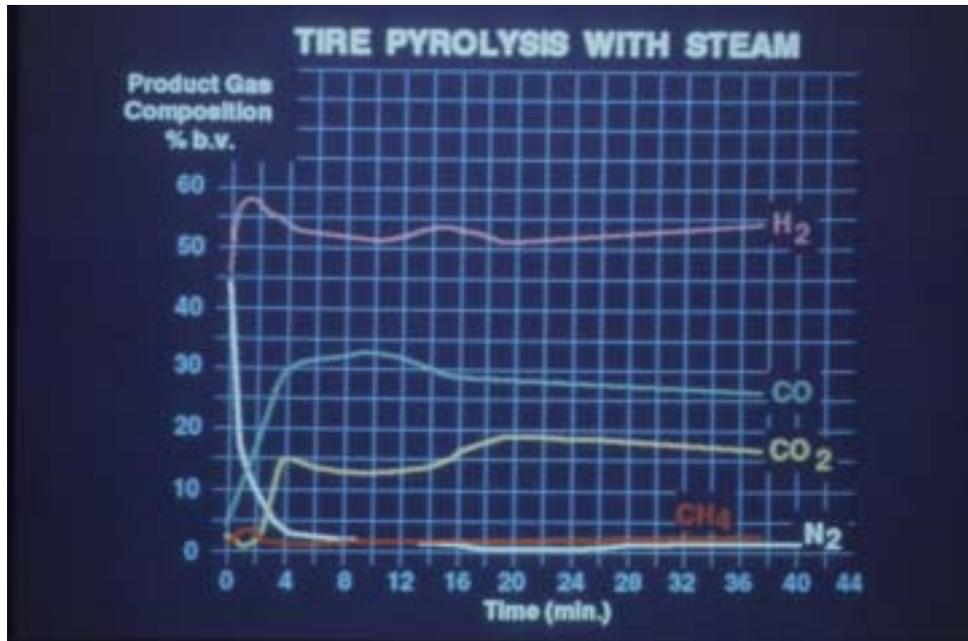
廢輪胎熔融後成為離子化玻璃熔渣，如下圖：



廢輪胎經電漿熔融爐處理後產生之離子化玻璃熔渣

合成氣體(Synthetic Gas)分析：

H<sub>2</sub> 54% ，CO 25% ，N<sub>2</sub> 10% ，CO<sub>2</sub> 8% ，other 3% ；合成氣體回收進入燃料氣系統，作為鍋爐燃料。



(5) 電漿熔融爐實廠經濟評估案例：

【1】電漿熔融爐處理廢觸媒回收金屬：

廢觸媒成份如下表所示：

組成	熔融前重量百分比	熔融後產物
SiO <sub>2</sub>	1.1%	熔渣
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	67.974%	熔渣
Na <sub>2</sub> O	0.310%	熔渣及氣態 Na <sub>2</sub> S
CuO	0.07%	銅合金
ZnO	1.02%	氣態鋅，於廢水處理過程回收
MnO	0.16%	錳合金
Na	0.23%	氣態 Na <sub>2</sub> O、N <sub>2</sub> S
NiO	4.49%	鎳合金
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2.02%	鈮合金

MoO <sub>3</sub>	16.85%	鉬合金
Fe	1.49%	鐵合金
As	0.241%	氣態，於空污系統去除
Pb	0.005%	氣態，於空污及廢水系統收集
C	1.41%	合成氣，CO、CO <sub>2</sub>
S	2.63%	與 Na、O <sub>2</sub> 結合以氣態存在

以連續性操作方式進行熔爐操作，並混以其他有機廢棄物(如：油泥)，提高電漿熔融爐碳含量以增加金屬回收成效；其合成氣為高潔淨度氣體，引導作為輔助燃料使用。

英國境內資源回收廠操作條件如下：

以每日 10 噸廢觸媒，混以每日 400 公斤重之有機性廢棄物處理，則可產生以下之副產品：

- ① 合成氣 (80% CO 含量)：40NM<sup>3</sup>/HR，熱值約 3,000Kcal/NM<sup>3</sup>。
- ② 重金屬合金：每噸回收 175 公斤合金(1.75 噸合金 /10 噸廢觸媒)，合金成份如下表：

成份	重量百分比
Fe	8.972%
V	6.456%
Ni	20.132%
Mo	63.414%
Mn	0.707%
Cu	0.319%

依 LME(London Metals Exchange)之 50% 計算，每日約可回收 150,000 元台幣之金額。

- ③ 熔渣：700Kg/每噸廢觸媒，符合 TCLP；被使用於

骨材、路材石、特殊用途紀念品、景觀雕塑、水泥拌料、環保磚、人行路鋪面、隔音牆、人工魚礁及再加工後可製成高經濟價值之微晶材料等應用。

**【2】RDS 廢觸媒試驗分析：**

利用電漿熔融爐試回收本公司 RDS 廢觸媒中之重金屬，其 RDS 廢觸媒主要成份如下：

成份	重量百分比
Al	43.1%
Ti	0.13%
V	38.5%
Ni	12.5%
Cu	0.075%
Zn	1.05%
Mo	3.97%

經電漿熔融爐處理其各重金屬於各系統製程中各含量分佈分析如下：

金屬成份	熔渣	濾袋(氣態)	洗滌	排氣
Al	2,530	211	2.73	0.0852
Ti	73.4	0.0521	0.0167	0.0212
V	86,000	0.331	1.92	0.408
Ni	24,700	30.5	263	0.224
Cu	1,980	1.14	2.87	0.914
Zn	126	24.5	2.56	1.78
Mo	7,830	0.364	0.253	0.00308

經電漿熔融爐初步處理產生之重金屬合金熔渣，此熔渣依據重金屬重量百分比不同，以不同價格販賣交於下游

廠家處理回收高純度單一金屬，此 RDS 廢觸媒熔渣市面流通價格約為 8.62 USD/Kg；經下游廠家利用電解方式提煉高純度單一金屬，其單一金屬市面流通價格依英國倫敦交易為：

金屬成份	價格(USD/Kg)
Ti/47	106.92
V/51	89.1
Ni/60	14.99
Cu/63	3.81
Mo/95	71.28
Al	1.607
Zn	1.317

經過一連串 RDS 廢觸媒之處理流程及電解提煉，可以發現當利用電漿熔融爐初步處理後所得附加經濟價值遠比後段再電解提煉來的少 8~12 倍利潤；依據本公司各類廢觸媒每年產生量約 7,300M<sup>3</sup>，美國 MultiTec Plasma LLC 及英國 Tetronics Limited 電漿熔爐設計公司建議設計一座每天處理量為 25 噸，連續操作方式處理並搭配本公司現有公用廢氣、廢水設備處理 Synthetic Gas。

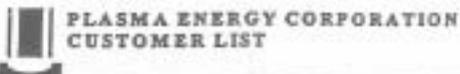
## 二、總結

電漿熔融技術已相當成熟，隨著大環境因素之變化及嚴格標準，此種技術將會是未來處理事業廢棄物之重心，目前本公司對此技術尚未引進，但未來廢觸媒處理之趨勢是否會自行就地處理並收回，則仍待法規之變更；對於事業廢棄物、焚化後之底灰及飛灰等之削減亦為目前世界各國(美國、英國、歐盟、日本及韓國)之大勢所趨，目前先進各國已採用電漿熔融爐作為削減各類廢棄物最終處理技術，並

回收地球上各項消耗待盡之貴重金屬。依據本公司每年約產生 7,300M<sup>3</sup> 廢觸媒、14,400 噸底渣及 10,000 噸飛灰等，此電漿熔融技術有助於本公司處理廢棄物並增加額外附加經濟價值(貴重金屬回收) 同時可降低各項需掩埋處理之廢棄物體積等，為因應配合未來之嚴格環保法規管制，此電漿熔融之技術具有極高發展之必要性。

本公司對於廢棄物處理方面之專業人員，尤其針對特殊有害等廢棄物之處理技術甚為迫切需要，即以未來從事規劃評估或自行設計等工作，如能早日了解及配合實務，必能對公司有更大的貢獻。

附件一 MultiTec Plasma LLC 銷售實績表

			
CUSTOMER	LOCATION	TECHNICAL DATA	
1.Royal Institute of Technology	Stockholm, Sweden	Research and Development for Mining & Steel Industry	150kW
2.Resorption Canada Ltd.	Ottawa, Ontario Canada	Research and Development, Slake Oil Recovery, Forest Product/Biomass Conversion	150kW
3.University of Idaho	Moscow, ID	Research and Development of Plasma Injection Ore Reduction	60kW 96kW
4.Ontario Hydro	Toronto, Ontario Canada	Research and Development	150kW
5.Georgia Power Co./Georgia Tech.	Atlanta, GA	Research and Development	96kW, 200kW
6.GTE Laboratories	Waltham, MA	Research and Development Reactive Metals	96kW
7.Hydro-Quebec	Shawinigan, Quebec, Canada	Research and Development, Mobile Unit	150kW 1.0MW
8.Mitsui & Co. Ltd.	Sendai, Japan	Research and Development	2.5MW
9.Mitsui & Co. Ltd.	Chiba, Japan	Ash Treatment	250kW
10.Electricite de France	Mont sur Loing, France	Ash Treatment	150kW
11.Alsac International	Jonquiere, Quebec, Canada	Research and Development	300kW
12.Chaparral Steel	Midlothian, TX	Research	400kW
13.First Miss Steel	Hollsopple, PA	Tundish Heating	2MW
14.Univ. of Sherbrooke	Sherbrooke, Quebec, Canada	Tundish Heating	1.5MW
15.Presur	Fregenal, Spain	Plasma Characterization	50kW
16.Bisnl SPA	Pieve Di Soligo, Italy	Iron Ore Reduction	250kW
17.Alsac International Limited	Jonquiere, Quebec, Canada	Zinc Recovery	250kW
18.Noranda	Montreal, Quebec, Canada	Aluminum Dross	2x1.5MW
19.Rio Doce America, Inc.	Belo Horizonte, Brazil	Titanium Sponge Production	150kW
20.Timet	Henderson, NV	Ore Processing, Research and Development	96kW
21.Leybold AG	Hannau, Germany	Vacuum Melting/Titanium	3x400kW
22.Leybold (Electron Beam Plasma)	Hannau, Germany	Vacuum Melting	650kW
23.Leybold (GKSS)	Germany	Pilot Production	200kW
24.Saarstahl, AG	Germany	Powder Metal Production	300kW
25.Nippon Steel	Völklingen, Germany	Tundish Heating	1.25MW
26.Graham Group	Nagoya Works, Japan	Tundish Heating	2x2.0MW
27.Plasma Processing	Yagoona, Australia	Tundish Heating	300kW
28.Plasma Processing	Millwood, W. VA	Aluminum R&D	750kW
29.Nucor Steel	Millwood, W. VA	Aluminum Dross	2x1.5MW
30.ITR	Norfolk, NE	Tundish Heating	1.0MW
31.PEAT	Poncha, S.A.	Chemical Synthesis	96kW
32.Mitsui & Co.	Huntsville, AL	Waste R&D	150kW
33.Mitsui & Co.	Honda, Japan	Ash Treatment	2x750kW
34.Mitsui & Co.	Matsuyama, Japan	Ash Treatment	2x1.5MW
35.Sumitomo Metals	Chiba, Japan	Ash Treatment	1.0MW
36.Lanzhou Steel	Kokura, Japan	Tundish Heating	1.2MW
37.Wuhan Iron & Steel	Lanzhou, China	Tundish Heating	1.0MW
38.Tianjin Steel Works	Wuhan, China	Tundish Heating	1.0MW
39.Baosteel	Tianjin, China	Ladle Heating	3.0MW
40.Baosteel	Shanghai, China	Tundish Heating	1.0MW
41.Baosteel	Shanghai, China	Tundish Heating	2x2.0MW

附件二 Tetronics Limited 銷售實績表(1/2)



plasma technology and processes

List

USER (LOCATION)	COMMISS- ION DATE	FURNACE TYPE	FEED TYPE	ELECTRICAL	
				Rated volts	Rated amps
CEKA – Germany	2003	SAPS Torch	Contaminated Sludge, Soils and Organics	600	2000
Tetronics – (R&D facility)	2002	TAPS Electrode/torch	Organic Wastes	300	1500
MHI- (Kouchi)	2001	SAPS Electrode (Twin start)	Fly Ash/Bottom Ash	550	5000
MHI- (Tsushima)	2001	SAPS Electrode (Twin start)	Fly Ash/Bottom Ash	500	4300
HZ – (Hitachi City)	2000	TAPS Electrode	Fly Ash / Bottom Ash	400	2200
MHI – (Iwaki)	2000	SAPS Electrode (Twin start)	Fly Ash / Bottom Ash	500	5500
TAKUMA – (Sapporo)	2000	SAPS Electrode (Twin start) Two Furnaces	Fly Ash / Bottom Ash	450	9000
HZ KAMO – (Kamo City)	1999	TAPS Electrode	Fly Ash / Bottom Ash	400	3500
Tetronics – (R&D Facility)	1999	TAPS Electrode/torch	Inorganic Wastes	250	1200
TAKUMA (Takasago)	1998	SAPS Electrode (Twin start)	Fly Ash / Bottom Ash	400	3600
USA	1998	SAPS Electrode	Electric Arc Furnace Dust	350	1000
KOBE – (Kobe)	1996	TAPS Electrode	Fly Ash / Bottom Ash	200	1000
USA	1996	SAPS Electrode/ torch	Assorted Waste	500	600
MHI – (Tsushima)	1995	SAPS Electrode (Twin start)	Bottom Ash	350	2600
MSE Inc - USA	1995	TAPS Electrode/torch	Mixed Wastes	400	1200
CDA - France	1994	SAPS Electrode	Assorted Waste	600	800
HZ – (Maizuru)	1994	TAPS Electrode	Fly Ash / Bottom Ash	300	1500
INASMET – Spain	1994	SAPS Electrode	Organic Waste	200	800
TAKUMA – (Takasago)	1994	SAPS Electrode (Twin start)	Fly Ash / Bottom Ash	300	1500
TSK – (R&D Centre, Ichikawa)	1994	TAPS Torch	Fly Ash / Bottom Ash	600	1000

## 附件二 Tetronics Limited 銷售實績表(2/2)



plasma technology and processes

### Sales Continued

EA Technology - UK	1993	SAPS Electrode	Asbestos Waste	200	1500
IBARA SOKEN - (Fujisawa)	1993	TAPS Electrode / torch	Ash	200	600
MHI - (Yokohama)	1992	SAPS Electrode (Twin start)	Boltorn Ash	200	1900
Mulders - Italy	1992	SAPS Electrode	Electric Arc Furnace Dust	350	2250
Plazmat - USA	1990	SAPS Electrode	Zinc Containing Waste	400	1300
Alco - USA	1989	SAPS Electrode	Aluminium Dross	200	500
Florida Steel - USA	1989	SAPS Electrode	Electric Arc Furnace Dust	400	6300
Marville - USA	1989	TAPS Torch	Glass Waste	300	800
Pressur - Spain	1989	SAPS Electrode	Electric Arc Furnace Dust	450	7000
British Steel - UK	1988	SAPS Electrode	Argon, Oxygen, Decarburisation Dust	400	8000
Transpak - India	1988	SAPS Electrode	Brass/Zinc Dross	400	5000
Centra - Spain	1987	SAPS Torch	Electric Arc Furnace Dust	200	750
Multimetco - USA	1983	SAPS Torch	Autocatalyst	600	3000

SAPS – Single Arc Plasma System

TAPS – Twin Arc Plasma System