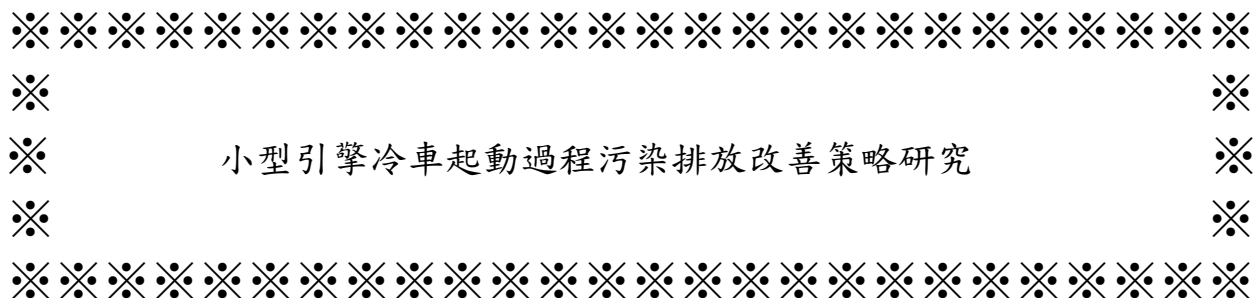


# 行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告



小型引擎冷車起動過程污染排放改善策略研究

計畫類別：個別型計畫    整合型計畫  
計畫編號：NSC 90-2212-E-168-012-  
執行期間：90 年 8 月 1 日 至 91 年 7 月 31 日

計畫主持人：洪榮芳

共同主持人：

計畫參與人員：蔡震華 陳健民 周文河 王國佑 李宗龍

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：崑山科技大學

中華民國 91 年 9 月 8 日

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

小型引擎冷車起動過程污染排放改善策略研究

## Investigation of Emission Improvement Strategy for a Small Engine during Cold Start Process

計畫編號：NSC 90-2212-E-168-012

執行期限：90年8月1日至91年7月31日

主持人：洪榮芳 崑山科技大學機械工程系

計畫參與人員：蔡震華 陳健民 周文河 王國佑 李宗龍  
崑山科技大學機械工程系

### 一、中文摘要

本計畫針對機車引擎冷車起動的暫態過程進行研究，目的在於探討污染排放控制策略，降低機車引擎在冷車怠速的污染排放，以建立國內在此一方面的研發能力，並提升此方面的相關技術。

實施方法係將預熱式觸媒轉化器應用於機車引擎冷起動過程中，探討排氣加熱溫度及排氣中CO設定濃度對於排氣溫度及污染排放的影響。實驗的設定加熱溫度範圍包括排氣未預熱、100℃、140℃及180℃等，以觸媒出口的排氣溫度作為迴授訊號；混合氣濃度係以未反應觸媒出口的CO排放濃度來表示，分別為1.0%、1.3%、1.8%及2.3%等。

由實驗結果得知，加熱器置於觸媒中段的加熱方式，觸媒出口溫度上升較快；但加熱器置於觸媒前端者，其整體反應效果較佳。而最佳反應的排氣加熱溫度為180℃附近，CO濃度設定在2.0%左右可獲得最佳反應效果。

**關鍵詞：**機車引擎、冷車起動、預熱式觸媒轉化器

### Abstract

The transient cold-start process of a motorcycle engine was studied in this project. The main objective is to find the ways to reduce the exhaust emissions of engine. In addition, to promote the domestic research ability is another aim of this project.

Pre-heating the catalyst to achieve the earlier reaction is the method used in this study. The studied parameters were heating temperature and CO setting levels. The heating temperature included raw temperature, 100°C, 140°C and 180°C. CO levels were set as 1.0%, 1.3%, 1.8% and 2.3% respectively.

The experimental results showed that the outlet temperature of catalyst rise faster when the heaters are positioned at the mid-section of catalytic converter. However, when the heaters are located at the inlet of catalyst, the whole conversion efficiency could be obtained. The best pre-heating temperature is near 180°C. Furthermore, CO level set about 2.0% could have the best reaction.

**Keywords:** Motorcycle engine, cold start, pre-heated catalytic converter

### 二、緣由與目的

我國機車產量居世界第四位，並將於2004年起的第四期污染法規開始實施冷車起動的污染測試模式。我國現行的空氣污染防治法規，在機車部份仍為熱車測試，即機車引擎在起動之後先以定速行駛暖車之後，再進行污染排放的取樣測試。引擎在冷車起動及暖車期間，因為引擎及觸媒轉化器均未達工作溫度，極易因燃料揮發不良與油氣混合不佳而造成燃燒不完全，導致嚴重的引擎污染排放。所以冷車起動污染測試模式的實施，勢必將引起國內機車技術的一大衝擊，亦將為業者帶來更嚴格的挑戰。

由於我國目前機車污染排放法規仍採熱車起動測試，在冷啟動方面的研究仍很缺乏。國內杜啟綸等人[1]曾針對機車引擎在冷起動之的情轉狀況及ECE-40行車型態的污染排放進行研究；Boam等人[2]針對汽車引擎冷起動及暖車過程中碳氫化合物的來源進行探討；Ludykar等人[3]則分別在環境溫度22℃、-7℃及-20℃等狀況下，探討三元觸媒轉化器汽車的冷起動污染排放特性；Umehara等人[4]探討冷車起動的污染排放，以點火角度的延後使排氣溫度升高，藉以使未燃氣在排氣管中再反應，以降低排氣污染。Joumard等人[5]以小引擎探討多種行車型態(Driving patterns)對於冷車與熱車污染排放的影響，發現引擎的污染排放受到冷車起動影響的里程超過3.5公里以上。Lafyatis等人[6]則針對使冷車快速升溫的方法進行研究，他們所採用的方法是提高排氣中CO濃度的排放，使排氣溫度快速提升，因為CO的氧化放熱可促進觸媒轉化器的快速升溫。Kirchner等人[7]則發展出一套數學模式來研究觸媒轉化器的冷車啟動特性，在計算結果中提供了相關幾何尺寸及加熱控制策略。Bissett等人[8]亦建立一套電腦模式，來模擬加熱式觸媒轉化器，結果發現在各種設計尺寸下均有其最佳的加熱器設計尺寸。洪榮芳等[9]則針對二、四行程機車引擎暫態過程，包括冷車起動、加速及減速過程等的排氣特性及改善方法進行初步探討。

本研究主要係針對機車引擎於冷起動怠速運轉狀況下，控制觸媒轉化器的溫度，使之於冷啟動時的溫度迅速提升，促使觸媒轉化器快速達致正常

轉化效果，以達到降低污染排放的目的。實驗配置如圖 1、排氣管觸媒轉化器的修改安裝如圖 2 所示、觸媒轉化器的加熱位置及溫度量測點如圖 3 所示。

### 三、結果與討論

為測試 CO 設定濃度對於觸媒轉化效果的影響，特別以 1.0%、1.5%、2.0%、3.0% 及 4.0% 等五種不同的 CO 濃度，配合 96W 的加熱功率，啟動 C 加熱塞，觸媒轉化器預熱溫度為 140°C 及 200°C，進行初步探討，分別如圖 4 及圖 5 所示。由圖 4 的 CO 濃度的變化可知，除 CO 濃度為 1.0% 及 1.5% 的反應時間較慢，CO 濃度在 2.0% 以上者則較快速產生作用。但在觸媒產生反應前，CO 濃度為 4.0% 者，其濃度高出 CO 濃度為 1.0% 者，在觸媒反應前也因此製造出更多污染，而且 CO 在 2.0% 以下者，於觸媒產生反應之後，其 CO 濃度都在 0.1% 以下，但 CO 濃度為 3.0% 及 4.0% 者，觸媒產生反應之後，其 CO 濃度都在 0.4% 附近，由此可見，若欲以較濃的混合氣促使快速達到觸媒轉化的溫度，基於減少污染排放的考量，CO 設定值應適當化。圖 5 所示者為觸媒轉化器預熱溫度 200°C 的情況，與圖 4 者相互比較，可以看出兩者觸媒開始反應的溫度相近，反應時間則較為提前，但基本上兩者的趨勢是相當接近的。

圖 6 及圖 7 所示為設定 CO 值 1.0%，加熱塞位置為 C+D 的排氣溫度及 CO 排放濃度與時間的關係圖，raw 為未加熱的曲線。圖 6 所呈現者為觸媒轉化器出口排氣溫度，因為觸媒預熱的回授訊號取自此一溫度，故排氣溫度只要低於該設定溫度值，加熱裝置立即啟動。由此圖中可以看出溫度的變化，觸媒未加熱者，溫度的變化亦相當緩慢，最高溫也只達到 120°C 左右。加熱溫度設定在 100°C 以上者，引擎由冷起動開始，可以發現排氣溫度均快速上升，而且設定排氣加熱溫度越高，排氣溫度也越高，溫度隨時間呈波浪狀的變化；加熱溫度在 140°C 以下者，溫度峰值隨時間呈逐漸降低的趨勢，最終則各自趨向一穩定值；設定溫度為 160°C 及 180°C 者，溫度峰值則呈越來越高的趨勢。此一現象所代表的意義是，在引擎冷起動之初，排氣管各處溫度均很低，設定溫度越高，可藉由加熱塞所提供的熱量使觸媒維持在反應溫度以上，加熱塞所提供的熱量越多，觸媒所累積的熱量也越多，等到熱量累積超過臨界值，觸媒即不需藉助加熱器即可自行反應。在本實驗的測試時間範圍內，CO 濃度為 1.0% 者顯然並未達到此一臨界狀況。圖 7 為觸媒出口 CO 排放濃度隨時間的變化，由圖中可知，觸媒未加熱者，在冷車增濃階段過後，CO 濃度即維持在所設定的 1.0%；加熱溫度設定在 100°C 以上者，CO 排放均有明顯的降低，但亦隨著觸媒溫度的高低而呈波浪狀的變化，但是，設定加熱溫度低於 140°C 者，時間到達 650 秒之後，CO 濃度即不再變化，就維持在 1.0% 的值；設定加熱溫度為 160°C 及 180°C 者則分別於 700 秒及 720 秒之後，CO 濃度趨於水平的穩定值。

圖 8 及圖 9 為設定 CO 值 2.3%，加熱塞位置

為 A+B 的排氣溫度及 CO 排放濃度與時間的關係圖，未加熱的狀況，於阻風器關掉之後，CO 排放濃度即維持在約 2.3% 的穩定值。在 100°C 曲線中，加熱器切斷電源之後，因為仍未達觸媒反應溫度，故 CO 排放濃度在初步下降之後又再度上升。另外在 140°C 及 180°C 曲線，由於加熱器切斷電源時排氣溫度已達觸媒反應溫度，而且由於加熱器裝置於觸媒最前面，使加熱後的排氣能夠通過整個觸媒轉化器，故自 200 秒開始即有良好的反應。圖 10 及圖 11 設定 CO 濃度同為 2.3%，加熱塞位置為 C+D 狀況下，排氣溫度及排放 CO 濃度與時間的關係圖，由圖中可知，溫度上升速率比 A+B 者大，但因為經由加熱器加熱後的排氣並未通過全部觸媒轉化器的表面積，整體而言，CO 的轉化效果卻不如 A+B 者。綜合圖 8 至圖 11 可得，C+D 加熱方式的觸媒出口溫度上升較 A+B 者快；但觸媒反應效果則 A+B 者較佳。另外可知，最佳的設定排氣加熱溫度為 140°C~180°C 之間。

圖 12 為加熱器位置在 C+D 時，不同 CO 設定濃度及加熱溫度對平均 CO 排放的關係，由圖可知，設定溫度越低，則 CO 排放濃度越高，而在設定溫度為 180°C 時，不同設定 CO 濃度均能達到約 0.8%~1.0% 的 CO 排放濃度。圖 13 為加熱器位置在 C+D 時，不同 CO 濃度及設定溫度對於平均 CO 轉化效率的關係。由圖中可知，隨著設定溫度的增加，在不同 CO 設定濃度下，CO 轉化效率均隨著溫度的上升而明顯提高。

圖 14 所示加熱位置為 A+B、不同的設定排氣加熱溫度下，最大排氣溫度與 CO 設定濃度的關係，由圖中可明顯看出，CO 設定濃度越大，觸媒出口排氣溫度越高。

圖 15 為各種設定排氣加熱溫度下，加熱次數與設定 CO 濃度的關係。加熱次數越多，即表示排氣系統對於熱量的需求越多。如圖所示，CO 設定濃度越高，加熱器開啟的次數越少，此即表示 CO 濃度越高，經由加熱器預熱之後，未燃氣的大量反應熱使觸媒維持在反應溫度之上；較低 CO 設定濃度，則因為反應熱不敷熱量的散失，故觸媒很快下降至低於反應溫度，而且設定排氣加熱溫度越高，越快達到啟動加熱器的設定溫度，此即為加熱次數較多的原因。在相同的設定 CO 濃度下，較高的設定排氣加熱溫度有較多的加熱次數。另外在相同的設定排氣加熱溫度狀況下，較濃的設定 CO 濃度以較少的加熱次數即可使排氣溫度保持在設定加熱溫度之上。

本研究可獲得結論為，加熱器置於觸媒中段的加熱方式，觸媒出口溫度上升較快，但整體性的反應效果較差；但加熱器置於觸媒前端者，其整體反應效果較佳，反應速率卻較慢。而最佳反應的排氣加熱設定溫度約為 180°C，CO 濃度設定在 2.0% 左右則可獲得最佳反應效果。

### 四、成果自評

本計畫針對小型引擎冷起動過程的污染改善進行研究。計畫執行之初，分別由進氣的燃燒改善

與排氣的污染改善進行評估，發覺由排氣後處理的觸媒轉化器預熱方式，對於冷車污染排放的改善效果較為直接且明顯，故本計畫即採觸媒轉化器預熱方式，進行引擎冷起動污染的改善研究。經由多方面的實驗研究，可以發現有多種方向可使觸媒轉化器溫度快速提升，並快速達到觸媒轉化的效果。

在目標達成方面都已依照計畫所訂目標進行完成，並分別於兩個研討會發表三篇文章[10-12]，一篇投稿於國外期刊[13]，一篇投稿於國內機械工程研討會[14]，而且提出兩個專利申請案，一個已公告期滿[15]、一個公告中[16]，另外，計畫的其他成果亦正準備投稿於相關學術期刊。

本計畫的重要成果為，針對小型引擎的觸媒轉化器的研究，找到適當的加熱方式，使得觸媒轉化器於冷起動期間即能迅速達到作用溫度，有效降低冷起動期間引擎的污染排放。

## 五、參考文獻

[1] 杜啟綸，盧昭暉，王美文，莊訓城，吳盛忠，陳雄文，機車冷起動對污染排放之影響。高雄市，第六屆海峽兩岸環境保護研討會，pp. 802-807，民國八十八年。

[2] Boam, D.J., Finlay, I.C., Bilddulph, T.W., Ma, T.A., Lee, R., Richardson, S.H., Bloomfield, J., Green, J.A., Wallace, S., Woods, W.A. and Brown, P., The sources of unburnt hydrocarbon emissions from spark ignition engines during cold starts and warm-up. Proc. Instn. Mech. Engrs., Part D: Journal of Automobile Engineering. Vol. 208, pp.1-11 (1994).

[3] Ludykar, D., Westerholm, R. & Almen, J., Cold start emissions at +22, -7 and -20°C ambient temperatures from a three-way catalyst (TWC) car: regulated and unregulated exhaust components. The Science of the Total Environment, Vol. 235, pp.65-69 (1999).

[4] Umehara, K., Tateishi, T., Nishimura, H. and Misumi, M., HC reduction system for cold start and warm-up phases-Improvement of catalyst warm-up by retarded ignition. JSAE Review (Technical Notes), Vol.18, pp. 67-68 (1997).

[5] Joumard, R., Andre, M., Vidon, R., Tassel, P. and Pruvost C., Influence of Driving Cycles on Unit Emissions from Passenger Cars, Atmospheric Environment, Vol.34, pp. 4621-4628 (2000).

[6] Lafyatis, D.S., Ansell, G.P., Bennett, S.T., Frost J.C., Millington, P.J., Rajaram, R.R., Walker, A.P. and Ballinger, T.H., Ambient Temperature Light-off for Automotive Emission Control, Applied Catalysis B: Environmental Vol. 18, pp. 123-135 (1998).

[7] Kirchner, T. and Eigenberger, G., Optimization of the Cold-Start Behavior of Automotive Catalysts Using an Electrically Heated Pre-catalyst, Chemical Engineering Science, Vol.51, No.10, pp. 2409-2418 (1996).

[8] Bissett, E.J. and Oh, S.H., Electric Heated Converters for Automotive Emission Control: Determination of the Best Size Regime for the Heated Element. Chemical Engineering

Science, Vol. 54, pp. 3957-3966 (1999).

[9] **洪榮芳**，周煥銘，陳俊維，黃仁昭，陳靖杰，徐振雄，吳建發，機車引擎暫態過程污染排放研究，第十六屆技職研討會，花蓮市，民國九十年四月十八日。

[10] **洪榮芳**，周煥銘，王國佑，周文河，蔡震華，陳健民，李宗龍，觸媒轉化器對於機車引擎冷起動污染改善之研究，第六屆車輛工程學術研討會，桃園縣，pp.129-135，2001年10月。

[11] **洪榮芳**，周煥銘，蔡震華，陳健民，周文河，王國佑，李宗龍，電熱式觸媒轉化器於四行程機車引擎冷車怠速之溫度及污染特性研究，2002 中華民國燃燒學會/民航學會/航太學會學術聯合會議論文集，高雄市，pp. 49-56，2002年3月。

[12] **洪榮芳**，周煥銘，陳健民，王國佑，周文河，蔡震華，李宗龍，進氣溫度及增濃油量對於機車引擎冷起動特性影響研究，2002 中華民國燃燒學會/民航學會/航太學會學術聯合會議論文集，高雄市，pp. 533-540，2002年3月。

[13] **Rong-Fang Horng** and Huann-Ming Chou, Transient Behavior of Electrically Heated Catalytic Converter on a Motorcycle Engine during Cold-Start Condition (Submitted to Journal of Automotive Engineering).

[14] **洪榮芳**，周煥銘，許天秋，林智鉉，江松桓，楊宗陵，黃永嘉，吳銘仲，林億銘，預熱式觸媒轉化器於四行程機車引擎冷起動污染排放影響研究(投稿於第十九屆機械工程研討會)。

[15] **洪榮芳**，周煥銘，蔡震華，陳健民，王國佑，周文河，李宗龍，蓄熱式觸媒轉換器(專利公告期滿)。

[16] **洪榮芳**，周煥銘，蔡震華，陳健民，王國佑，周文河，李宗龍，汽機車引擎氣流預熱裝置(專利公告中)。

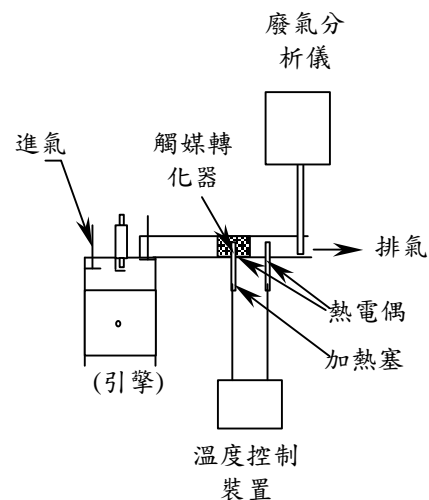


圖 1 實驗配置圖

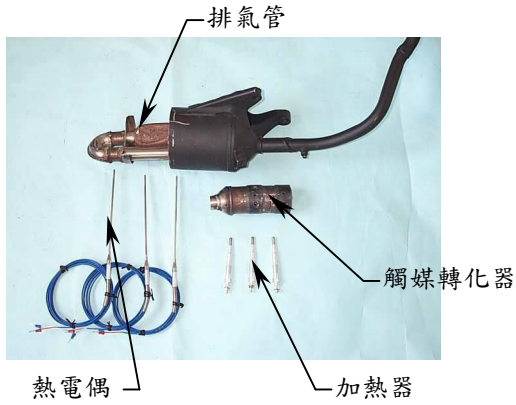


圖 2 觸媒排氣管修改後加熱器及熱電偶的  
施工剖開圖

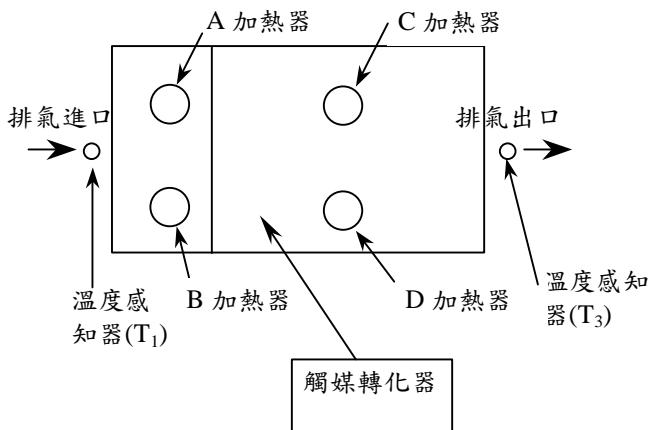


圖 3 觸媒轉化器加熱器位置及熱電偶的  
量測點

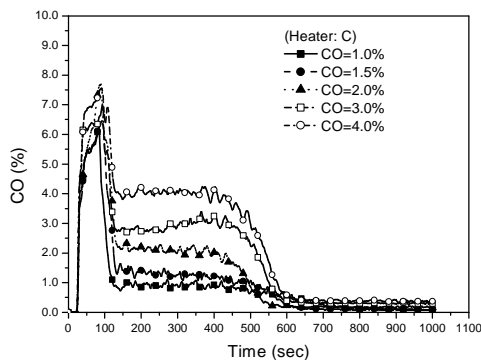


圖 4 CO 設定值對於排氣之反應特性測試  
(加熱功率：96W，排氣加熱溫度：140°C，  
加熱位置：C)

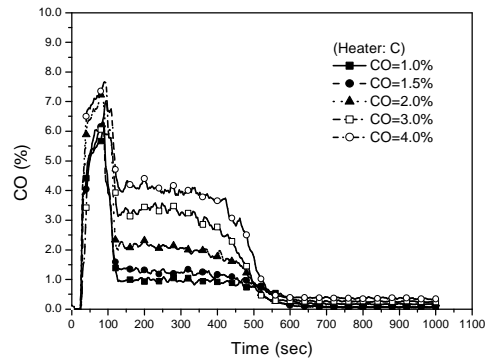


圖 5 CO 設定值對於排氣之反應特性測試  
(加熱功率：96W，排氣加熱溫度：200°C，  
加熱位置：C)

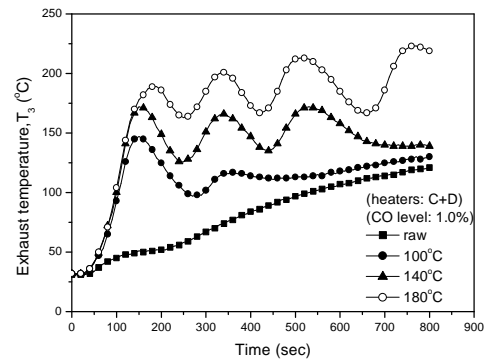


圖 6 排氣溫度與時間的關係(heaters:C+D)

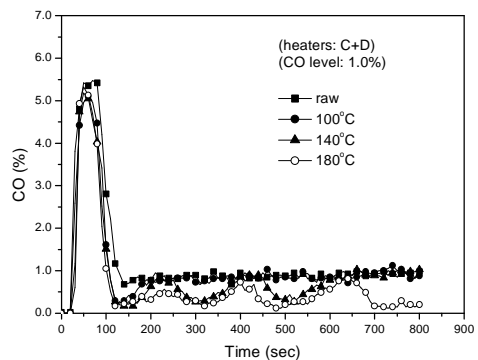


圖 7 CO 排放濃度與時間的關係(heaters:C+D)

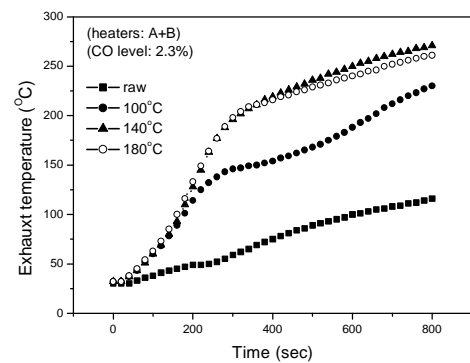


圖 8 排氣溫度與時間的關係(heaters:A+B)

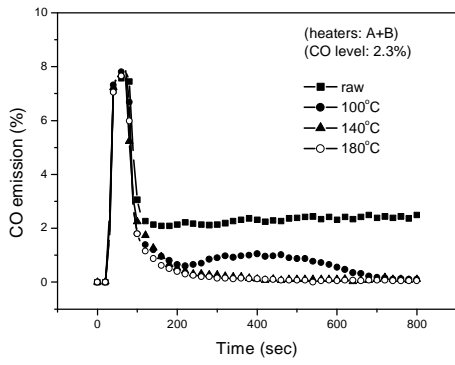


圖 9 CO 排放濃度與時間的關係(heaters:A+B)

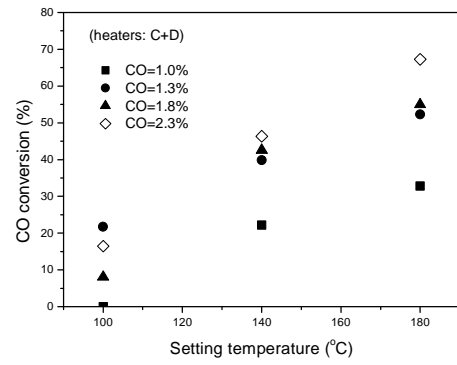


圖 13 排氣 CO 轉化效率與設定排氣加熱溫度的關係(heaters: C+D)

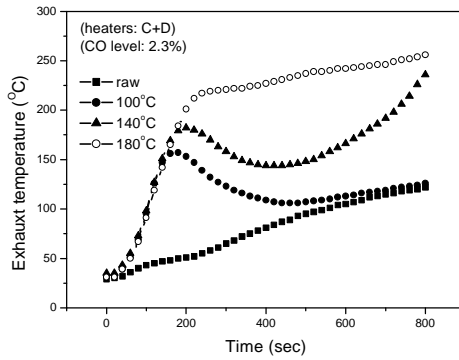


圖 10 排氣溫度與時間的關係(heaters:C+D)

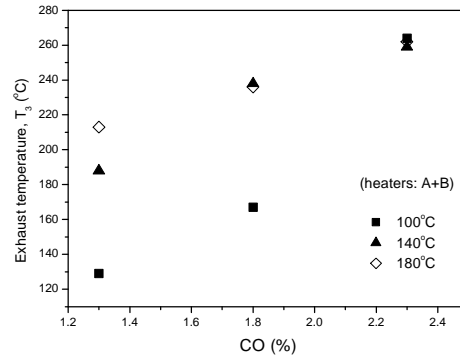


圖 14 最高排氣溫度與設定 CO 濃度的關係(heaters: A+B)

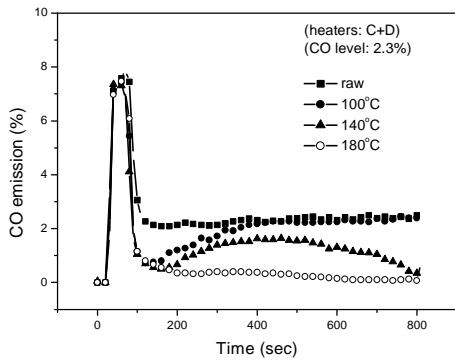


圖 11 CO 排放濃度與時間的關係(heaters:C+D)

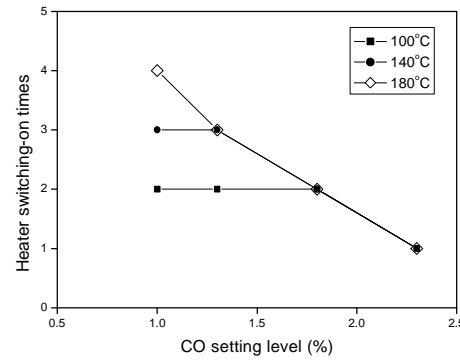


圖 15 加熱次數與 CO 設定值的關係(heaters: C+D)

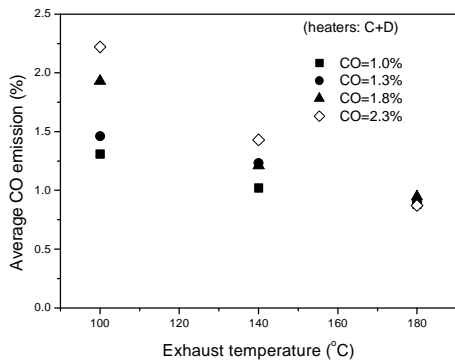


圖 12 CO 排放濃度與設定排氣加熱溫度的關係(heaters: C+D)