

## 茂順密封元件科技股份有限公司

### 高迴油率曲柄軸油封開發計畫

#### 計畫目標

曲柄軸中之旋轉式軸承，需要密封套件隔離空氣與潤滑油，因為軸承並非處於靜止狀態，其密封套件要求自然比一般高；為此現今國內的曲柄軸油封，都附有迴油溝設計，因應使用環境的不同，設計各類型迴油溝來達到密封效果；而實驗結果也顯示配置迴油溝可確實提升密封元件迴油能力，且迴油效果遠大於傳統油封唇部微小紋路所造成的迴油效果。因此本計畫將針對曲柄軸油封之迴油溝進行開發。迴油溝本身因應軸旋轉方向的不同，分為順時針、逆時針以及雙向設計，通常以放電加工方式在模具上製作迴油溝形狀，經加硫後與密封元件唇部合為一體成形設計。本計畫改良現有之單向迴油溝，計畫目標在於開發高迴油率曲柄軸油封並申請專利。

#### 執行成果

由於本公司既有迴油溝設計，均由國外授權或技術生產指導，因此本計畫以本公司現今迴油能力最佳之 TCL 曲柄軸油封為基礎，以電腦輔助分析軟體 FEA 軟體 Marc®及 CFD 軟體 CFD-RC®進行模擬預測，輔以動態測試比對驗證設計之正確性及性能提升率，並開發新型耐磨耗材料，確立新型曲柄軸油封功能提升，達到自行設計開發之成效。經由電腦輔助分析及動態測試結果，本公司已成功開發出一新型高迴油率迴油溝設計，並成功運用於曲柄軸油封上。

#### 新產品簡介

新型高迴油率曲柄軸油封針對迴油溝部分加以改良，以 TCL 為基本型構，於原先的斜紋狀迴油溝中加入轉折設計，由數值模擬及動態測試結果顯示，在各轉速下都能確實提升迴油率，且皆達到預期的提升 30% 效果。

#### 技術合作單位及合作內容

由溫志湧教授總籌規劃在大葉大學成立一密封元件研發實驗室，利用大葉大學豐富的人力資源與研發設備，支援茂順密封元件科技股份有限公司進行技術研發；由計劃共同主持人楊安石老師主持曲柄軸油封接觸油膜 CFD 模型分析，利用 CFD 軟體 CFD-RC® 模擬高迴油率曲柄軸油封接觸油膜流場與壓力場，並探討迴油溝的機制暨其對產品性能的影響。以曲柄軸油封 TCL 36\*52\*10 為研究基礎，針對其迴油溝形式進行模擬，研究其迴油物理機制，找出設計關鍵；利用 CFD-RC® 設計高迴油率迴油溝，並於電腦進行實際操作模擬，由模擬迴油率結果判斷優劣性。將模擬所得的迴油量與本公司動態測試所得結果作比較，更進一步掌握密封機制。

#### 成果應用領域

##### 1. 自行設計研發，提昇密封產業的國際競爭力

目前國內業者生產的領域上侷限在國外廠商技術支援，現階段對於曲柄軸油封的生產技術只是著重於製造技術，對於技術研發高迴油率的曲柄軸油封並未加以深入。主要的因素在於對於產品能力的 Know-Why 認知不足，在不斷的 Trial and Error 情況下，造成開發時間長及成本高的不利情形，導致技術研發裹足不前。然而本公司不斷提升研發團隊能力，仿效歐美國家研發趨勢，積極與學術界進行合作方案，吸收技術之專業人才，不斷擴充研發實力，在密封機制的 Know-Why 已超過國內業者，與國外廠商間的技術交流頻繁。本公司開發出高迴油率的曲柄軸油封及其相關產品之後續各項研發技術，並導引下游廠商朝向精緻化及差別化之成品方向發展，加速我國密封產業成為亞太地區高品質、新機能之密封產業研發設計中心為目標。本計畫的技術開發，使我國正式邁入密封產業的設計開發國，且可帶動國內密封產業競爭性，使國內密封產業研發能力提升。目前設計研發方面尚有許多倚賴國外技術提供，對於成本上的考量無疑是一負擔，本計畫研發之技術可帶動國內密封產業自行開發設計，減少國外技術提供成本，並推動國內研發能力技術發展，提升國際競爭力。

##### 2. 應用電腦輔助分析工程，縮短開發時程

本計畫所應用的電腦輔助工程分析 (CAE) 技術，可藉由電腦模擬產品實際之運作情形取代測試結果。當產品設計開發時，可先經由電腦模擬之結果判斷設計上的準確性以及評估產品的性能，當模擬結果達到預期效果時再開模製造，如此可節省成本、縮短開發時程。現今許多的 CAE 技術已被工業界大量應用於開發技術上，藉由電腦輔助分析工程加快設計研發的速度，已是一個高科技產業所必須擁有的基本能力，本計畫的實行是本公司展現此能力的機會，更可帶動國內產業提升技術能力。

#### 專案執行績效說明

##### 市場效益

本計畫開發之高迴油率曲柄軸油封為大眾運輸工具必備密封元件，一般車輛維修時都得更換曲柄軸油封以防行車意外；大範圍市場來說，凡是與引擎相關機件，都得應用曲柄軸油封。本計畫所研究的高迴油率曲柄軸油封，為一般市面常見規格，價位皆屬一般中等價位，其主要使用於引擎之曲柄軸承。應用範圍廣泛，舉凡引擎相關工業機械及民生必需品皆為其應用範圍。本公司目標以高迴油量曲柄軸油封打入主線車廠，從副廠零件提升為原廠零件，提升產品知名度，擴大本公司在運輸工具之市場。

### 創新突破

現今國內尚未有能力自行設計開發新型迴油溝，一般從國外獲取的迴油溝型構，不了解其設計原理及性能，需經過長時間且繁複的開模及測試作業，耗費龐大的財力、物力以及人力，才可取得迴油能力資料，判斷其優劣。然而本公司利用電腦輔助分析軟體，事先規劃參數研究，抓出設計參數重點；以電腦輔助分析軟體 FEA 軟體 Marc® 及 CFD 軟體 CFD-RC® 分析迴油能力，針對迴油溝設計準確預測迴油量，進而探討設計趨勢，其成果豐碩。本計劃為國內密封產業首次利用數值模擬準確預測迴油率，並實際應用於產品上。

### 技術紮根

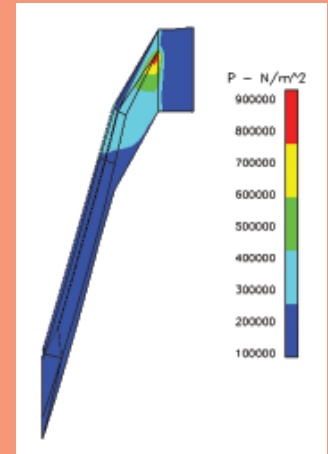
目前國內密封產業所採用之迴油溝設計，皆為國外廠商所提供，國內並無能力進行迴油溝分析及設計開發。而國外知名大廠在基礎研究上投入大量資金及時間，大多採取的方式皆為與學術單位合作，其開發的時程及成效都可達到水準之上。本公司與大葉大學具有長期合作關係，與國外研發方式相同，採用產學合作進行基礎研究，一方面可培養公司未來人才，且可利用學術單位廣大的技術支援進行開發研究。

### 專案執行重要心得

以電腦輔助分析軟體 FEA 軟體 Marc® 及 CFD 軟體 CFD-RC® 進行模擬預測。Marc® 在於分析一般機械應力，探討唇部應力及變形影響；CFD-RC® 則針對軸與唇部之間油膜流場以及迴油溝之設計進行迴油能力預測，加以分析大幅縮減測試段繁複耗財之過程，並深入探討油膜流場之物理機制，而建立一能準確預測迴油率的有效設計工具。

針對委託研究單位建議的轉折型迴油溝，針對多項設計參數加以探討，如迴油溝數量、迴油溝轉折角度、迴油溝高度及迴油溝寬度。在迴油溝高度上採取類似 NOK 的設計，將迴油溝設計與軸表面接近但卻不接觸軸，迴油溝可造成大面積的阻擋效果，藉此提升迴油能力，然而不與軸接觸，亦可避免迴油溝因軸旋轉而造成膠料磨耗。在寬度方面，參考之前針對直斜紋迴油溝的參數研究，發現寬度對於迴油率的影響相當輕微，故針對轉折型迴油溝不對寬度進行變更。在轉折角度上會因迴油溝數量而有所限制，角度愈小迴油溝數量也跟著減少，以現今的轉折角度及迴油溝數量為雛型；於先前參數研究指出，角度減小及迴油溝數量增加皆可提升迴油率，然而轉折型迴油溝的兩項參數正好成反比增減，在此以現今的轉折角度及迴油溝作為基本設計參數，分別對迴油溝高度及轉折點位置進行參數研究，將以數值模擬及實驗同時進行，交叉比對迴油率，達到預期之目標。

以數值模擬製作的迴油溝模型，在製程上遭遇迴油溝放電加工精度不足之問題。在先前製作的迴油溝油封，從不曾對迴油溝尺寸進行檢驗，經由 CAE 的分析了解尺寸精度對迴油率的重要性，才進行迴油溝尺寸的檢驗，也因此發現精度不良的問題。所以此次開發新型迴油溝特別重視放電加工的精度，嚴格要求每一個尺寸都須落在公差內。也尋求多方意見，試圖將精度提昇至極限，目前仍採放電加工方式進行，在電極製作完成時須先量測電極尺寸，當精度達到標準時再進行加工，以此方式，每一步驟對尺寸進行檢查，逐層找出問題所在，並一一進行改良，使成品尺寸與設計圖面一致，達到本計劃預期之目標。



CFD 壓力場分佈



迴油溝



迴油溝模具