

汽車引擎蓋板金CAE沖壓模擬分析及驗證

簡孟樹*

黎明技術學院機械工程學系

*Email: gian@mail.lit.edu.tw

摘要

沖壓加工是利用沖壓機械經模具對薄板金屬施行沖剪、成型、彎曲、引伸和壓縮等加工，製成各種工業用及家庭用板金零件與製品。汽車結構零件中有 80%以上為金屬沖壓成形件，汽車板金件可分為七大系統：引擎蓋、葉子板、車門、後行李箱、底盤、車頂、車架等系統。因此如何有效提升汽車板金沖壓模具的設計製造效率一直是汽車板金模具公司的目標，而就設計能力方面如何有效提升汽車板金沖壓模具的設計分析 CAE 能力，再經由 CAE 預估分析結果與實際模具製造及最後沖壓成型比對，進而建立自己公司的經驗值，一直是國內汽車板金模具公司最欠缺的一環，而法國 ESI 集團所提供的 PAM-STAMP CAE 軟體，正提供了獨一無二的沖壓模擬整合環境，將模具設計可行性、快速模面生成與修改以及回彈預測，沖壓過程模擬與最佳化整合成一體，它在航空、航太、汽車以及電子板金件成形方面是一個成熟且廣泛被信賴的工具。本研究就汽車引擎蓋板金模具於模具生產前經 CAE 分析可能的皺摺或破裂區域，並經實驗驗證以建立對 CAE 分析的實務經驗值。

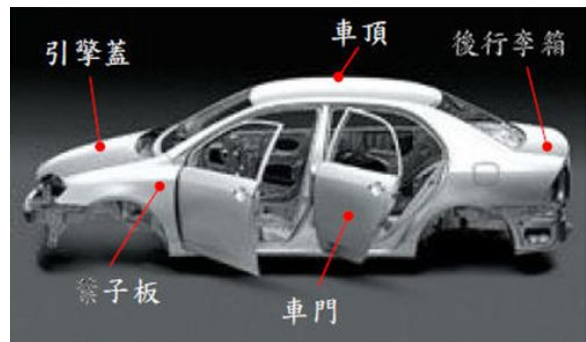
關鍵字：沖壓模具、沖頭、壓料板、壓延筋

1. 前言

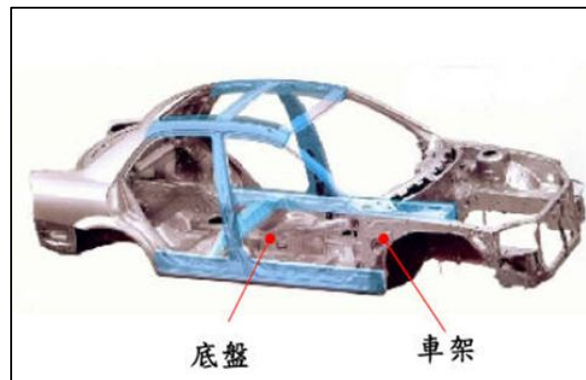
沖壓加工是利用沖壓機械經模具對薄板金屬施行沖剪、成型、彎曲、引伸和壓縮等加工，製成各種工業用及家庭用板金零件與製品。其運用範圍有精密機械、飛機、汽車、機車、輪船、軍火、鐘錶、電機、電子、家電和家俱等諸多產品零件。近來有許多機械加工品、鑄件、壓鑄品及鍛造品已逐漸被

沖壓品取代。

汽車結構零件中有大多數為金屬沖壓成形件，因此沖壓模具製造對汽車產業至為重要，汽車板金件可分為七大系統：引擎蓋、葉子板、車門、後行李箱、底盤、車頂、車架等系統（如圖一、二所示）。



圖一 汽車板金件一



圖二 汽車板金件二

因此如何有效提升汽車板金沖壓模具的設計分析 CAE 能力，再經由 CAE 預估分析結果與實際模具製造及最後沖壓成品比對，進而建立自己公司的經驗值，一直是國內汽車板金模具公司的目標，ESI 集團所提供的 PAM-STAMP CAE 軟體（如圖三所示），提供了獨一無二的沖壓模擬整合環境。將模具設計可行性、快速模面生成與修改以及回彈預測，沖壓



過程模擬與最佳化整合成一體。它在航空、航太、汽車以及電子鈹金件成形方面是一個成熟且廣泛被信賴的工具。因此國內汽車鈹金模具公司大多引進此軟體，來使 CAE 工程人員能於模具生產前就可預估可能的皺摺或破裂區域，再經由模具的改善而降低不必要的重工，如：人力、物力、時間及金錢的浪費，進而提升公司整體模具開發效率及提升產品良率。

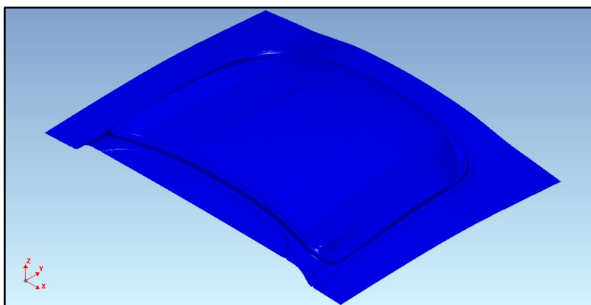


圖三 PAM-STAMP CAE 軟體

2. 研究內容

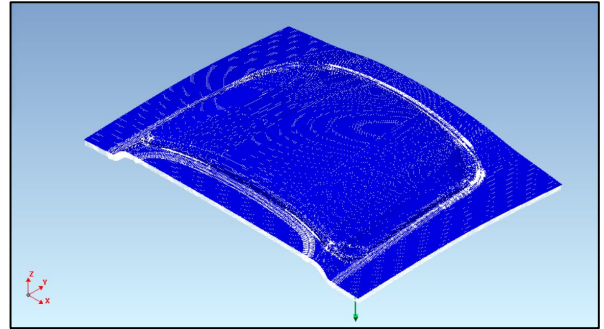
本論文以國內某汽車鈹金模具公司接單即將生產的模具（某車廠車型汽車引擎蓋沖壓模具）作為 PAM-STAMP CAE 軟體導入引擎蓋汽車板金分析實例，經對破裂、皺摺及拉深不足問題不斷修正改進，一旦獲得較理想的結果，再以分析出來實際的 Die、Punch、Blank Holder 及 Draw bead 幾何模型去生產製造該引擎蓋汽車板金沖壓模具，等最後模具生產完成再由實際試模完成實際沖壓出來的引擎蓋汽車板金成品狀況與品質來回饋至 CAE 工程人員 PAM-STAMP CAE 經驗。

其整個分析流程及結果分別敘述如下：首先在取得車廠 A 級引擎蓋幾何曲面之後，先以 CAE 工程人員個人實際經驗以 CAD 軟體建構出整組模具的分模面（Die surface）及一些結構幾何，並匯入（Import CAD）PAM-STAMP 軟體（如圖四所示）。

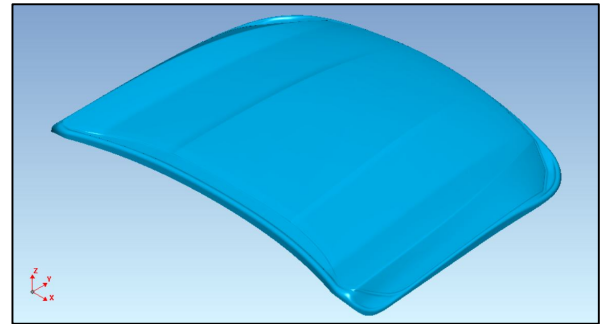


圖四 引擎蓋沖壓模具分模面

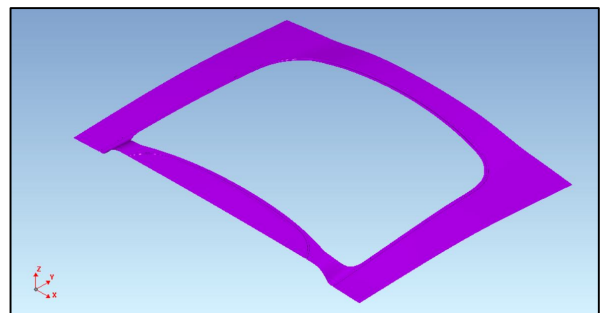
分析之前須對分模面做適度有限元素分割，接著再由 PAM-STAMP 軟體功能將原始 Die surface 切割分離出沖壓模具的 Punch surface 與 Blank Holder surface，其中記得切割分離前其 Die surface 有限元素網格（FEM Mesh）法線朝向要調整為一致朝下（如圖五、六、七、八所示）。



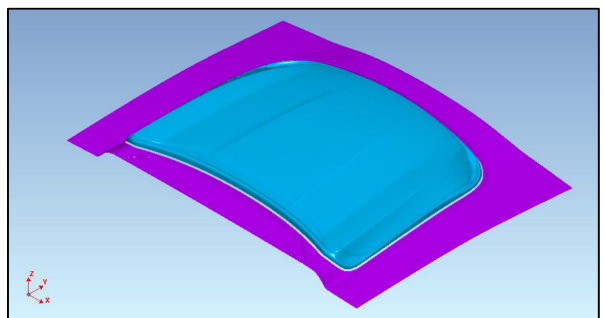
圖五 元素網格法線朝向一致朝下



圖六 Punch surface



圖七 Blank Holder surface

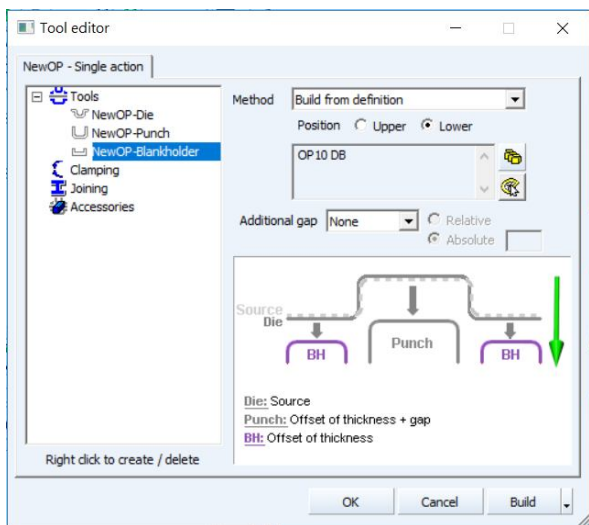


圖八 Punch & Blank Holder 曲面

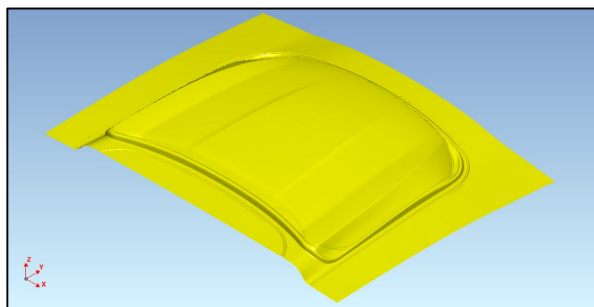


又於本次分析是探討板件成型的模具設計，故接著進 OP manager 定義一個 Single action operation 工站以及 Tipping frame(定義沖壓方向)

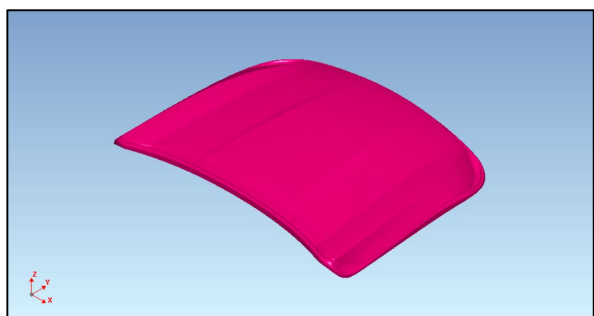
接著再由 Tools building 進入 Tool Editor (如圖九所示)輸入沖壓板材厚度後建立沖壓模具的 Die (即母模、凹模面或上型)、Punch 及 Blank Holder (如圖十、十一、十二、十三所示)。



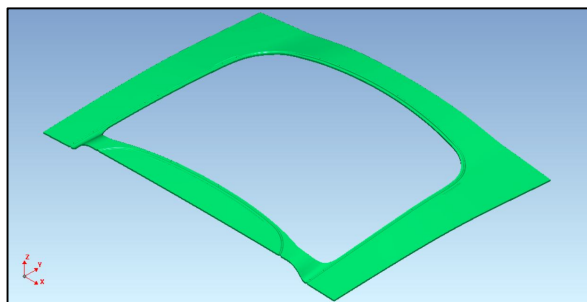
圖九 Tool Editor



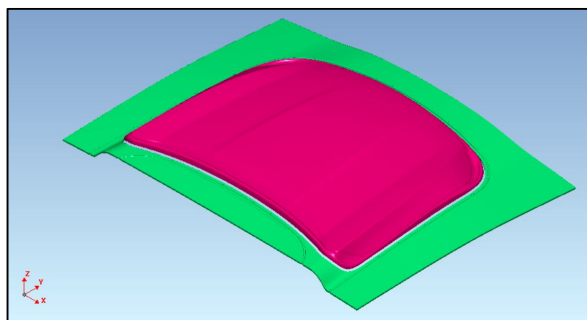
圖十 引擎蓋沖壓模具模具的 Die



圖十一 引擎蓋沖壓模具模具的 Punch

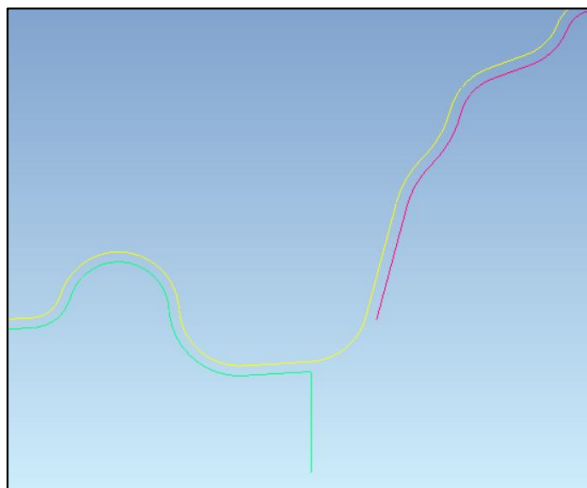


圖十二 引擎蓋沖壓模具模具的 Blank Holder



圖十三 Punch & Blank Holder

為確認相關部件幾何位置正確，建議以二維橫切面確認模具的 Punch、Blank Holder 及分模面 (Die surface) 相關幾何位置是否正確以及板厚間隙一至均勻且厚度為沖壓板件的實際厚度 (如圖十四所示)

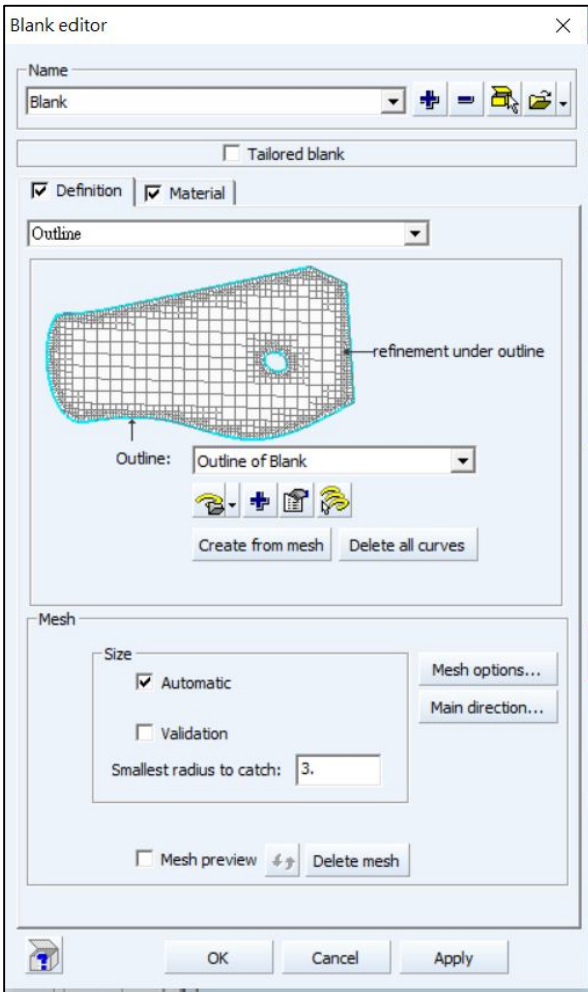


圖十四 模具局部二維橫切面

一旦模具的相關部件幾何位置均正確建立，接著再由 Blank 進入 Blank Editor 去定義板材的網

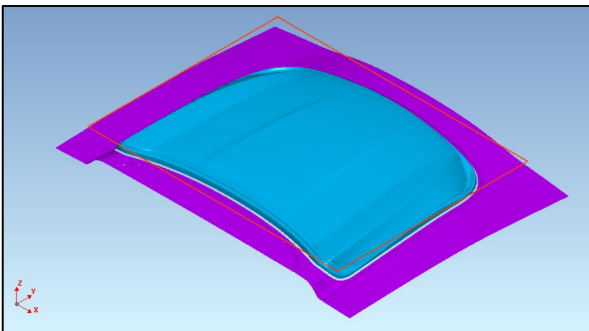


格分割資料，一些幾何變化不大區域採較大網格分割及幾何變化較大區域的網格再細分等級成較小網格分割如下圖



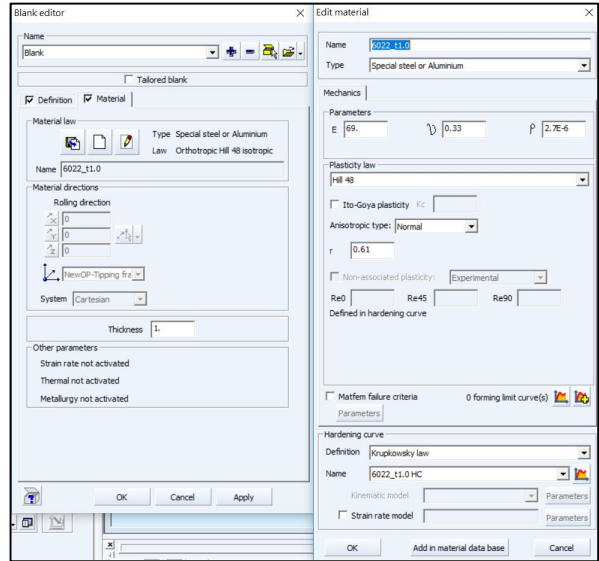
圖十五 Blank Editor

並匯入 PAM-STAMP 軟體實際要沖壓素材板料幾何大小尺寸（如圖十六紅色 Blank outline 所示大小即為沖壓板材尺寸）。



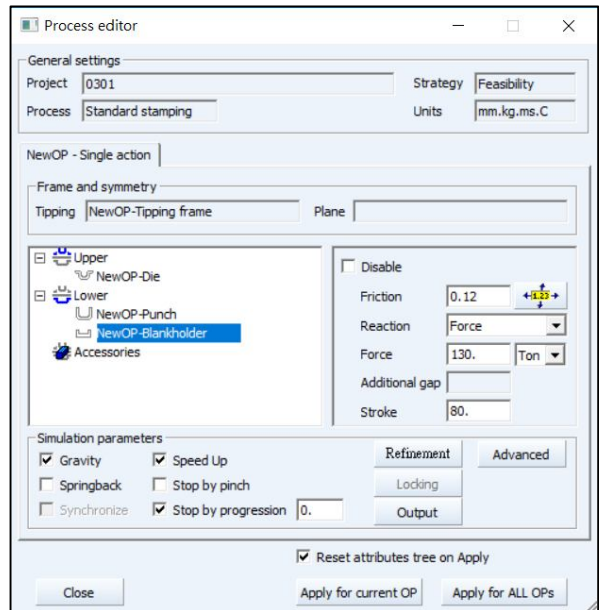
圖十六 板料幾何尺寸

再由 Blank Editor 的 Material 頁面進入材料的定義或由材料 Database 選取材料並訂定鋼廠（如中鋼）材料的生產的壓延方向或自由由相關材料試驗所獲得的材料參數[1]：如楊氏係數（Young's modulus）、蒲松氏比（Poisson's ratio）及密度，並定義 Plasticity law，本分析選用 Hill 48[2]，最後為硬化曲線的選擇，本分析選用 Krupkovsky law[3]（如圖十七所示）。



圖十七 板料性質輸入或選取

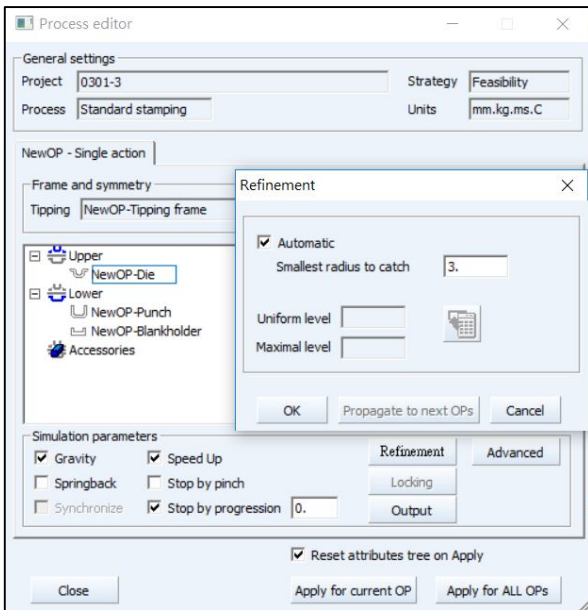
緊接著依圖去經驗及幾何成形高度來決定沖壓噸數及沖壓行程及相關模擬參數並由 Process Editor 輸入（如圖十八所示）。



圖十八 Process Editor 模擬參數輸入

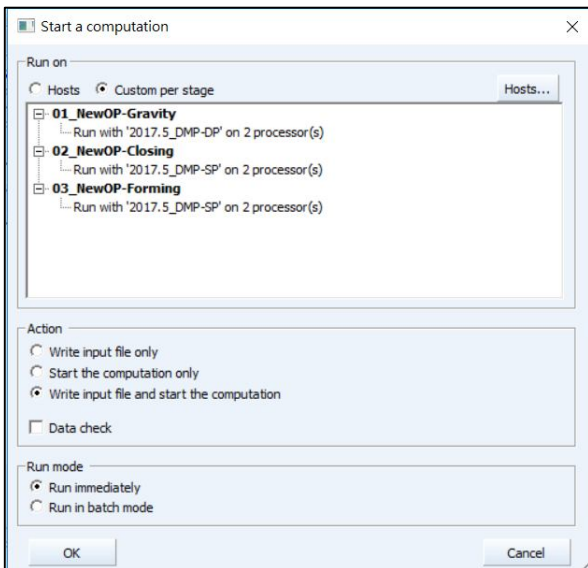


其中 Refinement 記得調整為 Automatic 且最小 R 設成 3 mm，此為軟體商的經驗值（如圖十九所示）。



圖十九 Refinement 調整參數

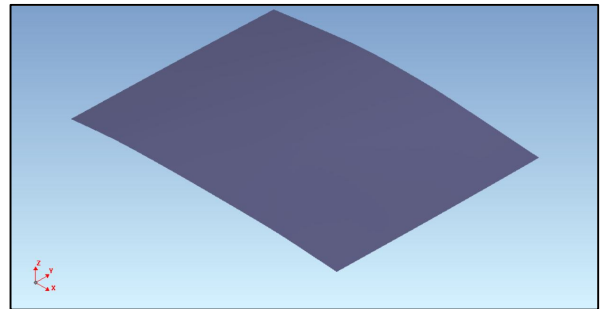
一旦完成所有模具部件幾何定義，材料尺寸及網格分割並選擇了能描述材料性質的塑性法則及應變硬化模型，即可選擇 Computation icon 進入 Start a computation 開始 PAM-STAMP 的模擬計算（如圖二十所示）。



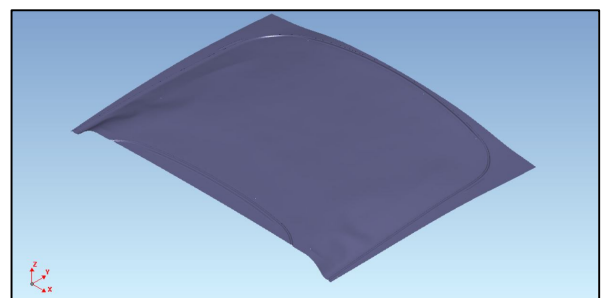
圖二十 Start a computation 視窗

最後 PAM-STAMP 的分析出來結果可由三維圖像顯示沖壓過程中不同階段（如：剛合模、合模完成

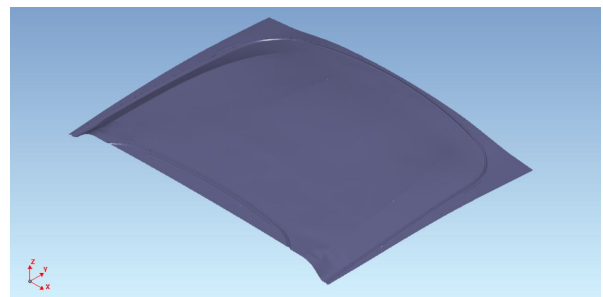
時、成形完成時...等）板材在模具內成形情況（如圖二十一、二十二、二十三、二十四、二十五所示）。



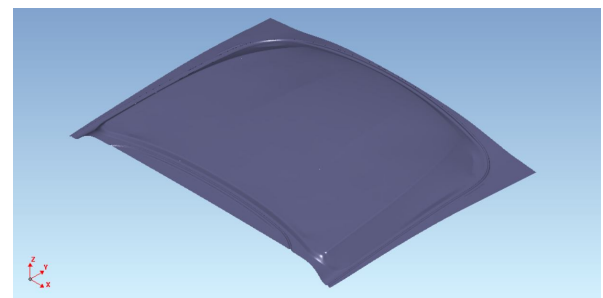
圖二十一 剛合模時板件形狀



圖二十二 合模完成時板件形狀

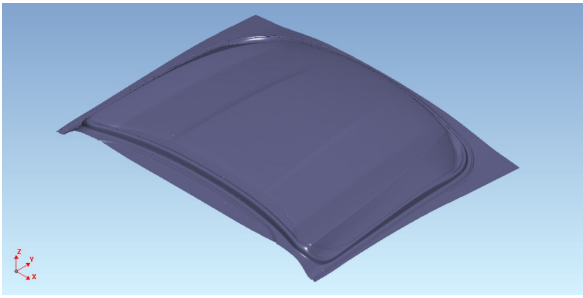


圖二十三 成形在 47mm 位置時板件形狀



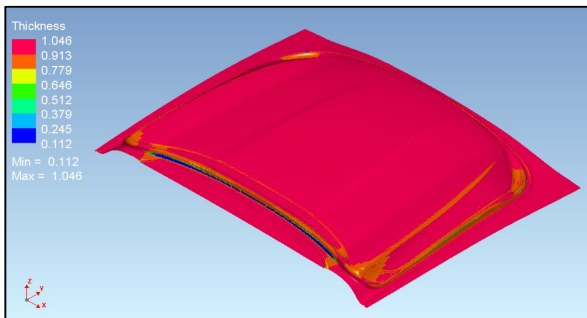
圖二十四 成形在 16mm 位置時板件形狀



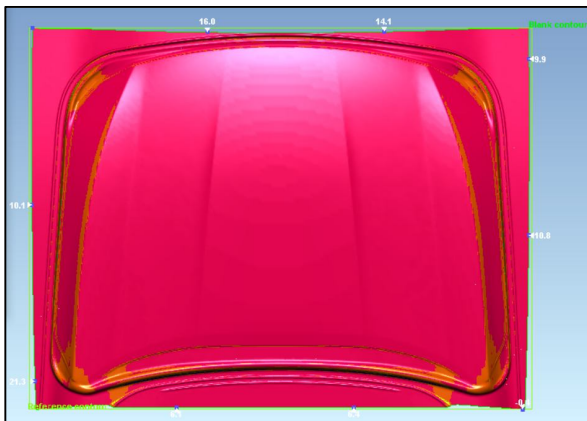


圖二十五 成形完成時板件形狀

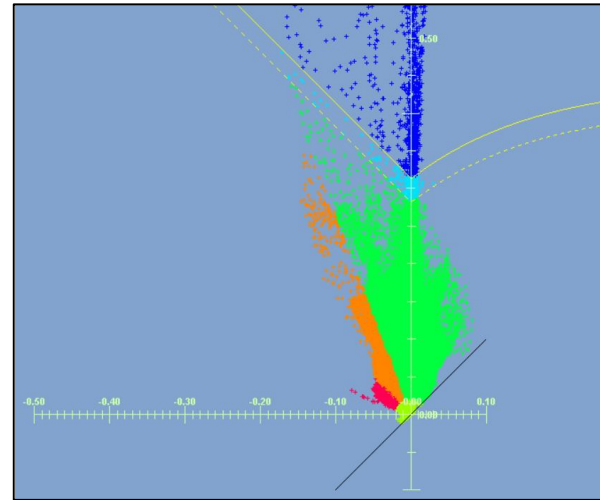
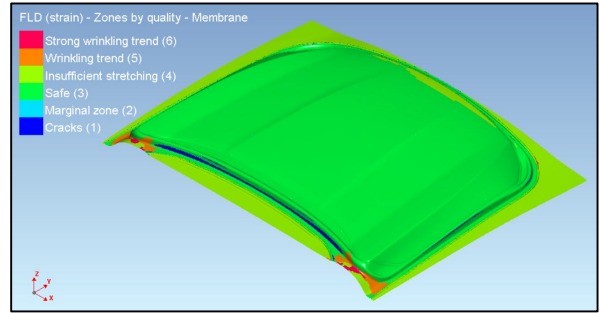
PAM-STAMP 除了模擬整個沖壓製程板材形狀變化成形之外，亦可就成形完成時板件結果進行分析，如：成形完成時板件的厚度分佈（如圖二十六所示），由其左上角尺標可看出最大變薄發生處均發生在大折彎區域且其厚度剩下 0.112mm，該處是易發生破裂或發生長度不足的現象；另外成形完成時板件外圍收縮分析（如圖二十七所示）；甚至可由成形極限圖 FLD 材料分佈來斷定此板件成型之好壞（如圖二十八所示）。



圖二十六 成形完成時板件厚度分佈



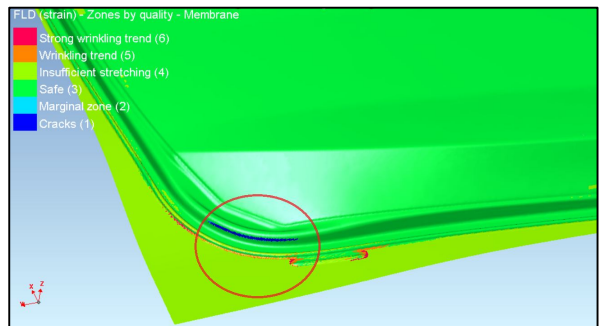
圖二十七 成形完成時板件外圍收縮分析



圖二十八 成形極限圖 FLD 材料分佈

3. 結果與討論

本引擎蓋的 CAE 沖壓分析結果，除了板金厚度經在模具內塑性變形成型，由於材料塑性變形造成的材料流動所導致材料厚度的變薄，如引擎蓋前端左右兩側，由成形極限圖 FLD 材料分佈得知該區域板材進入藍色發生破裂區域易發生破裂（如圖二十九所示）。



圖二十九 成形極限圖 FLD 易發生破裂處

最後等模具完成，經第一次試模該處亦確實如 PAM-STAMP 模擬結果發生破裂（如圖三十所示），可



驗證此 CAE 模擬分析的信賴度，更可做為往後板金沖壓成形模具開發上的有力工具。



圖三十 第一次試模結果破裂處

4. 結論

CAE 沖壓模擬分析一直是一些仍維持在傳統製造技術的沖壓廠這些年來提升技術的工具之一，本論文可驗證其在開發模具前可分析出該模具的可能問題，進而在尚未開發模具及製造前即可加以設計變更或修改，並沒有造成模具加工及材料及人員時間浪費，等確認問題解決再去生產模具，可大大提升模具廠的效率並節省成本。

5. 誌謝

本論文為黎明技術學院與悅誠興業股份有限公司簽訂“PAM-STAMP 沖壓模擬軟體引進與人員訓練及實際沖模設計製造經驗值建立”之產學合作計畫，由於黎明技術學院及悅誠興業股份有限公司的支持，使本計畫得以順利進行，並補充本人所教授的“電腦輔助模具設計”及“塑膠模設計”課程之部分教材內容使用，特此致上感謝之意。

6. 參考文獻

1. Lemaitre J and Chaboche JL, “Mechanics of solid materials”, Cambridge University Press, 1990.
2. Cleveland RM and Ghosh AK, “Inelastic effects on springback in metals”, International Journal of Plasticity, 2002.
3. Yoshida F, Uemori T and Fujiwara K, “Elastic-plastic behavior of sheel sheets under in-plane cyclic tension-compression

at large strain”, International Journal of Plasticity 18, 2002.

Analysis and Verification of Car Hood Stamping with CAE

Robert Gian*

Department of Mechanical Engineering,
Lee-Ming Institute of Technolog

*Email: gian@mail.lit.edu.tw

Abstract

Stamping is the process of placing flat sheet metal into a stamping press to produce the industrial or household appliance parts with some or combination of the operations like punching, forming, bending, drawing or trimming...etc. Sheet metal stamping in automotive industry had been widely used for decades. Steel panels in car body structure such as fenders, hood, roof, side panels, doors ... etc. all need large of dies. And manufacturing of all these dies are all depended on the experience of craftsmen before. Now with the help of CAE for steel metal stamping, it can reduce the cost, time consuming and maximize the efficiency. This paper is focus on the analysis and verification of car hood stamping with CAE. Then predict its crack region and verify it.

Keywords: Die、Punch、Blank Holder、Drawbead

