

## 嬰兒推車前腳管之焊道形狀應力分析

明門工程團隊  
明門實業股份有限公司

### 摘要

為了方便攜帶及搭乘大眾運輸工具時使用，嬰兒推車開始朝向更輕量化的方向設計，故使用鋁合金管件取代傳統鋼管做為車架。為了解焊道形狀與焊道應力集中之關聯性，本文使用ABAQUS有限元素分析軟體針對凹型及凸型焊道進行分析，找出較佳之焊道形式，做為未來加工改善之方向，以期提昇產品品質。

**關鍵字：**焊道形狀、有限元素法、應力分析

### ABSTRACT

Recently stroller is toward to light weight design. So more product frames used aluminum tubes to instead steel tubes. The aluminum tubes with heat treatment can have good strength and lower density. However, the fatigue strength of aluminum is lower than steel, in order to improve product life. A study is using commercial finite element software, ABAQUS, to analysis the weldment shape effect stress on the weld toe. To find the better shape of weldment.

**Keywords:** Weldment shape, Finite element method, Stress analysis

### 一、緒論

明門實業股份有限公司(以下簡稱明門公司)專注於嬰兒車、嬰兒床、汽車安全椅、高腳椅等嬰幼兒產品之全球市場需求與產品設計研發改良。而嬰兒車做為明門公司主要的大宗產品，為了因應都市生活中搭乘大眾運輸工具時的便利性，推車的重量及收合體積也成為消費者選擇推車時的重要考量因素之一。

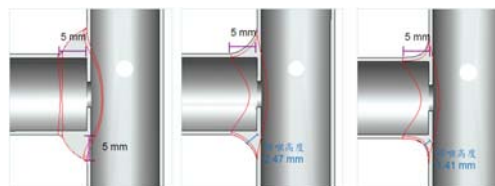
傳統鋼管車架設計，受限材料本身加工限制，除了較難加工出特殊斷面形式管件，重量也較重。近年由於鋁合金及高性能鋁合金材料的發展，市場上也越來越多使用鋁合金管取代鋼管來減輕重量的設計。然而鋁合金雖然有密度低，且可熱處理提昇強度等優點，但其模數較鋼低，疲勞壽命亦較差；此外，鋁合金管件焊接後，易於焊道趾部產生應力集中現象，此處往往是疲勞裂紋產生的起點，改善此問題成了鋁管車開發的重點。

本文旨在透過有限元素分析找出焊道形狀與應力集中的相關性，希望可以找出較佳之形式以提升車架之疲勞壽命。

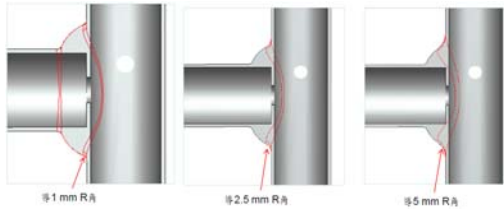
### 二、分析程序及邊界條件

為比較不同焊道形式與應力集中之關係，本文考量兩種不同的形狀因素進行比較，首先是針對凸型及凹型兩種不同焊道形狀進行比較(如圖一所示)，並考量了兩種不同焊喉高度之凹型焊道進行比較；其中焊腳的高度參考實際產品焊接狀況，設定為5mm高之等角焊。

其次，考量到實際產品焊接形式較接近凸型，故針對前次模擬之凸型焊道焊腳上導不等大小之圓角進行比較(如圖二所示)。



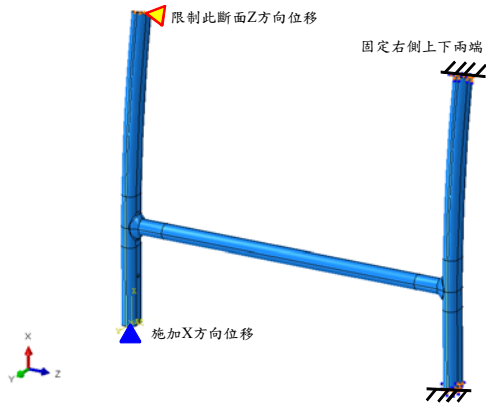
圖一：凸型焊及凹型焊模型示意圖。



圖二：凸型焊不同 R 角模型示意圖。

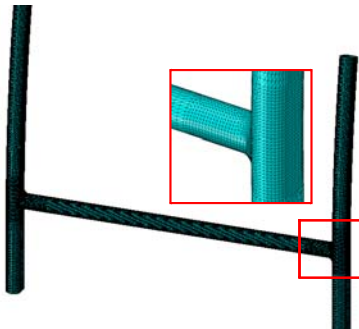
幾何模型的部分則為一常見輕便型嬰兒車之前腳 H 型管設計，其中腳管的管壁厚度皆為 0.8mm (如下圖三所示)。

考慮到實際推行時車輪碰撞障礙物狀況，我們設定邊界條件如下：選定左前輪側施加與垂直向上之位移 (X 方向)，並限制同一側上方端面無 Z 放方向位移以假設座椅限制；另一側則固定上下兩端面以限制管伴有剛體運動產生。



圖三：H 型腳管示意圖。

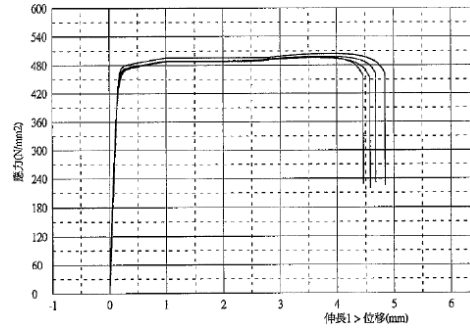
使用元素為 C3D10M，二階四面體元素，總使用元素約 86692 個 (不同模型實際元素總數略有不同)。其中焊道附近之表面元素大小為 1.3mm，遠離焊道位置元素大小則為 3mm。為了讓各模型之結果收斂性相近，各模型採用之表面元素大小皆相同。



圖四：網格示意圖。

### 三、材料設定

鋁管材料為高性能鋁合金，其位移與應力之關係如圖五所示。將之轉換後材料性質如表一所示。由於腳管完成焊接後，會進行 T6 熱處理程序，故假設熱影響區之熱殘留應力會在此過程完全釋放。此外，為簡化分析，故焊道使用與鋁管相同之材料性質。



圖五：高性能鋁合金之應力及位移圖。

表一：高性能鋁管材料性質

Density (g/cm)	Young's modulus (MPa)	Yielding stress (MPa)	Tensile strength (MPa)
2.78	70000	453	575

### 四、分析結果

#### 1. 凹型焊道及凸型焊道比較

表二列出了施加不同位移時，各模型的最大主應力值。以凸型焊道做基準，括號內相應之百分比值。從表中結果可見，最大主應力值與位移量之間的關係大致呈現線性成長；而焊道形狀則以凹型焊道低焊喉之主應力值最低，約較凸型焊道減少 16%。顯示此種焊接型式下，同樣焊腳尺寸，焊道體積越小，在焊趾處主應力越低。

表二：凹型焊道及凸型焊道應力比較表

上提位移量 (mm)	凸型焊道	凹型焊道 (高焊喉)	凹型焊道 (低焊喉)
5	173(100)	170(98)	146(84)
10	333(100)	327(98)	280(84)
15	508(100)	496(98)	426(84)

## 2. 凸型焊道不同 R 角比較

下表三列出不同 R 角之最大主應力結果。由表可見，隨著邊緣 R 角加大，應力集中的情況也隨之改善。R5 與 R1 結果相比之下最大主應力值減少了約 21%。

表三：凸型焊道不同 R 角應力比較表

上提位移量(mm)	R1	R2.5	R5
5	173(100)	155(90)	137(79)
10	333(100)	298(89)	263(79)
15	508(100)	436(86)	401(79)

## 五、結果及討論

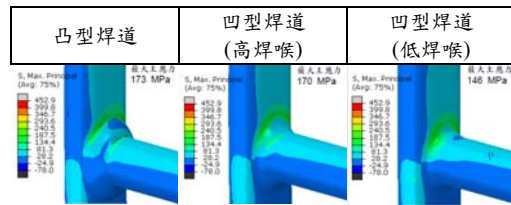
從第四節之分析結果發現相似大小及焊喉高度的凸型焊道及凹型焊道應力集中的情況很接近，但如果降低凹型焊道之焊喉高度，應力集中的狀況會較輕微。推測是因為當焊喉降低時，焊道本身的剛性下降，減少了局部區域的應力。這表示焊道本身的剛性對焊腳區域的應力有正相關性，若能適當減少焊道剛性(使用低模數焊料或減小焊道體積)，應可有效減輕焊腳應力。

另一方面，相同凸型焊道下，焊腳處 R 角大小與焊腳處應力則為負相關，很明顯地，R 角加大有助於減少應力集中的現象。

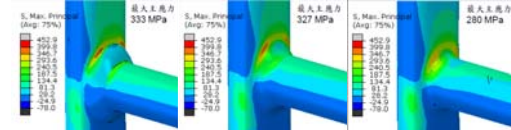
## 六、結論與未來展望

焊接的品質對於焊腳處應力集中有直接的影響，而焊腳處的高應力往往是疲勞裂紋的起點，本文透過有限元素分析，可以找出較佳之焊道形式，提供加工時改善的方向，以提昇產品品質。

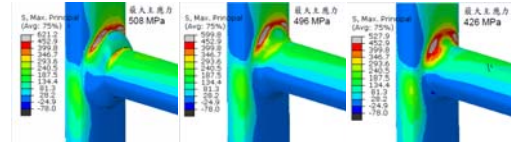
未來希望加入周期性負載以觀察疲勞應力的變化，如此一來能夠更為貼近真實的使用情況。



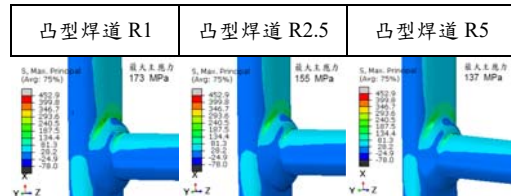
圖六：上提 5mm 主應力結果。



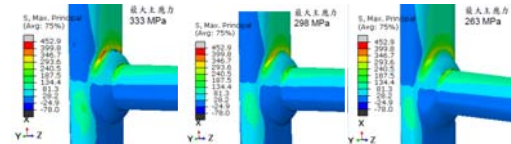
圖七：上提 10mm 主應力結果。



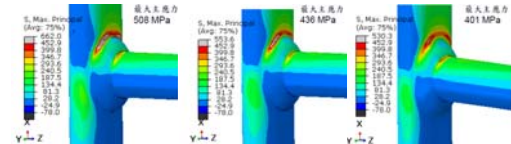
圖八：上提 15mm 主應力結果。



圖九：上提 5mm 主應力結果。



圖十：上提 10mm 主應力結果。



圖十一：上提 15mm 主應力結果。