

由 Renishaw 為 Empire Cycles 製造的 第一台金屬 3D 列印腳踏車骨架



鈦合金骨架以積層製造技術打造，先分段製造，然後再行組裝。
此製程具有以下優點：

設計自由度

- 快速迭代；彈性的製程在進入生產前都還能改良設計
- 可透過拓樸優化塑形（參閱下述）
- 將客製化與訂作可能性作完美詮釋，讓一次性生產與批次生產同樣容易

建築

- 複雜的形狀結合內部強化特性
- 中空結構
- 內建特色，例如騎士的姓名

效能，鈦合金

- 座桿架的重量比鋁合金版本輕 44%
- 極為堅固 — 通過EN 14766 標準測試
- 耐腐蝕、使用壽命長

Renishaw 能為您的產品做些什麼？

Empire Cycles

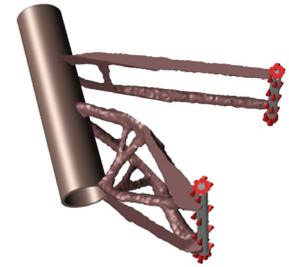
Empire Cycles 位於英國西北部，為一家獨特的英國單車設計與製造公司。該公司使用一流的英式工程技術創造出頂尖產品，以無比的熱情為全球越野自行車騎士和滑降競速的自行車騎士提供創新的設計。

什麼是拓樸優化？

「topo」一字起源於希臘，意為地點。拓樸優化軟體泛指用來判斷材料「邏輯位置」的程式，通常是透過反覆的步驟及有限的元素分析進行判斷。其移除低應力部位的材料，直到研發出承載力最佳的設計。製造出來的機型輕（因為體積小）而堅固。

如今，積層製造已能克服過去在製造這些形狀時面臨的挑戰，可具體呈現實體 3D 機型。

Renishaw 與 **Empire Cycles** 共同為積層製造打造出最優異的單車設計，對於面朝下的表面，減少了很多必需要建構支撐材的材料浪費。



1. 為鋁合金鑄造所設計的座桿架 CAD 模型

3. 由 **Empire Cycles** 以優化的 CAD 模型為範本重新設計

2. 使用 Altair 的 **solidThinking Inspire® 9.5** 軟體進行拓樸優化

4. 在 **Renishaw AM250** 雷射熔化系統上以鈦合金製造而成



速度有多快？

20 週要完成此專案雖然時間緊迫，卻也突顯了積層製造的效率，因為積層製程無需事先訂購工具或特定材料。

第 1 週 - Empire Cycles
拜訪 Renishaw

第 3 週 - 設計座桿架
並進行拓模優化

第 6 週 - 決定製造整
台腳踏車骨架

第 7 週 - 整台腳踏車骨
架的設計工作開始

第 8 週 - TCT 展示，發表有
關 3D 列印塑膠腳踏車的文章

第 14 週 - 與 Mouldlife
及 3M 建立夥伴關係

第 16 週 - 完成第一批
骨架零組件的設計

第 17 週 - 製造五段骨
架中的首批三段骨架

第 18 週 - 製造其餘
第二批兩段骨架

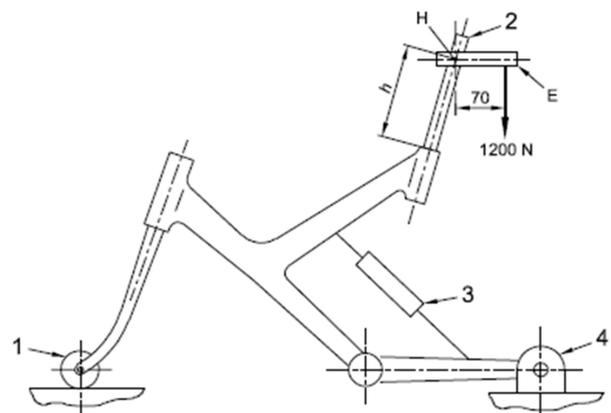
第 20 週 - 在
Euromold 2013 展出

產品有多堅固？

進行積層製造加工時，鈦合金能承受 900 MPa 以上的高度極限抗拉強度（UTS），且可達到 99.7% 以上幾乎完美的密度。積層製造比鑄造品質佳，因為所有孔隙皆為小孔且呈現球狀，對強度幾乎沒有影響。

專案的目標是要生產能充分發揮功能的單車，因此依據 EN 14766 越野自行車標準，在 1200 N 條件下對座桿架進行 50000 圈測試。根據此標準進行的 6 次測試，每次都成功。

腳踏車骨架成品將繼續在英國必維國際檢驗集團的實驗室和山腰上進行測試；此測試與斯旺西大學合作，使用可攜式感測器來執行。



垂直受力疲勞測試圖

1. 自由運行的滾軸
2. 鋼棒
3. 用於轉軸式後下叉的鎖定懸吊裝置或強固連桿
4. 用於後軸安裝點的堅固型轉軸式安裝座

產品有多輕？

鈦合金的密度比鋁合金高，相對密度分別為 4 g/cm^3 與 3 g/cm^3 。因此，唯一能讓鈦合金座桿架零件比鋁合金座桿架零件輕的方法就是大幅改變設計，去除對整體零件強度沒有助益的材料。

原本的鋁合金座桿架為 360 g，而中空鈦金屬座桿架為 200，減輕了 44% 的重量。這只是第一次迭代，之後將進行更多分析與測試來減少更多重量。

原本的腳踏車骨架為 2,100 g。採用積層製造重新設計後，重量降到 1,400 g，減輕了 33% 的重量。腳踏車可使用較輕的碳纖維，但 Empire Cycles 的執行董事 Chris Williams 對此進行過研究，他表示：「碳纖維的耐久性無法與金屬製造的腳踏車相比，碳纖維很適合製造公路車，但在騎車下山時，顛簸會讓您面臨腳踏車骨架損壞的風險。我對自己的腳踏車所作的高精細設計可以確保不會發生保固索償。」

如何對專案進行管理？

在與 Renishaw 合作之前，Chris 曾對目前自行車進行相同尺寸的 3D 列印複製生產，因此 Chris 對自己要達成的目標有很好的想法。

Renishaw 原本只同意優化及製造座桿架，但這部分經證明成功後，他認定改造整個骨架也是個可行的目標。Chris 在 Renishaw 應用團隊的製造指導下更新其設計。骨架經過拆解，因此能完全採用 AM250 的 300 mm 建造高度。

Empire Cycles 的主要利益在於此建造方法帶來的效能優勢。此設計具備汽機車沖壓鋼板「單體」構造所擁有的各項優點，使其不需投資在對小型製造商而言所費不貲的工具上。

現在仍有尚未完全開發的潛在效能，但我們希望能持續發展此專案。不需要工具的情況讓持續改良設



以 3D 列印鈦合金骨架和座桿架完成自行車產品

計變得簡單。由於零組件的成本是由體積而非複雜度決定，因此可用最低的成本生產極輕的零件。

在黏合方法的研究方面，我們有 **Mouldlife** 提供黏著劑和技術專員，並由 **3M** 提供測試設備。我們將在進一步的合作關係上進行開發，持續檢視黏合方法的改良，例如特定表面處理等。

生產自行車所需的車輪、傳動系統和零組件則由 **Hope Technology Ltd.** 提供。

此專案強調可透過與客戶的密切合作來達到卓越的成果。如果您需要積層製造為您的零組件帶來優勢，請聯絡您當地的 **Renishaw** 辦事處了解更多資訊。



整台腳踏車骨架依部位排放後，將座桿架放置在平板上並連續完成組裝

關於 Renishaw

Renishaw 在產品的開發與製造上堅持著多年以來積極創新的歷史傳統，已確立其在世界上工程技術領域不可撼動的領導地位。自1973年創立至今，公司不斷地提供尖端科技之產品，除了可以提高加工製程產能與改善產品品質外，並提供高經濟效益的自動化解決方案。

遍佈全球的子公司及經銷商網路為客戶提供優質便捷的全方位的服務與支援。

產品包括：

- 堆疊快速成型製造、真空鑄造、及微型射出成型之技術可用於設計開發、原型測試及生產等之應用
- 尖端材料技術具有種類多樣之應用可用在多種領域中
- 假牙 CAD/CAM 掃描與製造系統及結構材料之供應
- 光學尺 高精度線性、角度及旋轉定位回饋系統
- 夾治具系統 應用於CMM(三次元量測機)及多工檢具系統
- 多工檢具系統 應用於加工零件之比對量測
- 高速雷射量測與探測系統應用於險峻的地理環境
- 光學尺 高精度線性、角度及旋轉定位回饋系統
- 醫療儀器 腦神經外科手術應用
- 工具機測頭系統與軟體 CNC 工具機工件座標設定、刀具檢測及工件量測之應用
- 拉曼光譜儀系統 非破壞性材料分析應用
- 特殊感測系統及軟體應用於CMM的量測需求
- 測針 CMM 與工具機測頭系統之應用

查詢全球聯絡方式，請造訪我們的網站 www.renishaw.com.tw/contact



RENISHAW 竭力確保在發佈日期時，此份文件內容之準確性及可靠性，但對文件內容之準確性及可靠性將不做任何擔保。RENISHAW 概不會就此文件內容之任何不正確或遺漏所引致之任何損失或損害承擔任何法律責任。