如何透過提高良率來降低成本

利用 HP Jet Fusion （ JF ） 5600 系列 3D 列印解決方案和 HP 3D 流程開發，提高製造效率

概述

CEA（法國原子能暨替代能源委員會，一家由法國政府資助的技術研究機構）與 HP 增材製造 (AM) 解決方案攜手合作，旨在聯合製造商，利用頂尖的 3D 列印技術來推進生產製程的數位轉型。他們的核心目標，是評估如何在汽車、工業與鐵路這三個不同的應用領域中，提升零件的品質與重現性。為了充分利用最新的現有技術，HP 增材製造解決方案建議採用 HP JF 5600 系列 3D 列印解決方案，並搭配 HP 3D 製程開發方案。

挑戰

若要規模化量產並獲得品質一致的高規格零件，需要具備極佳的重現性與嚴格的流程控制。當時面臨的主要挑戰，在於如何提高零件的品質良率並減少變異性，從而將重印所產生的相關成本降至最低。



結果摘要

研究結果強調，使用 HP Jet Fusion 5600 系列 3D 列印解決方案時，特別是在新增 HP 3D 流程開發套件後，零件品質和成本效率有了顯著改善：

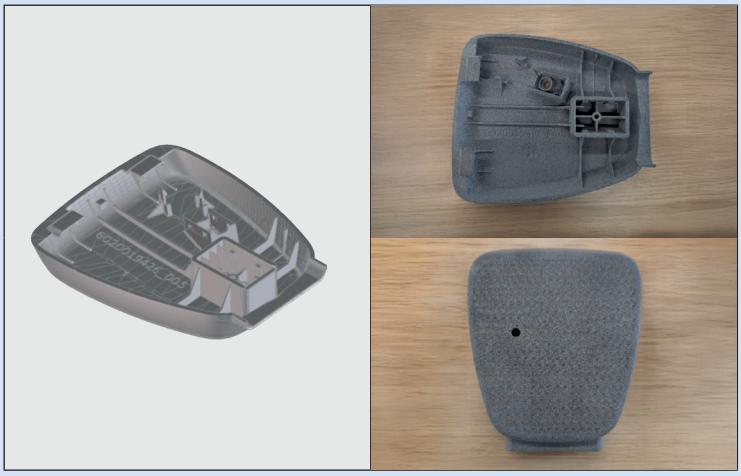
- 由於良率提高，總成本節省高達 40%
- 密度變異性改善 70%（標準差）
- 機械性質變異性（標準差）改善高達 83%
- 平均尺寸良率增加高達 43%

方式

CEA 與 HP 增材製造解決方案在 HP Jet Fusion 5600 系列 3D 列印解決方案上，將由採用 Evonik 技術的 HP 3D HR PA 12 材料應用於以下三個特定領域：

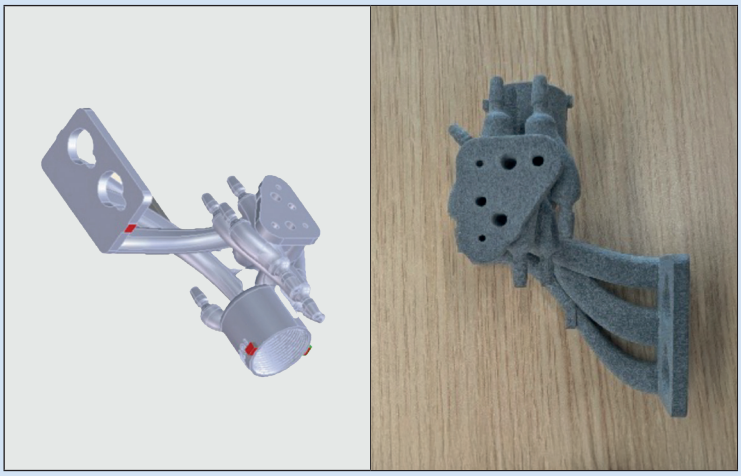
汽車

內飾零件，由 Renault 提供



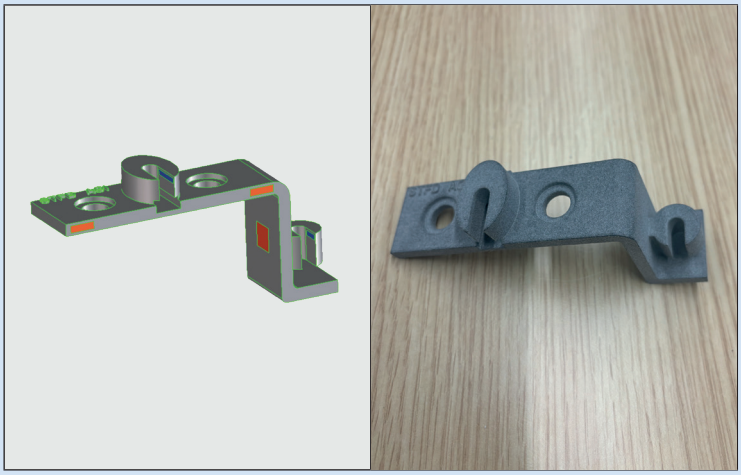
業界

流體管理零件，由 Markem-Imaje 提供



鐵路

備件，由 SNCF Reseau 提供



該研究分兩個階段評估了這些應用：

1. 比較 **HP Jet Fusion 5200 系列 3D 列印解決方案**與 **HP Jet Fusion 5600 系列 3D 列印解決方案**。
   a. 兩台列印機都選擇了平衡列印模式。
   b. 在每次建置中皆包含標準拉伸樣品以供評估。
2. 本測試旨在對比 **HP Jet Fusion 5200 系列 3D 列印解決方案**與 **HP Jet Fusion 5600 系列 3D 列印解決方案外加 HP 3D 製程開發套件的表現**。
   a. HP 3D 流程開發套件是 HP Jet Fusion 5600 系列 3D 列印解決方案的選購項目，包括以下要素：
      i. HP 3D 流程開發軟體，用於微調 HP Multi Jet Fusion 技術流程參數。
      ii. HP AM 解決方案執行「特定硬體校正」，以消除機組中每台列印機的任何尺寸偏差。
      iii. 能夠執行尺寸「工作調整」，以針對特定列印檔案微調其專屬的放大係數與偏移量。
      iv. 支援培訓與文件由 HP 3D 專業服務團隊提供。
   b. 建置檔案：
      i. 所有測試都使用了功能等效的建置文件–相同的堆積密度、拉伸桿的位置、零件方向。

機械性質

HP Jet Fusion 5200 系列 3D 列印解決方案與HP JF 5600 系列 3D 列印解決方案與 HP 3D HR PA 12（ 採用 Evonik 技術 ）

HP Jet Fusion 5600 系列 3D 列印解決方案提升了 HP Multi Jet Fusion 技術在零件品質上可實現的重複性，其表現超越了 HP Jet Fusion 5200 系列 3D 列印解決方案。對於尋求兼具成本效益與規模化生產的積層製造商而言，高重複性與高良率極為重要。這些改善成效可以從下方機械性能標準差的降低中看出：

列印機系列/列印模式指標	5200 Balanced		5600 Balanced		標準差的改善幅度
	平均值	標準差	平均值	標準差	
抗拉強度 [MPa]	44	3	53.5	0.5	83%
模量 [Mpa]	1777	56	1918	26	54%
斷裂伸長率 (EaB) [%]	5.6%	1.60%	14.20%	1.40%	13%
密度 [g/cm^3]	1.001	0.010	1.023	0.003	70%

表 1. 機械性質結果 (Z)
由於建置設計的差異，上述結果將與已發佈的數據表有所不同

尺寸精度

HP Jet Fusion 5200 系列 3D 列印解決方案與HP JF 5600 系列 3D 列印解決方案與 HP 3D 流程開發

HP 3D 流程開發提供額外的尺寸精度微調和校正選項。只要應用得當，這些選項將能實現 HP Multi Jet Fusion 技術所能達到的最高尺寸重複精度。因此，對於任何生產或大量應用，強烈建議使用 HP 3D 流程開發。

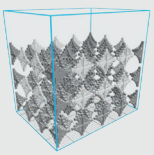
HP Jet Fusion 5600 系列 3D 列印解決方案	HP 3D 流程開發	
一般尺寸設定檔	特定硬體校正	工作調整
		
所有 5600 系列的預設設定檔	移除列印機之間的差異	移除特定工作中的列印機之間的差異
	隨附於 HP 3D 流程開發	HP 3D 流程開發中的功能
借助 HP JF 5600 系列 3D 列印解決方案和 HP 3D 流程開發軟體，實現最佳的 HP Multi Jet Fusion 尺寸精度		

表 2. HP JF 5600 系列 3D 列印解決方案和 HP 3D 流程開發軟體的尺寸設定檔和校正

列印機系列	HP Jet Fusion 5200 系列 3D 列印解決方案	HP Jet Fusion 5600 系列 3D 列印解決方案	
列印模式	平衡模式	平衡模式	平衡模式
尺寸設定檔/校正	一般設定檔	特定硬體校正*	特定硬體與工作調整*
流體零件 (Markem Imaje)	64%	71%	92%
內飾零件 (Renault)	92%	96%	99%
備用零件 (SNCF)	50%	85%	93%

表 3. 平均尺寸良率結果
*隨附於 HP 3D 流程開發套件中

總體而言，HP JF 5600 系列 3D 列印解決方案與 HP 3D 流程開發的整合導致成本降低高達 40%，這歸功於增強的重複性和良率的提高。
TCO 假設：

- 以 SNCF 零件為基礎，比較 HP JF 5200 系列 3D 列印解決方案與 HP JF 5600 系列 3D 列印解決方案搭配 HP 3D 流程開發，節省的最大成本
- 以標準 HP Multi Jet Fusion 技術公差計算，零件品質良率提升高達 43%
- 於 2025 年 2 月完成計算，HP AM Total Cost of Ownership (TCO) Tool V4.3.34
- HP 3D 流程開發套件基礎方案
- 列印機有 HP Jet Fusion、HP Jet Fusion 5620 Pro 3D 列印機、3D 列印機和 5620 Pro 版本
- 標準 5 年折舊攤銷
- 包括一台列印機、一個處理站、兩個建置單元和兩個自然冷卻單元。

結論

CEA 的研究強調了HP Jet Fusion 5600 系列 3D 列印解決方案與 HP 3D 流程開發套件在實現更高良率、降低成本以及維持卓越零件品質方面的轉型影響。透過解決常見的變異來源並增強製程控制，HP AM 先進 3D 列印解決方案已被證明，對於可規模化且高效的積層製造至為關鍵。

© Copyright 2025 HP Development Company, L.P.
HP 產品與服務的唯一保固已詳細記載於此類產品與服務隨附的明示保固聲明中。本文件中的任何內容均不應視為構成額外的保固。HP 對於本文件中的技術、編輯錯誤或遺漏概不負責。

4AA8-4718ZHT，2025 年 4 月