



核准的不只是零件， 是整條產線

澳洲 Plane Support 以 Markforged FX10 建立專屬航太增材製造實驗室，為 McDermott Aviation 的 Bell 214B 製造客艙空調風管，取得澳洲民航安全局（CASA）APMA 核准。

PLANE SUPPORT × MCDERMOTT AVIATION · QUEENSLAND, AUSTRALIA · 2026

APMA

CASA 零件製造商核准
214B (B-1) 客艙空調風管

~2 年

開發與適航舉證歷時
全程與 CASA 諮詢

29 架

McDermott 營運之 Bell 214
15×214B + 14×214ST

FX10

航太增材製造實驗室
核心平台

挑戰

THE CHALLENGE

核准主體 APPROVAL HOLDER Plane Support（澳洲航太工程 / 製造 / 維修，服務全球航空業近 30 年）	專案發起 INITIATED BY McDermott Aviation — 澳洲最大私人直升機業者，昆士蘭 Sunshine Coast
機型 AIRCRAFT Bell 214B (B-1) • McDermott 為 214B / 214ST 型別檢定證持有人	零件 PART 客艙空調風管 Cabin air conditioning ducting
法規框架 FRAMEWORK CASA APMA 核准 • 擴大既有 CASA Part 21K 增材製造範圍	平台 PLATFORM Markforged FX10 • 專設航太增材製造實驗室

Bell 214B 已非現產機種。McDermott Aviation 運營全球最大的 Bell 214 系列機隊——15 架 214B 與 14 架 214ST，執行空中滅火、重吊、農噴、基礎設施支援與緊急應變任務。機隊規模愈大，**零件斷料的代價就愈直接**：部分件在原有供應管道已難以取得，而一個找不到的零件，就是一架停在棚裡的飛機。

更關鍵的是責任歸屬。McDermott 同時持有 214B 與 214ST 兩型的**型別檢定證（Type Certificate）**——這型機的長期支援，沒有別人可以接手。

「等不到零件的飛機，就是不會動的飛機。能在昆士蘭本地做出核准件，我們對這件事的掌握度完全不同。」

— John McDermott, Founder & President, McDermott Aviation



核准的那一類零件：為 Bell 214B 客艙空調系統逆向工程並重新設計的風管件。外形、配合與功能必須與原廠件一致，才通過 CASA 的舉證。

解決方案

THE SOLUTION

Plane Support 承接工程、製造與適航舉證端，McDermott 提供數十年運營與維修這型機的知識。兩家公司花了**近兩年**，與 CASA 密切諮詢，把一顆風管從原件走到核准件。



什麼是 APMA 與 Part 21K ?

APMA (Australian Parts Manufacturer Approval) 是澳洲民航安全局 CASA 的零件製造商核准：讓非原廠製造者得以合法生產特定航機零件並裝機使用，核准綁定「誰造、造什麼、怎麼造」。

Part 21K 則是零件製造的適航規章類別。本案的核准，擴大了 Plane Support 既有的 Part 21K 增材製造能力範圍——意思是，這套能力不是為這一顆件而生，而是可以往其他零件延伸。



平台：Plane Support 為本案設立專屬航太增材製造實驗室，核心是 **Markforged FX10** 工業級列印平台。圖為 FX10 原廠照片。

「風管聽起來很簡單，真要複製就不是了。這些是複雜的形狀，必須精準貼合、在機上的表現要跟原件一模一樣——而這每一步我們都得向 CASA 證明。」

— **Jason Hazell**, Director of Engineering, Plane Support

核准的範圍

WHAT WAS APPROVED

核准對象與範圍

SCOPE OF THE CASA APPROVAL

核准主體

Plane Support —— 作為零件製造商

核准零件

Bell 214B (B-1) 客艙空調風管

核准框架

CASA Australian Parts Manufacturer Approval (APMA)

連帶效果

擴大 Plane Support 既有 CASA Part 21K 增材製造能力範圍

既有資格

Part 21K · Part 21G · Part 145，並運行 AS9100 品質管理系統

APMA

CASA 零件製造商核准
可合法製造並裝機

21K

既有 Part 21K 範圍
因本案往外擴大

~2 年

開發與舉證歷時
全程與 CASA 諮詢

1 → n

同一套程序可延伸至
其他零件與其他機型

這份核准真正的產出，不是那顆風管，而是一條走通了的路徑：沒有前例可循時，程序、品質系統與檢驗方法都是從零建立，再逐項向主管機關證明。底子建好之後，下一顆零件走的是同一條路。

「我們沒有現成的流程可以照抄，所以自己做出程序、品質系統與檢驗方法，再跟 CASA 一步步走過。這套底子，現在成了我們做其他零件、其他機型的通路。」

— Jason Hazell, Director of Engineering, Plane Support

用語說明

CASA 核准的對象，是 Plane Support 作為製造商、以及那顆特定零件的製造方案；Markforged FX10 是該核准製程中所使用的平台。精準的說法是「以 Markforged FX10 為核心所建立的製程，取得 CASA APMA 核准」。公開新聞稿未揭露交期與成本數字，本文因此不作推估。

意義與脈絡

SIGNIFICANCE & LINEAGE

對機隊與型別檢定證持有人而言，老機型的停產件從此有了合法的本地補給路徑，不必完全受原廠供應鏈的節奏支配。對MRO與零件製造商而言，APMA與Part 21K是可累積的資格資產——第一顆件最難，之後是沿用。本案也說明了一件事：適航舉證的門檻落在程序與檢驗，不在印表機本身。

這條脈絡上，Markforged 平台在民航認證件的既有紀錄如下：

- **2024** **Spectrum Networks × ALOFT AeroArchitects（美國）**
以 FX10 與 X7 平台，單年產出 10,000+ 件已裝機的認證零件；雷射測微儀逐層檢測並自動產出符規報告。服務 VIP／公務機客艙與停產件重製。
- **認證** **Cabin Management Solutions（美國）**
Onyx FR-A／Carbon Fiber FR-A 透過 NCAMP 程序在 X7 上完成認證，已開發 100+ 件 end-use 飛行件，具完整材料追溯。
- **材料** **阻燃級複材與連續纖維**
Onyx FR-A／CF FR-A 對應 FAA 14 CFR 25.853 客艙阻燃要求；連續纖維複材提供鋁等級強度，重量約為三分之一。
- **2026** **Plane Support × McDermott Aviation（澳洲・本案）**
以 FX10 為核心的製程取得 CASA APMA 核准，製造 Bell 214B 客艙空調風管。



型別檢定證的責任：McDermott Aviation 創辦人暨總裁 John McDermott —— 「這架飛機的型別檢定證在我們手上，所以讓它持續可被支援，責任就在我們身上。」

讓舉證站得住腳的三件事

MATERIAL · TRACEABILITY · SIMULATION

Plane Support 自建了程序、品質系統與檢驗方法——這是舉證工作的主體。而讓這些程序站得住腳的，是三項對得上適航要求的底層能力：**本案採用 Onyx FR-A 阻燃航太級複材**，製程端以 **Inspection** 的機載量測建立零件追溯與符規報告，並以 **Simulation** 在列印前驗證結構表現。

■ 材料 Onyx FR-A — 本案採用的阻燃航太級複材

阻燃等級複材，對應 **FAA 14 CFR 25.853** 客艙阻燃要求。FR-A 為 **NCAMP 航太版**，已在 X7 上完成 NCAMP 認證，**FX10 使用同款材料**。搭配連續纖維可提供鋁等級強度、重量約為三分之一。料號後綴 **-A** 即代表可追溯／合格認證版本。

■ 追溯 Inspection — 機載量測與製程追溯

列印過程中以機載雷射測微儀掃描零件內外特徵，列印完成立即驗證並自動產出可定制的 **pass/fail 量測報告**（含熱力圖與點雲）。同時保留 **process control data**：誰印的、何時印、哪一版機台與軟體——這正是適航舉證要的那條鏈。可省去外送 CMM 的後檢成本，並以 **Part Approval Workflows** 建立零件審核與核准流程。

■ 模擬 Simulation — 以模擬取代部分實體試驗

在 Eiger 內模擬零件的強度與剛性：設定列印參數預測表現 → 視覺化負載下的變形 → 自動配置參數以同時滿足效能並壓低列印工時與耗材 → 從多個方案中挑最佳。用途是**取代昂貴耗時的物理測試、縮短開發週期**。實例：PUNCH Torino 的 camshaft locking tool 迭代由 8 次壓到 1 次。



一致性才是重點：一批剛完成的列印件停在平台上。製程追溯要回答的不是「這一顆行不行」，而是「**每一顆都一樣嗎**」——機載量測在列印當下就把答案留成報告。圖為 Markforged 原廠照片。

方案層級說明

Simulation 與 Inspection 屬 Digital Forge Complete (DFC) Advanced 方案模組，非購機即附；On-Prem（禁用雲端）環境的功能範圍另有差異。導入前請確認方案層級與機型支援（Inspection 支援 X3/X5/X7/FX10 工業系列）。

最難的從來不是印出來， 是證明它可以上飛機。

Proving it can fly is the hard part.

Plane Support 花了近兩年，把一顆 Bell 214B 風管從掃描、逆向、重新設計，一路走到主管機關簽字。程序、品質系統與檢驗方法齊備之後，下一顆零件、下一型飛機，走的是同一條路——這就是為什麼這份核准的價值，遠大於那顆零件本身。

SOURCES

AerialFire Magazine — “Plane Support Gains CASA Approval for 3D Printed 214B Helicopter Parts” (2026-10-12)

Plane Support — planesupport.com · McDermott Aviation — mcdermottaviation.com

註：本文事實、人物職稱、語錄、法規框架與時程皆引自上述公開新聞稿（兩家公司聯合發布）；中譯由 Markforged 大中華區整理。CASA 核准之對象為 Plane Support 作為製造商及其特定零件製造方案，非對任何印表機品牌之適航背書。公開稿未揭露交期與成本，本文未作推估。人物照片著作權歸原權利人所有。