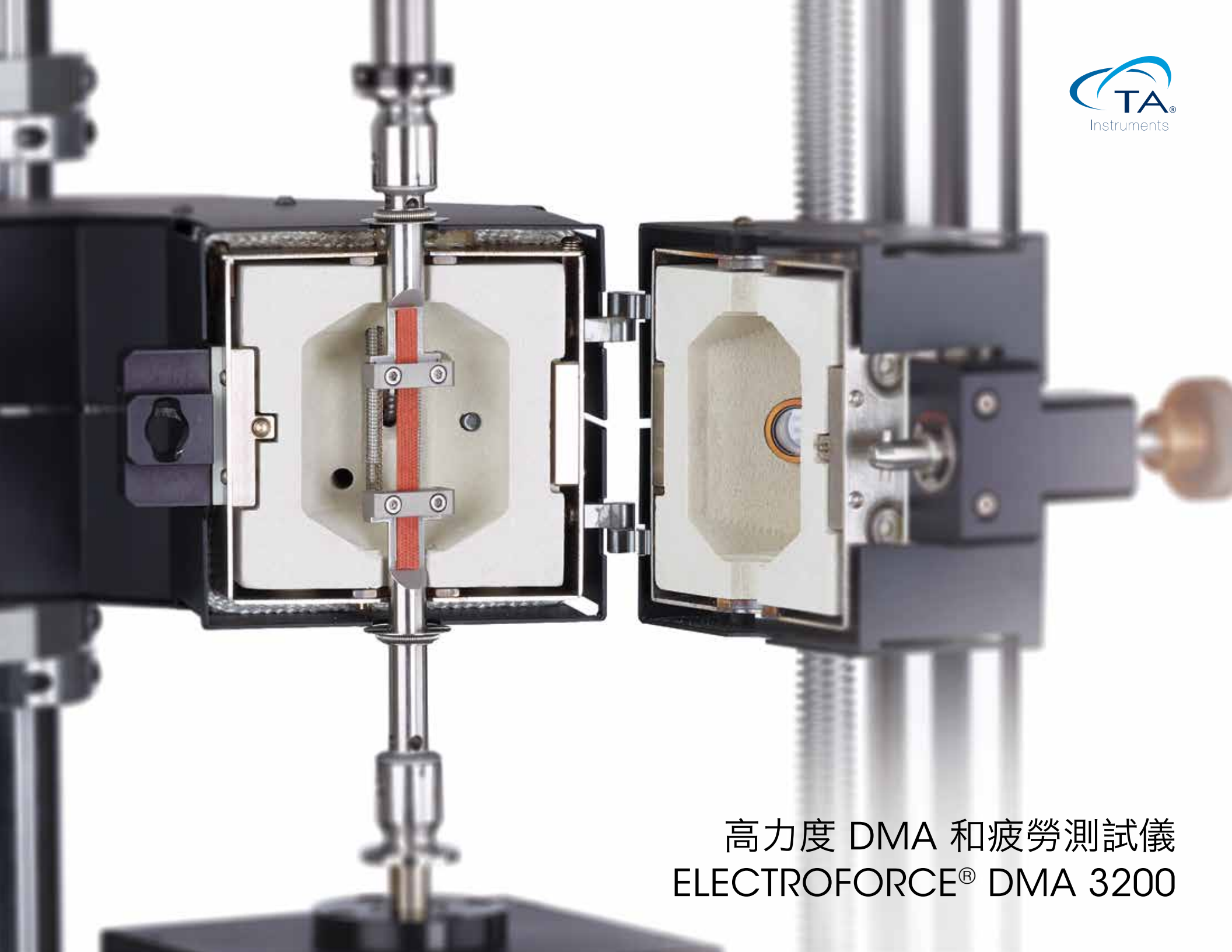
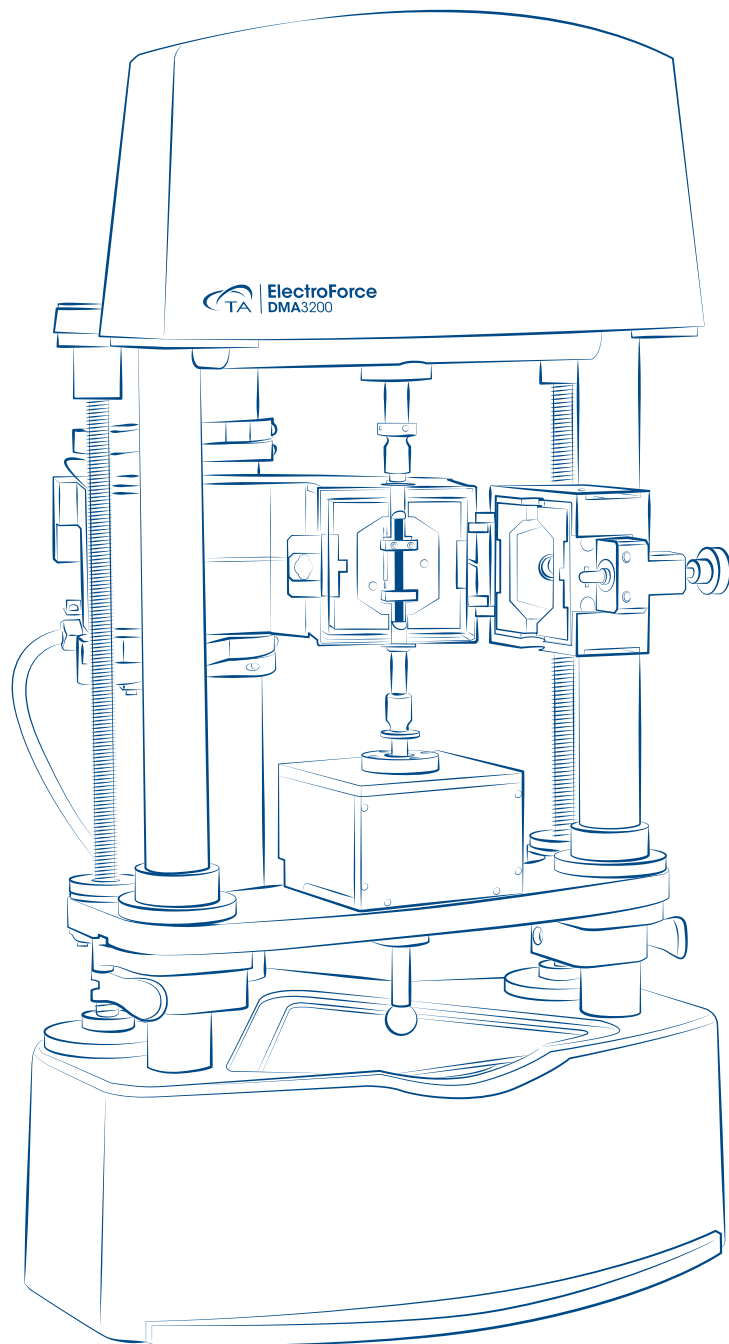




高力度 DMA 和疲勞測試儀
ELECTROFORCE[®] DMA 3200



在實際的日常使用中，材料在多種環境情況下遭遇各種機械負載和變形（壓力和張力）。因此，對於幾乎各行各業（包括航太、醫療裝置、瀝青、汽車、電子、生物材料、彈性體、複合材料、食品等）的大多數應用而言，機械屬性通常被認為是材料的所有物理和化學屬性中最重要的屬性。

由於對高品質、高效能產品的需求日益增加，瞭解這些材料的複雜黏彈力學屬性顯得相當重要，唯有如此才能確保可靠性、可加工性和最終使用效能。對於想要瞭解這種複雜固體和軟固體材料力學行為的科學家和研究人員而言，最重要的兩套儀器是動態機械分析儀（DMA）和疲勞測試系統。對於整個價值鏈中的多種材料特性，DMA 提供結構屬性分析。疲勞分析可深入瞭解重複載入下的強度，掌握產品耐用性和可靠性。

TA Instruments 歡欣宣佈推出 ElectroForce® DMA 3200。這是藉由單一平台進行高力度 **DMA** 和疲勞鑑定展現絕佳效果的強力高效儀器。只有 TA 能夠結合專利線性動作技術與領先全球的 DMA 功能，對於最嚴苛的應用推出最多功能的機械測試平台。

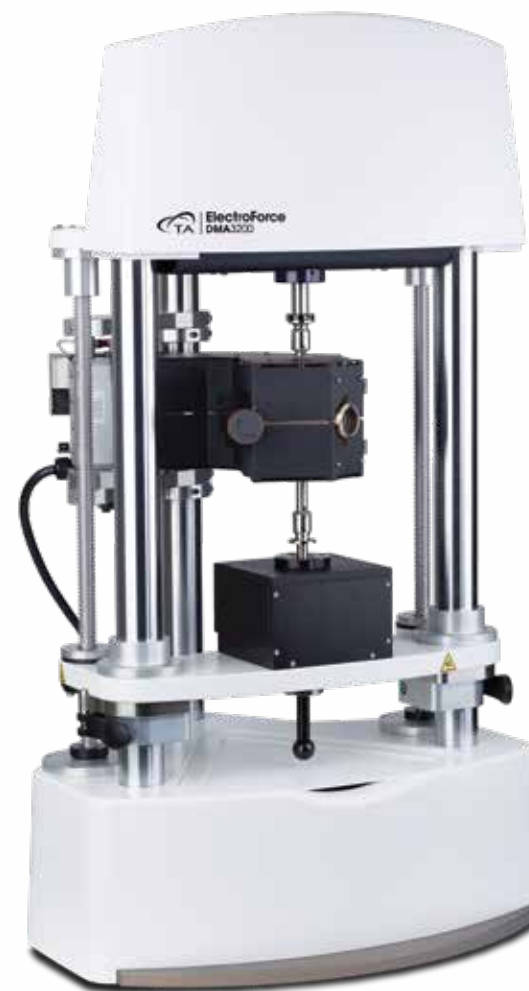
高力度 **DMA** 和疲勞 | DMA 3200

DMA 3200 結合數十年的尖端疲勞技術與領先世界的動態機械分析技術，成為獨特的多功能測試平台。專利的無摩擦 **ElectroForce®** 馬達技術、絕佳的機械設計、高效率的環境控制和多樣化的夾鉗系統可達到最多種應用的準確度。

單一儀器的終極機械測試多樣化發揮 領先業界的 **DMA** 和疲勞測試功能

功能和效益：

- 專利的線性馬達和高解析度位移感測器可有效控制最多樣的力度、位移和頻率，達到絕佳的準確度
- 極耐用的無摩擦馬達享有業界唯一的十年保固，運作完全不需要維護，而且安心無虞
- 高力度 500 N 可在 DMA 和疲勞分析中達到更高的負載層級，因此能夠在實際情況下測試更大的試樣或最終零件
- 強制對流加熱爐 (FCO) 能夠在 -150°C 到 600°C 的溫度下達到絕佳的控制和響應，同時在實驗熱環境中達到最高的準確度和彈性
- 大型試樣爐 (LSO)，可承受 -150°C 到 315°C 的溫度，內部空間相當大，可用來測試大型試樣或元件
- 空氣冷卻系統 (ACS) 提供次環境測試的獨特氣流降溫，完全不使用液態氮，消除潛在的實驗室危險，同時達到絕佳的投資成本效益
- 各種夾具適合多種試樣尺寸和形狀，測試更加多樣化
- 極為堅固的測試框架和空氣軸承確保極高剛度的試樣達到最準確的結果
- 多色狀態燈可對於儀器和測試狀態呈現清晰的視覺指示
- WinTest® 和 TRIOS 軟體套件提供強大而容易使用的儀器控制和數據分析，使實驗設計展現絕佳的彈性

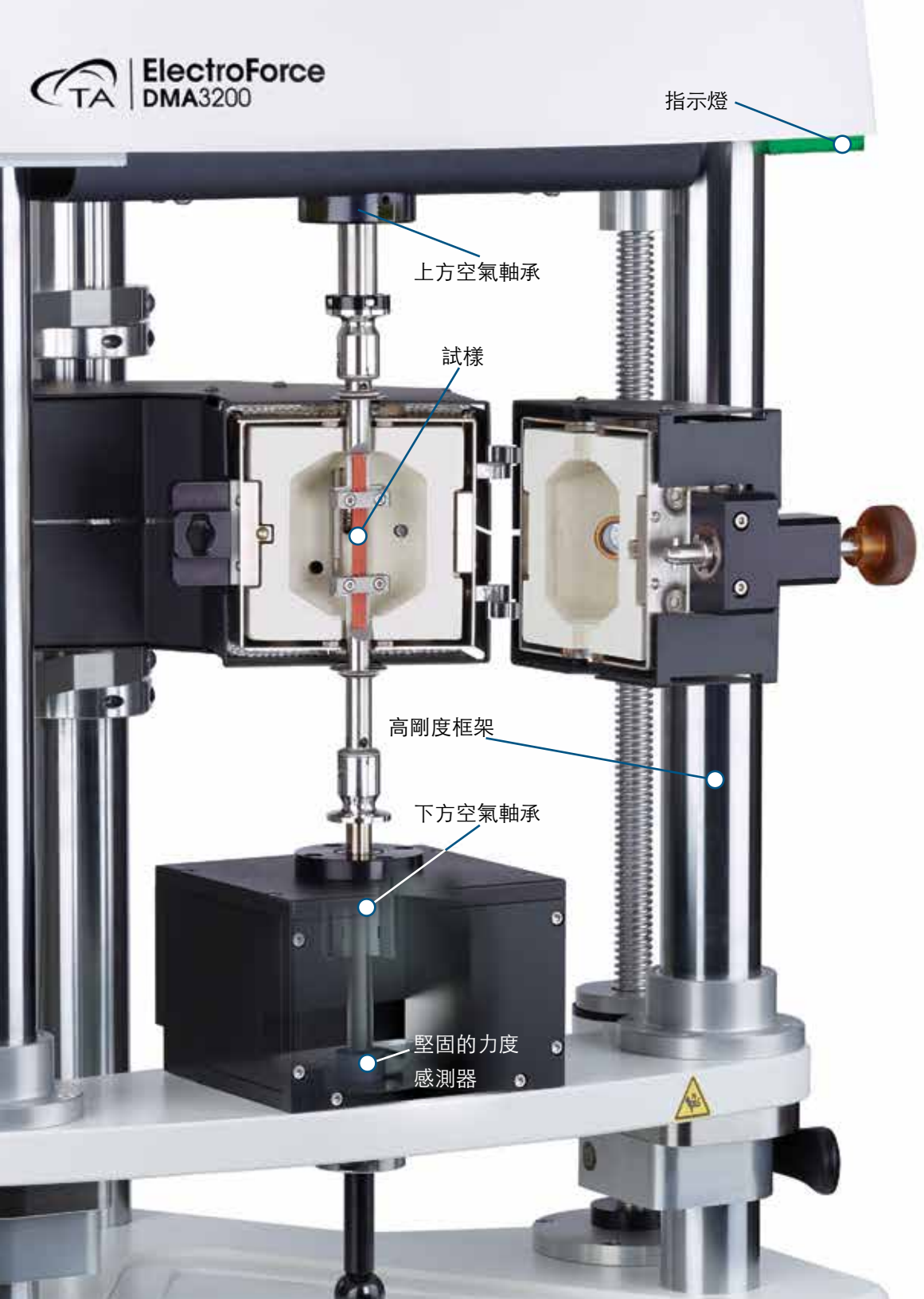


ElectroForce® 線性馬達

DMA 3200 採用專利的 ElectroForce 線性馬達技術，藉由單一儀器即可達到絕佳的效能和數據準確度。這項獨特的馬達技術結合強大的稀土磁鐵與無摩擦撓曲懸吊，對於多種頻率和振幅達到最準確的力度和位移控制。DMA 3200 馬達可達到 500 N 的力度輸出，並達到介於 1 微米到 13 毫米之間的控制位移。測試可在靜態和動態模式中進行。

此外，無摩擦的動磁式設計不需要其他馬達設計中存在的失效點，例如移動絲和軸承劣化。這可確保達到最持久可靠的效能，ElectroForce 疲勞測試儀器可運作數十億次，長達數十年無需維護。這是業界唯一提供十年保固的馬達。

由於 DMA 3200 採用這項高效率、靜音且無需潤滑的馬達技術，因此適用於從實驗室到生產現場或從無塵室到辦公室的任何地點。



高解析度光學位移感測器

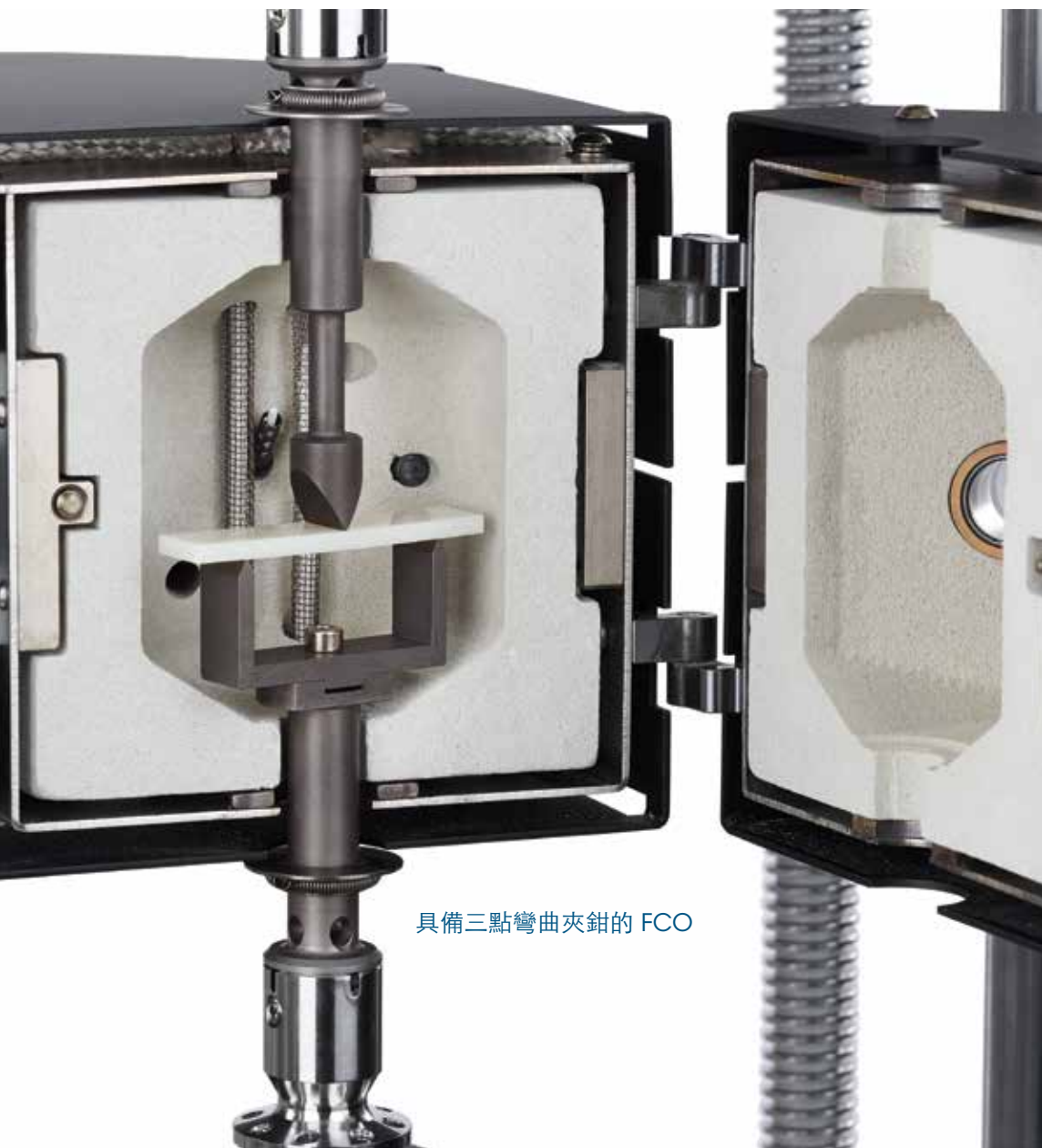
DMA 3200 採用高準確度位移感測器 (HADS)，對於 DMA 及疲勞測試所需的大小變形可進行最高純度控制及測量。HADS 是以奈米解析度高速進行無摩擦低噪音測量的極度效能光學裝置。感測器靠近試樣放置並載入軸，藉以大幅減少力移比或熱膨脹的誤差。

可更換的力度感測器

高剛度和高頻寬力度感測器安裝於堅固框架的底座，而且可進行更換，展現測試範圍的彈性。儀器配備標準的 500 N 感測器，而且可選擇安裝 22 N 力度感測器改善軟試樣測試的低力度數據。

高機械剛度設計

在機械測試中，採用框架、連接元件和試樣夾鉗等高剛度元件的儀器設計對於測量準確度而言相當重要。大幅減少儀器元件變形或力移比，可減少似乎是試樣變形的位移測量。3200 的極高剛度設計可確保絕佳數據準確度。首先，堅固的三排框架設計可達到最佳的軸剛度和離軸剛度，試樣上方及下方的空氣軸承能夠進一步增強兩者的剛度。不同於造成測量出現噪音和摩擦的傳統滾動軸承或平軸承，空氣軸承能夠維持無摩擦 ElectroForce® 線性馬達的高效能。



具備三點彎曲夾鉗的 FCO

DMA 3200 可藉由兩個環境系統的其中一個進行設定，展現滿足多種測試需求的彈性。兩者均提供多種夾鉗系統，而且與 **TA** 的空氣冷卻系統相容，這個系統提供次環境測試的獨特氣流降溫，完全不使用液態氮。

強制對流加熱爐 (FCO)

FCO 是材質測試的首要溫度裝置，其設計能夠達到最佳的溫度響應時間、一致性和穩定性。這組強大的爐具能夠以 60°C/min 的速率加熱。使用雙元件電阻槍加熱器可達到絕佳的溫度穩定性。這個加熱器能夠將反轉氣流送入特殊形狀的爐室，達到最佳的氣體混合效果，而在 -150°C 至 600°C 的溫度範圍呈現一致性和穩定性*。FCO 的標準配備有便利的長效內建 LED 燈和觀察孔。選用的液態氮冷卻系統可將溫度控制於 -150°C。另外，可使用 LN2 無空氣冷卻系統將 FCO 降低至 -100°C。

大型試樣爐 (LSO)

LSO 內部空間極大，可容納較大的試樣或元件。在此設計中，空氣經過兩個電阻元件進入模槽，對於大容量進行 -150°C 至 315°C 之間的溫度控制達到最佳的一致性。LSO 有標準的大型 140 mm x 190 mm 觀察孔和方便使用的拆卸門。大容量 LSO 適合使用獨特應用的自訂夾鉗解決方案設定 DMA 3200。

*500 °C 以上的測試需要高溫試樣夾鉗

空氣冷卻系統 (ACS)

空氣冷卻系統提供次環境測試的獨特氣流降溫，完全不使用液態氮。提供 ACS-2 和 ACS-3 兩種機型的冷卻系統採用多段式串級壓縮機設計，能夠使用壓縮空氣 (7 bar, 200 l/min) 做為冷卻媒介。ACS-2 和 ACS-3 機型能夠分別使 FCO 在最低 -55°C 和 -100°C 的溫度下運作。對於 LSO，ACS-2 和 ACS-3 機型能夠分別在最低 -15°C 和 -50°C 的溫度下運作。冷卻系統能夠不使用或減少使用液態氮，並消除或減少與任何實驗室有關的任何危險，而且達到絕佳的投資成本效益。



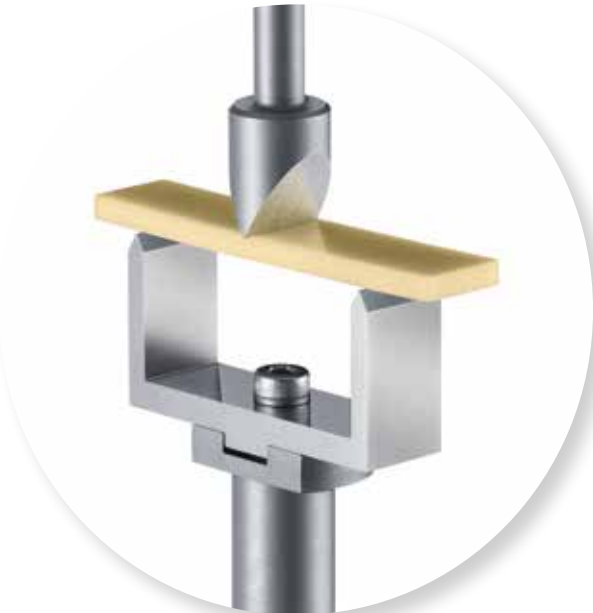
ACS-3

ACS-2



具備張力夾鉗的 LSO

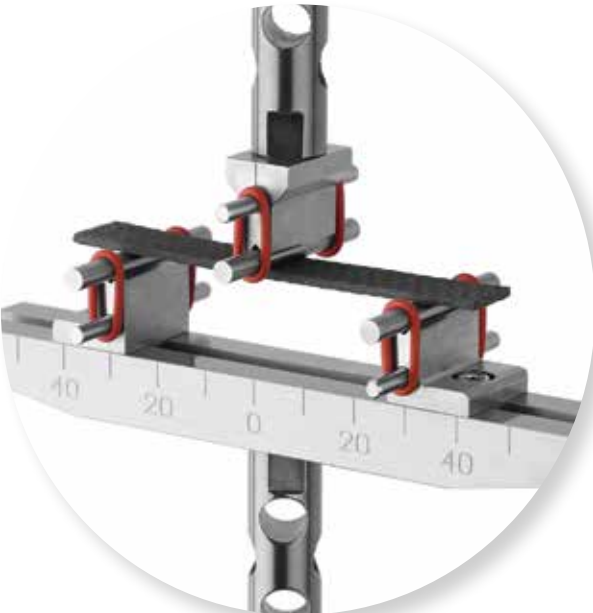
DMA 3200 具備多種試樣夾鉗系統，提供適應多種試樣剛度的多種變形模式。**FCO** 可使用的標準夾鉗系統包括張力、壓縮，三點彎曲、夾鉗彎曲和剪切層疊。以 **17-4** 不鏽鋼製成的標準 **FCO** 夾鉗可耐受的最大溫度為 **500°C**，選用夾鉗可耐受的最大溫度則提升到 **600°C**。以鈦製成的 **LSO** 夾鉗系統可容納較大的試樣，而且提供張力、壓縮和三點彎曲模式。所有 **FCO** 夾鉗均適用於 **LSO**。



FCO

三點彎曲

在此模式中，試樣兩端和中央的三個接觸點周圍會變形。這是變形的「單純」模式，因為試樣是由消除夾鉗效果的支點所支撐。這適合測試剛度材質的實心桿，例如複合材料、陶瓷、玻璃和半結晶聚合物以及金屬。



LSO



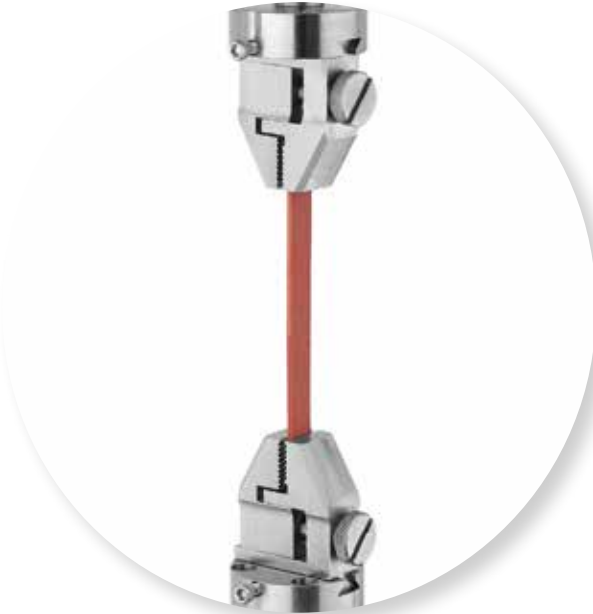
FCO



FCO

張力

此模式夾住試樣的上下兩端並施加張力。張力夾鉗適用於薄膜、長條、長桿以及個別纖維和纖維束的張力測試。



LSO

壓縮

此模式將試樣放在上下圓板片中間，而且在各種壓縮條件下變形。壓縮可用來測試許多低模數至中模數的材質，包括泡棉、彈性體、凝膠和其他軟質固體。



LSO



雙懸臂和單懸臂

懸臂模式也稱為「夾鉗」或「支撐」彎曲模式，因為支撐點和變形點是以機械的方式固定於試樣。雙懸臂夾住試樣的兩端和中央。同一個夾鉗也做為單懸臂之用，夾鉗夾住試樣的一端和中央。單懸臂可用來測試較短的試樣長度。懸臂適合熱塑性和彈性體以及其他高阻尼材質的一般用途測試，並適合測量塗層基材的轉變。



剪切層疊

在剪切層疊中，兩片相同大小的材質「層疊」在兩端和中央板片之間。施加的變形與試樣厚度平行，最終的變形是簡單的剪切。此模式有時稱為雙面接伸剪切。測試的典型試樣包括聚合物熔體、泡棉、彈性體、凝膠、糊狀物和其他軟質固體或高黏度液體。

夾鉗規格	FCO* 夾鉗試樣尺寸	LSO 夾鉗試樣尺寸
張力	長 35 mm、寬 12.5 mm，和 1.5 mm 厚	長 100 mm、寬 12.7 mm、厚 8 mm
壓縮	提供直徑 8、15 和 25 mm 板片； 最大試樣厚度為 15 mm	直徑達 50mm，厚度為 100 mm (高度)
三點彎曲	跨距 10、25 和 40 mm。 寬 12.8 mm，厚 5 mm	可調整跨距 10 至 100 mm。 寬 13 mm，厚 10 mm
懸臂彎曲	長 38 mm，寬 12.5 mm，厚 1.5 mm	無
剪切層疊	試樣厚度 0.5、 1.0 和 1.5 mm；剪切表面為 15 mm²。	無

* 註：所有 FCO 夾具均與 DMA 3200 LSO 環境系統相容。包含配接器。

DMA 3200 由業界最強大的兩套軟體驅動：**WinTest®** 和 **TRIOS**。這兩套軟體提供進階的演算法、精密的數據視覺化和強大的分析工具，能夠以快速彈性的方式進行和呈現實驗。

WinTest 進階控制軟體

WinTest 是強大的 DMA 3200 儀器控制和數據擷取軟體。它提供在疲勞和 DMA 實驗設計方面具有相當彈性的直覺式環境。DMA 實驗方法包括溫度升降、溫度掃描、張力掃描和頻率掃描。使用包括正弦、三角形、正方形或升降的多種波形即可設定疲勞和升降至失效測試。此外，可合併波形，也可匯入實際波形。獨特的 TuneIQ 和控制停止可簡化調整作業，有助於使用者控制 ElectroForce® 馬達的加速和動力。



數據分析軟體的 TRIOS

TA Instruments TRIOS 軟體能夠無縫傳輸 WinTest 的 DMA 數據，為實驗人員提供領先業界的 DMA 數據分析和呈現工具。這套直覺式軟體包含多個繪圖工具，其中包含多軸繪圖、智慧型預設和使用者可自訂的圖形設定、拖放重疊，以及使用者定義的變數。DMA 分析模式和功能的完整範圍包括時間溫度疊加 (TTS)、峰值分析、起點分析、峰值累計以及連續和離散弛豫頻譜。軟體可離線安裝於任何電腦，以便與同事共用數據。



動態機械分析 (DMA)

DMA 是對於試樣施加正弦變形、壓力或張力的技術，用來測量黏彈響應。在實驗中可保持固定或變化(掃描) 的變形頻率和量值。材質對變形的響應以溫度、頻率或時間函數的形式進行監視。DMA 可用來決定多種機械屬性 (即黏彈材質的模數、E*、儲存和損耗模數 (E' 和 E'') 和阻尼 (tan δ))、偵測分子動作，並發展結構屬性關係。

可測量材料屬性和 DMA 的一般應用如下：

- 材料屬性：

 - 彈性模數 (E)
 - 剛度模數 (G)
 - 複合模數 (E*、G*)
 - 儲存和損耗模數 (E'、E''、G'、G'')
 - 阻尼屬性 (tan δ)
 - 複合剛度 (K*)
 - 儲存和損耗剛度 (K'、K'')
- 一般應用：

 - 玻璃轉變溫度
 - 二次轉變
 - 軟化和熔化溫度
 - 時間溫度疊加
 - 線性黏彈區域
 - 佩恩效應
 - 穆林斯效應
 - 分子量/交聯
 - 固化研究
 - 可傳性
 - 滯後
 - 物理或化學老化
 - 取向效應
 - 添加劑影響
 - 衝擊強度



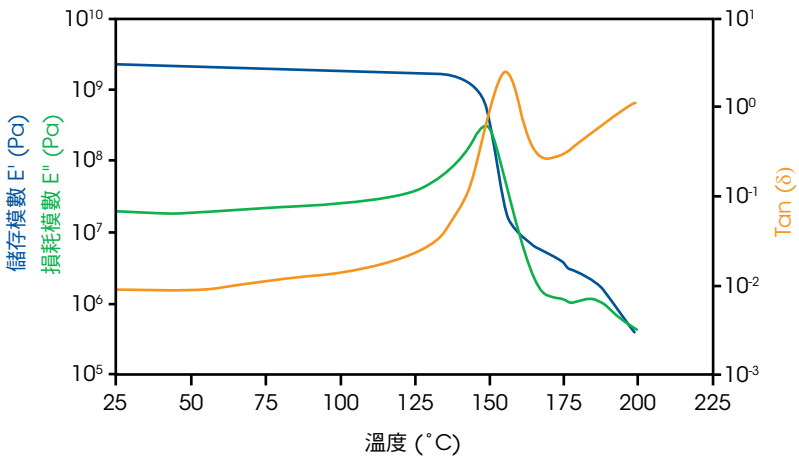
高力度動態機械分析 (DMA)

DMA 3200 的高力度能力能夠增加實驗裝載方式，而且能夠測試較大的試樣或實際元件。右圖顯示高力度 DMA 功能的範例。

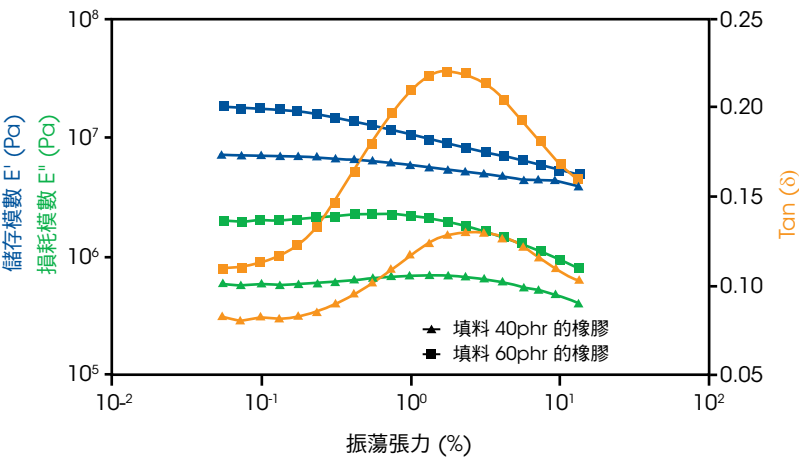
上圖顯示聚碳酸酯桿的溫度升降，加熱速率為 3°C/min，張力為 0.4%。試樣尺寸為 1.6 毫米厚、12.8 毫米寬、19 毫米長。這些結果呈現 DMA 3200 設計在許多方面的能力。首先，DMA 3200 的高力度、高剛度設計能夠在張力模式中於聚合物的玻璃區域或低於 T_g 的溫度下測試如此厚的試樣。較傳統的低力度 DMA 儀器設計在力度和剛度受到限制。如此的結果必須在彎曲配置與張力中取得。其次，達到絕佳低力度靈敏度的無摩擦設計能夠特徵化三十多年的模數變化中出現的玻璃轉變。

下圖顯示使用壓縮夾鉗在溫度 30°C 和 10 Hz 頻率下對於兩個圓柱形橡膠試樣進行的張力掃描。試樣的直徑為 10 mm，厚 20 mm。這兩個橡膠試樣有不同的填料含量，也就是 40 phr 和 60 phr，其中的 phr 是每一百個橡膠的零件批次常設單位。可以看出，更高的填料含量導致更高的模數以及更多的張力相關模數。在此測試中，施加 20% 張力（相當於 5 mm）所用的力度接近 60 N。這些結果突顯 DMA 3200 的高力度和絕佳的位移控制。

聚碳酸酯在張力作用下的溫度梯度



張力-壓縮的橡膠張力掃描



疲勞和準靜態測試

大部份的材質、元件和裝置在使用時均暴露於重複裝載的條件下，而且如此的裝載會導致材質疲勞。如此的疲勞會導致材質行為的劇烈變化而影響整體效能，也可能導致完全重大失效。機械疲勞測試可呈現材質、元件或裝置如何和何時由於震盪力或應力而失效。對於材質行為呈現的這些數據有助於確保產品效能，並確認是否達到宣稱的使用壽命。

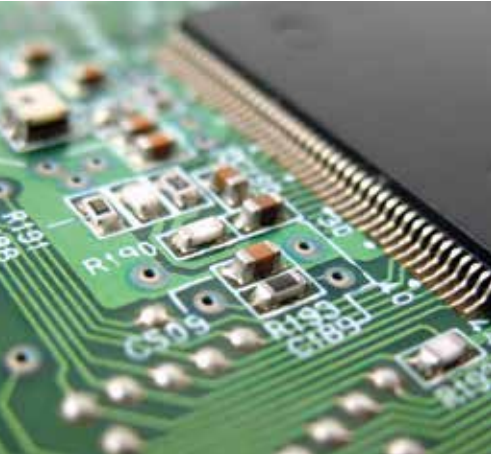
單調測試也稱為張力測試，可用來評估強度和變形反應。在此情況下，會在單一載入失敗測試中測量屬性。

DMA 3200 可測量各種材質、元件或裝置特性，並支援多種動態或靜態強度研究。

- 範例測量：

 - 彈性模數 (E)
 - 剛度 (K)
 - 產率強度
 - 張力強度
 - 斷裂時伸長
 - 疲勞強度
- 範例強度研究：

 - 加速壽命測試
 - SN 曲線決定
 - 機械老化
 - 潛變和復原
 - 壓力弛豫
 - 張力測試



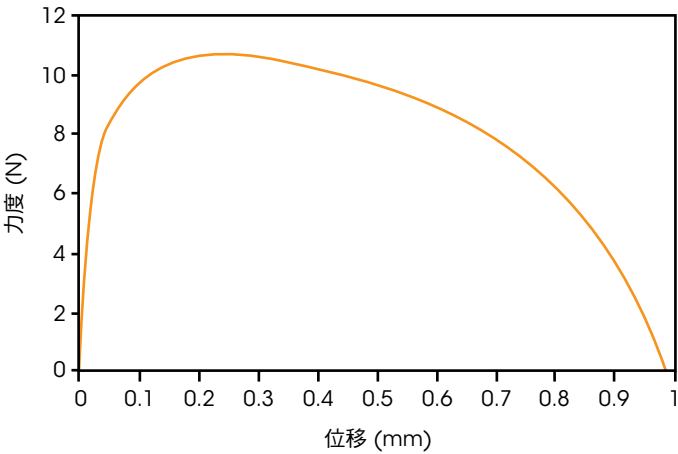
進行疲勞和準靜態測試

DMA 3200 的彈性、能力和耐用性也適合進行 DMA 以外的多種測試。大範圍的速度和力度可用來進行疲勞和準靜態測試。右圖顯示這些功能的範例。

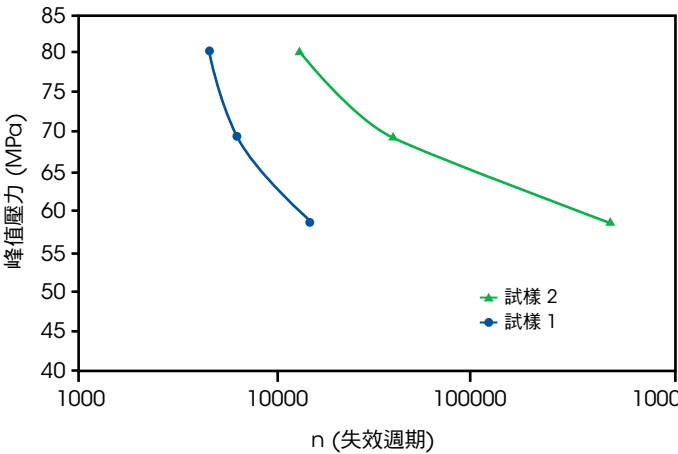
上圖顯示對於小焊料條進行的單拉斷測試，也就是張力測試。位移升降控制在每分鐘 1 微米，溫度保持在 25°C。試樣為直徑 0.5 mm，長 2 mm。此測試需要長時間緩慢準確控制位移，在此個案中為 14 小時。在圖的左邊，試樣在測試開始時呈現典型的線性區域。在圖的中間和右邊，則呈現相當長的延性破壞。此測試呈現 ElectroForce® 線性馬達的彈性。雖然具有極高的動態能力，不過也能夠用於精準的緩慢測試。

下圖顯示對於熱塑性彈性體進行疲勞研究的結果。此條曲線通常稱為「S-N 曲線」，代表強度與週期數兩者之間的關係。這個常見的圖形顯示並特徵化裝載層級功能的材質或元件週期裝載時間。可看出壓力下降，試樣需要更多失效週期。此測試呈現 DMA 3200 如何運用高加速和耐用性性質進行高週期測試。

焊料的張力疲勞試驗



比較兩種熱塑性彈性體的疲勞測試



DMA 3200 | 規格

儀器規格	DMA	疲勞及準靜態
最大力度	500 N	450 N
最小力度		
500 N 感測器	0.2 N	5.0 N
選用 22 N 感測器	0.025 N	0.22 N
力度解析度		
500 N 感測器	0.006 N	0.015N
選用 22 N 感測器	0.00026 N	0.00067 N
動態位移範圍	±0.0005 至 ± 6.5 mm	±0.002 至 ± 6.5 mm
位移解析度	1 奈米	1 奈米
最大加速	80 G	80 G
50 Hz 下的最大位移	± 6.5 mm	± 6.5 mm
100 Hz 下的最大位移	± 1.0 mm	± 1.0 mm
模數範圍	10³ 至 3x10¹² Pa	無
模數精度	± 1%	無
Tan δ 靈敏度	0.0001	無
Tan δ 解析度	0.000015	無
頻率範圍	0.01 至 100 Hz	0.00001 至 300 Hz

爐具規格	FCO	LSO
最高溫度	600 °C *	315 °C
加熱速率	0.1 至 60 °C/min	0.5 至 10 °C/min
降溫速率	0.1 至 60 °C/min	0.5 至 10 °C/min
等溫穩定性	± 0.1 °C	± 2 °C
內部尺寸	70 mm 高 x 60 mm 直徑	191 x 200 x 200 mm

* 註：標準試樣夾鉗可耐受的最大溫度為 500°C。選用試樣夾鉗適用於達到 600°C 的測試。



美洲

美國德拉瓦州紐卡斯爾
美國猶他州林頓
美國麻塞諸塞州韋克非爾德
美國明尼蘇達州伊甸草原
美國伊利諾州芝加哥
美國加利福尼亞州爾灣
加拿大蒙特利爾
加拿大多倫多
墨西哥墨西哥城
巴西聖保羅

歐洲

德國許爾霍爾斯特
德國波庫
德國埃施博恩
德國威茲拉爾
英國艾斯特里
比利時布魯塞爾
荷蘭埃頓呂爾
法國巴黎
西班牙巴塞隆納
義大利米蘭
波蘭華沙
捷克共和國布拉格
瑞典索倫蒂納
丹麥哥本哈根

亞洲和澳洲

中國上海
中國北京
日本東京
南韓首爾
臺灣臺北
中國廣州
馬來西亞八打靈再也
新加坡
印度邦加羅爾
澳大利亞雪梨



tainstruments.com