塑膠特徵 · 卡扣 · 一體式鉸鏈 · 技術參考文件 · 公開

卡扣與一體式鉸鏈 設計

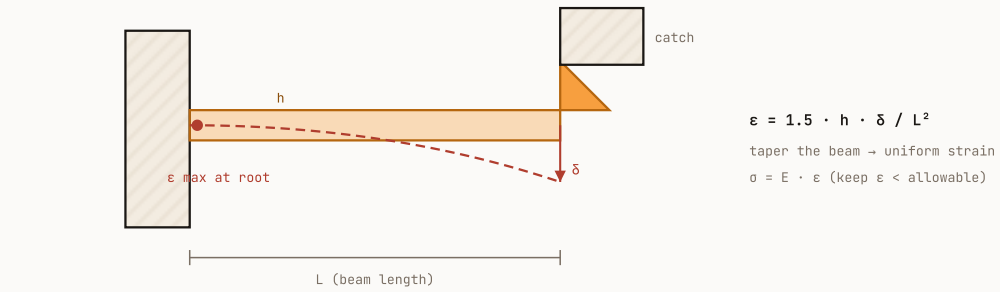
懸臂式與環形卡扣、一體式鉸鏈（活動鉸鏈）的設計——應變極限、保持力與組裝力的取捨、鉸鏈幾何，以及耐用的材料。

修訂	發行	負責	附件
1.0	June 2026	Ideambox 工程團隊	PDF 技術參考

摘要

卡扣與一體式鉸鏈是直接成型在塑膠件上的「免費」特徵，可取代螺絲與獨立鉸鏈。它們靠彈性撓曲運作，因此整個設計就是應變問題：撓曲量要足以完成組裝，但又必須低於材料的容許應變，才不會斷裂或產生永久變形。

第 1 節介紹卡扣種類。第 2 節為懸臂卡扣（應變、力量）。第 3 節為環形卡扣。第 4 節為一體式鉸鏈。第 5 節為材料與成型。第 6 節為失效模式與檢核清單。



懸臂卡扣在組裝時撓曲 Δ，最大應變出現在根部，$E = 1.5 \cdot H \cdot \Delta / L^2$。只要低於樹脂的容許應變就不會損壞——將梁做成漸縮可分散應變，撓曲量也能更大。

目錄

1. 卡扣種類
2. 懸臂卡扣
3. 環形卡扣
4. 一體式鉸鏈
5. 材料與成型
6. 失效模式與檢核清單

1. 卡扣種類

卡扣在組裝時撓曲，隨後彈回，讓卡勾（或環）卡在擋塊後方。

種類	動作	用途
懸臂式（卡勾）	梁彎曲	預設選擇——大多數卡扣
環形	唇緣撐開越過環槽	蓋子、圓形面框、密封
扭轉式	桿件扭轉	槓桿、經常開啟的扣鎖

卡勾幾何決定行為：較平緩的**退出角（保持角）**（~30–45°）使其可拆；陡峭 / 90° 的面則為永久性。**導入角（插入角）**（~20–30°）決定組裝的難易。

撓曲量 δ	組裝時卡扣移動的距離
應變 ε	梁根部的局部伸長——需要限制的數值
容許應變	樹脂可承受的最大應變（一次性與重複使用不同）
保持角	卡勾面角度——小 = 容易脫開，90° = 永久

2. 懸臂卡扣

等截面懸臂的最大應變位於**根部**：

`ε = 1.5 · h · δ / L²`（h = 梁厚、L = 長度、δ = 撓曲量），應力 `σ = E · ε`。

- 保持 `ε ≤` 容許值（見下表）。**將梁做成漸縮**（往末端變薄或變窄）以平均應變——相同最大應變下，漸縮卡扣的撓曲量可達約 2 倍。
- **組裝力** ≈ 梁的撓曲力 ×（導入角的正切 + 摩擦）；**保持力**則以較陡的退出角計算。降低導入角使組裝更輕鬆；提高退出角使保持更牢固。
- 較長 / 較薄的梁容易撓曲（應變低），但保持力較小，需取得平衡。可使用
  Snap-fit stress
  工具計算尺寸。

樹脂	容許應變（一次性）	說明
ABS	2–3%	韌性佳，好用的預設選擇
PC	~2%	強度高但對缺口敏感
PP	5–6%	非常柔韌、容錯度高
PA（尼龍）	2.7–3.5%	強度高；吸濕會改變性質
POM（聚甲醛）	6–8%	極佳的卡扣材料
PE	~5%	柔韌、彈性模數低

可拆 / 重複使用的卡扣，以一次性容許值的 ≈60% 設計（循環次數多時要更低）。

3. 環形卡扣

環形卡扣將唇緣撐開越過對手件的環槽（瓶蓋、圓形外殼）：

- 以**環向應變** =（撐開直徑 − 環槽直徑）/ 環槽直徑 來計算尺寸——須低於材料的容許值。
- **整圈環**剛性高（保持力高、組裝力也高）；**分段環**（開槽）兩者皆降低，組裝較容易。
- 適合密封與對稱保持；需要密封時可結合 O 形環溝。

4. 一體式鉸鏈

一體式鉸鏈是一體成型的薄壁——設計得當可承受數百萬次循環，但必須用對樹脂：

- **材料：僅限 PP 或 PE**（或 PP 共聚物）。其他樹脂會龜裂。PP 是標準選擇。
- **幾何：** 薄壁厚度 **0.25–0.5 mm**、足夠的內側圓角（~0.4–0.6 mm）、短的平台段；薄截面應該是彎曲，而不是拉伸。
- **製程：** 澆口位置要讓**料流橫越鉸鏈**（沿鉸鏈方向的分子配向能大幅提升疲勞壽命），並在**成型後趁熱立即彎折鉸鏈一次**，以固定配向。
- 保持鉸鏈薄且厚度一致；過厚或不均的薄壁會疲勞並白化。

5. 材料與成型

- **卡扣：** POM 與 PP 容錯度最高；ABS 與 PA 很常見；PC 需要小心（對缺口敏感——根部要加圓角）。
- **梁根部一定要加圓角**——銳利的內角是應力集中源，會讓卡扣壽命減半。
- 注意**拔模與頂出**——卡扣常需要滑塊、斜頂或巧妙的分模線才能成型與頂出。

6. 失效模式與檢核清單

模式	原因	對策
組裝時斷裂	應變 > 容許值、根部銳角	加長 / 漸縮梁、根部圓角、改用更韌的樹脂
保持力喪失（潛變）	長期保持撓曲、高溫、樹脂偏軟	不要讓卡扣預受力，設計為零持續應變
疲勞（重複使用）	應變相對循環次數過高	設計值 ≪ 容許值、漸縮、改用 POM/PP
一體式鉸鏈龜裂 / 白化	樹脂錯誤、薄壁過厚 / 不均、澆口不當	PP/PE、0.25–0.5 mm 薄壁、料流橫越鉸鏈、趁熱彎折

檢核清單： 種類（懸臂 / 環形 / 扭轉）→ 由組裝行程決定 δ → 決定 L、h，使 $\varepsilon = 1.5h\delta/L^2$ 低於容許值（可重複使用取 ≈60%）→ 根部加圓角、梁做成漸縮 → 依永久或可拆選擇退出角 / 導入角 → 鉸鏈使用 PP/PE、0.25–0.5 mm 薄壁、料流橫越鉸鏈。

This document is also a web page, kept up to date:
https://ideambox.com/zh-hant/downloads/snap-fit-living-hinge/

Designing something that needs this? ideambox.com/contact