

doi: 10.7690/bgzdh.2016.11.012

搭扣配合在塑胶件中的应用

何佳林, 王新科, 汤庆儒

(中国兵器装备集团自动化研究所智能制造技术研发中心, 四川 绵阳 621000)

摘要: 搭扣配合在塑胶产品中的应用非常广泛, 搭扣配合可以在不使用粘合剂或铆接等方法的情况下实现塑胶零件之间的连接紧固。文中阐明了悬臂搭扣、环形搭扣和扭转搭扣 3 种搭扣配合形式, 并通过对这 3 种搭扣配合形式的基本设计要点进行归纳总结, 提炼具体参数, 为塑胶件搭扣设计提供理论基础, 达到降低制造模具过程中模具返修率的目的。

关键词: 搭扣配合; 挠曲; 扭曲

中图分类号: TP273 **文献标志码:** A

Application of Snap Fit in Plastic Parts

He Jialin, Wang Xinke, Tang Qingru

(Research & Development Center of Intelligent Manufacturing Technology, Automation Research Institute of China South Industries Group Corporation, Mianyang 621000, China)

Abstract: Snap fit is widely used in the plastic products. Snap fit can realize fastening connection among the plastic parts without the use of an adhesive or caulking. The paper introduces 3 snap fit forms, including the boom snap, the snap ring, and the snap-fit twist clasp. Through these 3 forms of snap fit, summarize the basic design elements, extract specific parameters, provide a theoretical basis for the design of plastic parts snap fit, and reduce mould repair rate in mould manufacturing process.

Keywords: snap fit; deflection; distortion

0 引言

由于搭扣配合可以在不使用粘合剂及焊接等方法的情况下, 实现塑胶零件的连接, 具有效率高、成本低且有利于环保的特点, 使搭扣配合在塑胶产品中的应用越来越广泛^[1]。

搭扣配合的连接形式可能各不相同, 但其基本原理是一致的, 即连接件的一方有一个凸出部分(称为凸缘), 而另一方有一个凹槽。装配时, 装配力迫使凸缘这一方部件产生瞬时曲挠变形, 才能向连接件的另一方推进, 待凸缘卡入凹槽, 连接的 2 部件锁定, 连接也即完成^[2]。连接完成后, 变形部分随之得到恢复, 配合部分处于相对无应力状态^[3]。

搭扣配合是一种精巧的塑胶件配合方法, 研究它的设计方法和设计规律具有重要的意义; 因此, 笔者对搭扣配合在塑胶件中的应用进行研究。

1 搭扣配合的基本分类

搭扣配合主要分为 3 种类型: 悬臂搭扣、环形搭扣和扭转搭扣。

悬臂搭扣(图 1)和环形搭扣(图 2)都基于相同的基本原理。通过加力(F)使零件结合在一起。当

零件接触时, 两者的连接受到零件间干涉力(Y)的排斥; 当力(F)足够大时, 与干涉力(Y)相等的弹性挠曲力(D)可以使零件结合在一起。一旦越过干涉点后, 挠曲即全部或大部分释放^[4]。

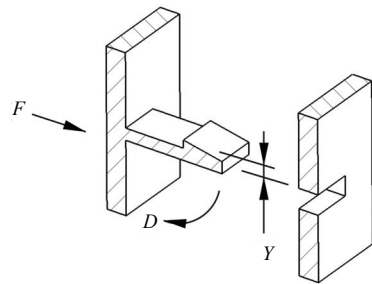


图 1 悬臂搭扣

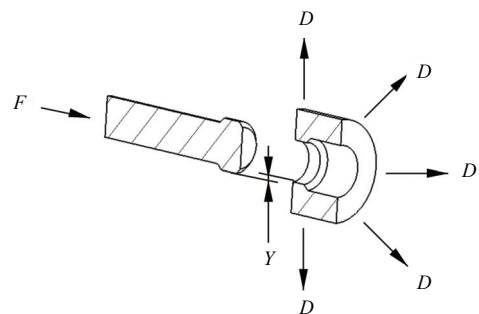


图 2 环形搭扣

收稿日期: 2016-08-16; 修回日期: 2016-09-22

作者简介: 何佳林(1986—), 男, 四川人, 助理工程师, 从事机械设计研究。

扭转搭扣连接不太普遍，可以看作悬臂搭扣的另一方式，其搭扣的弹力是通过使塑胶件产生扭曲而非挠曲得到的。

2 搭扣配合的基本设计要点

2.1 悬臂搭扣

悬臂搭扣的工作原理是将搭扣钩推过结合部分的障碍物(即扣)。如图 3，搭扣钩有一锥面(咬合角)可助其通过障碍物，还有另一锥面(脱开角)可助其再次脱开。一般脱开角比咬合角大，使其难以脱开；否则，悬臂搭扣就不能成为可靠的紧固件。当脱开角接近 90°时，实际上已不可能脱开，此时悬臂搭扣成为永久性结合^[5]。

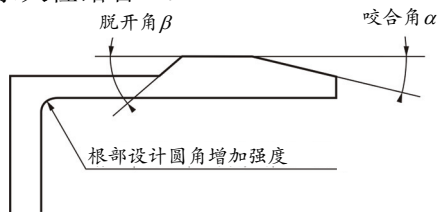


图 3 可脱开的悬臂搭扣钩

当搭扣钩推过搭扣时会挠曲，挠曲量等于钩与搭扣之间的干涉量(位置不配合量)，而挠曲量不得超过材料的允许应变变量。常规材料(无填充材料)的大致设计数据如表 1^[6]。

表 1 常规塑胶材料的设计数据

| 材料 | 允许应变变量/% | 挠曲模量/GPa | 摩擦系数 |
|------|----------|----------|------|
| PS | 2 | 3.0 | 0.3 |
| ABS | 2 | 2.1 | 0.2 |
| SAN | 2 | 3.6 | 0.3 |
| PMMA | 2 | 2.9 | 0.4 |
| LDPE | 5 | 0.2 | 0.3 |
| HDPE | 4 | 1.2 | 0.3 |
| PP | 4 | 1.3 | 0.3 |
| PA | 3 | 1.2 | 0.1 |
| POM | 4 | 2.6 | 0.4 |
| PC | 2 | 2.8 | 0.4 |

表中的允许应变变量数据适用于只使用几次的搭扣配合，如果仅仅使用一次，则应变变量可加倍。表中数据仅供参考，要精确设计就应从材料供应商处索取相应材料的数据。

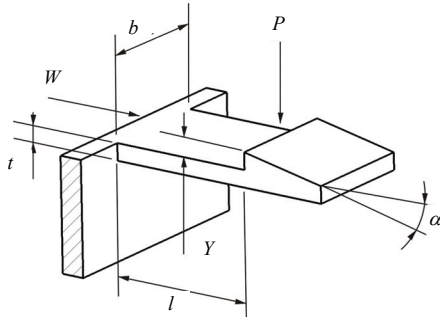


图 4 悬臂搭扣钩的尺寸及作用力

如图 4，对于恒定截面搭扣钩，可用下式求出最大挠曲量：

$$Y = \frac{el^2}{1.5t}$$

上述公式假设只有搭扣钩发生挠曲。在大多数情况下，搭扣钩所附着的零件表面也会发生少量挠曲。该少量挠曲可当作安全系数。如果钩的支撑表面刚度很大，那么应该将计算出的最大挠曲量除以安全系数。

推动搭扣钩产生挠曲量 Y 所需的法向力 P 可由下式计算：

$$P = \frac{bt^2Ee}{6l}$$

计算结果可用来计算推动钩与扣咬合的所需的水平力 W：

$$W = P \frac{\mu + \tan \alpha}{1 - \mu \tan \alpha}$$

对于可脱开的搭扣钩，可用相同公式计算出可脱开力，此时只需用 β 角代替 α 角。如果脱开力接近搭扣钩的拉伸强度，当你试图脱开它时，很可能会断裂。同样，当扣子截面太小而不能承受咬合力 和脱开力时，也会撕裂。当然，如果搭扣设计正确，即使在可脱开的设计中，脱开力一般也比咬合力大。

2.2 环形搭扣

环形搭扣有一个环形内凸台与轴上的槽相扣。通常用来将塑料部件如手柄等固定在金属轴上，也用来将 2 个塑料部件固定在一起^[7]。如同其他搭扣配合一样，结合件可以根据释放角的斜度设计成可脱开的或者永久性结合，视释放角斜度而定。当结合件插入或拔出时，扣套被迫做弹性碰撞。这种弹性体的刚性和强度比悬臂搭扣要高，但也有缺点。插入力需要相当大，因此需要凸台比较小。

用弹性高的材料做扣套最好，因为扣套必须从模具的凸台模芯脱出。这表明玻璃填充的刚性材料和其他经增强的材料不适用于制造环形搭扣件。

弹性扣套的刚性不仅取决于厚度，而且取决于其自由长度，而关键在于凸台和自由长度末端的距离。圆环搭扣应设计得使凸台与套扣自由末端合理靠近，否则弹性套扣的刚性将 2 倍或 3 倍于期望值，结合件可能损坏^[8]。

轴端及套扣内孔设计一个斜角或结合角(α)将使结合件更容易组装。适合的角度为 20°~30°。释

放角 (β) 决定了使搭扣脱开的容易程度。角度越大则越难脱开。通常采用的角度为 $40^\circ \sim 50^\circ$ 。如图 5, 如要求结合件是永久结合型, 则可采用更大的角度。

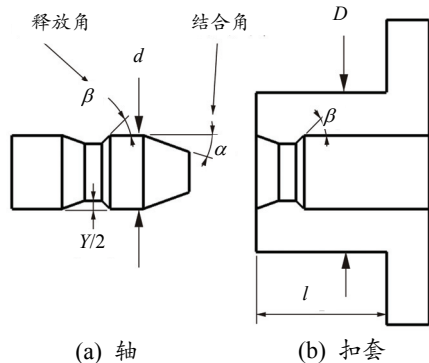


图 5 环形搭扣配合的轴和扣套

最大允许的凸台尺寸可用下式计算:

$$Y = \frac{Sd}{K} \left[\frac{K+\nu}{E} \frac{\text{hub}}{\text{hub}} + \frac{1-\nu}{E} \frac{\text{shaft}}{\text{shaft}} \right]$$

式中: S 为设计应力; ν 为横向变形系数 (泊松比); E 为拉伸/弹性模量; K 为几何系数。

几何系数 K 可从下式求得:

$$K = \frac{1 + [d/D]^2}{1 - [d/D]^2}$$

表 2 给出了一些无添加剂材料的横向变形系数大约值。如用于精确设计, 需要从材料供应商处获得所用材料的数据。

表 2 常规塑胶材料的横向变形系数

| 材料 | 泊松比 ν |
|------|-----------|
| PS | 0.38 |
| PMMA | 0.40 |
| LDPE | 0.49 |
| HDPE | 0.47 |
| PP | 0.43 |
| PA | 0.45 |
| PC | 0.42 |
| PVC | 0.42 |
| PPO | 0.41 |
| PPS | 0.42 |
| 钢 | 0.28 |

作用于塑料套扣上的膨胀力可用下式计算:

$$P = \frac{[\tan \alpha + \mu] Sdl\pi}{K}$$

式中 μ 为摩擦系数。

2.3 扭转搭扣

扭转搭扣配合依靠的是扭转产生的弹簧力, 而不是其他类型的挠曲力^[9]。扭转搭扣比悬臂搭扣和环形搭扣少见。如果需要方便、经常地脱开搭扣, 这种搭扣是很有用的。

如图 6, 扭转搭扣配合的搭扣是与支撑轴一起模制的, 当施加开口力 W 时, 搭扣以支撑轴作为轴心转动。搭扣通常有一个凹槽或其他标记以标明按压的正确位置。利用杠杆原理设计搭扣的尺寸, 便可以用很小的力来开启很紧的搭扣配合。

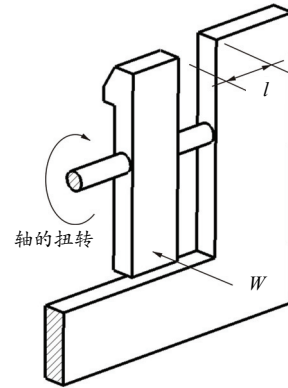


图 6 采用扭转搭扣配合的轴

相对于轴而言, 搭扣部分相对较大。当对搭扣施加开启力时, 轴因扭力的作用而扭转, 从而产生弹簧效应。弹簧的刚度取决于轴的直径和长度。扭转轴的理想形状是圆柱形, 这是因为对扭力而言, 圆柱形是最有效的形状, 不过, 其他形状也可以采用。制造扭转搭扣的模具可能比较复杂, 有时可以采用方形或十字形截面的扭转轴^[10]。

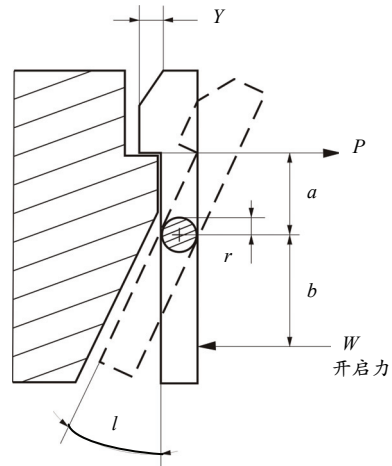


图 7 扭转搭扣的开启动作

轴的扭转角度应尽量小, 只要能脱开即可。在设计的时候, 一般可以使搭扣在脱开后顶到一个障碍物, 这样可以防止使用者将搭扣扭断。如图 7, 搭扣必须扭转的最小角度为:

$$\alpha = \frac{Y}{a} \times \frac{\pi}{180}$$

式中: Y 为扣入深度; a 为搭扣杆的长度。