

关于热冲击断裂

1. 何谓热冲击断裂

热冲击断裂是指产品在周围温度的急速“低温 高温反复”中发生断裂的一种现象。乍一看好像产品似乎并未承受多少力，怎么会断裂呢？不过“陷阱”就出在这里。如图 1 所示，热冲击断裂容易出现在以下产品中。

- 金属嵌件
- 外嵌件
- 压接件
- 焊接箱的焊接处

共同点是这种情况容易发生在“由物性相异的两个部件结合而成的产品”上。不过，单一产品在壁厚明显不均时也会出现热冲击断裂，虽说这种情况非常罕见。

本公司将这一现象称为热冲击断裂，但也有人将其称为 thermal shock fracture 或冷热循环断裂，其实都是一回事。

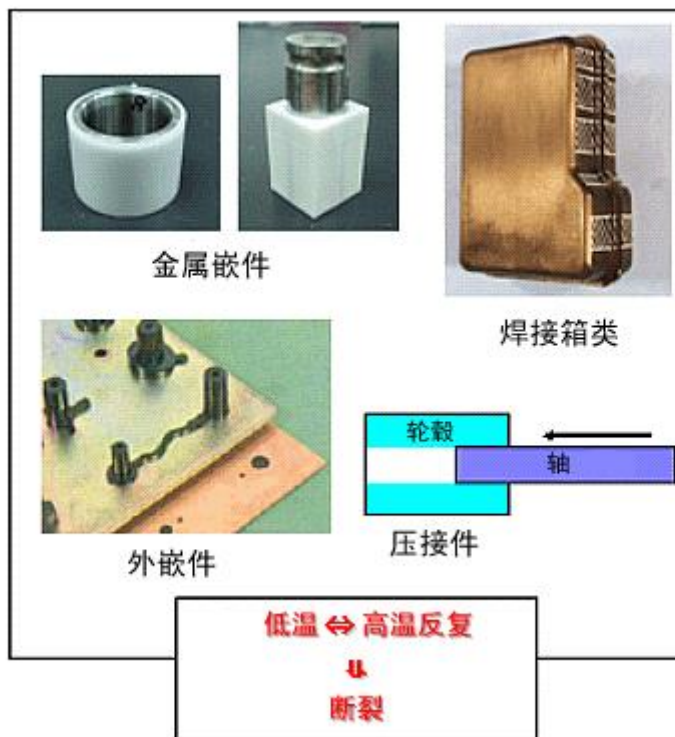


图 1 容易出现热冲击断裂的产品

2. 热冲击断裂的机理——热应力

上面提到热冲击断裂是产品在周围温度的急速“低温↔高温反复”中发生断裂的一种现象，下面就来讨论在温度变化过程中究竟发生了哪些情况。

首先以图 2 所示的金属嵌件为例来说明。如果该金属嵌件是将金属固定在模具中且周围被树脂包围起来的一

种注射成型品，则在注射成型完成时该产品中就已发生了应力。换言之，树脂“想要”按其成型收缩率收缩，而金属却“不让”其收缩。虽说是大致的估计，但如果成型完成后的树脂收缩率为 X(%)，则在树脂的圆周方向上也会出现 X(%)的拉伸应变，而且随着温度的变化，树脂就会因线性膨胀而产生伸(高温侧)缩(低温侧)，于是圆周方向上的应变也会随之变化。

例如，

- T_低 低温侧温度
- T_高 高温侧温度
- CTE_低 线性膨胀系数 (低温←常温)
- CTE_高 线性膨胀系数 (常温→高温)

的话，那么

$$\varepsilon_{低} = X + (23 - T_{低}) \times CTE_{低} \times 100$$

$$\varepsilon_{高} = X + (23 - T_{高}) \times CTE_{高} \times 100$$

$\varepsilon_{低}$ 发生应变 (%) <低温侧>

$\varepsilon_{高}$ 发生应变 (%) <高温侧>

这样的应变就会分别出现在低温侧和高温侧。由于(23-T)的值在低温侧为正，在高温侧为负，因此在低温侧树脂就会进一步贴紧金属嵌件，从而使树脂中发生的圆周方向的应变增大，而在高温侧，由于树脂的线性膨胀量远远大于金属，因此应变下降并出现缓和迹象。也就是说，随着周围温度的急速“低温 高温反复”，树脂中当然也会出现应变的强弱反复。应变的强弱变化自然会引应力(热应力)强弱的反复脉动，而由疲劳损伤(与这种热应力的脉动相伴而生)和蠕变损伤(因短时保持高温和低温所致)所引起的断裂便可称为热冲击断裂。

不过，由于脉动的热应力并不是始终保持恒定，而是随着每次的“低温 高温反复”在应力缓和的作用下逐渐降低(疲软)；断裂大多发生在不均匀部位(如产品的熔合部分)以及作为力学特异点的尖锐棱角(sharp corner)处等原因，因此很难预测热冲击断裂寿命有多长，也就是在低温 高温反复多少次后会发生断裂。

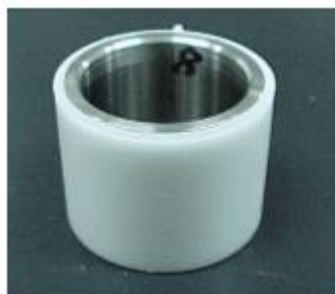


图 2 金属嵌件成型品

3. 延长热冲击断裂寿命

为了延长热冲击断裂寿命，很重要的一点是在设计时不要留有应力集中部位和壁厚不均部位以便从形状上减少上述发生应变(发生应力)。其次，必须优化浇口配置以使熔合部分远离会发生很大热应力的部位。与此同时，在壁厚相同的情况下，与大尺寸产品相比，小尺寸产品的热冲击断裂寿命会更长。

此外，我们还备有基于耐热冲击性考虑的等级，请参考。