



# Moldflow仿真分析技术在消费电子產品成形问题与解决对策

黄明忠 ( David Huang )

Sales Technical Specialist for Autodesk® Moldflow® products  
MFG, GCR



# 项目

- 事务机面板产品成形问题解决对策
- 投影机机壳底座顶针断裂问题解决对策

# 事务机面板产品 成形问题解决对策与步骤

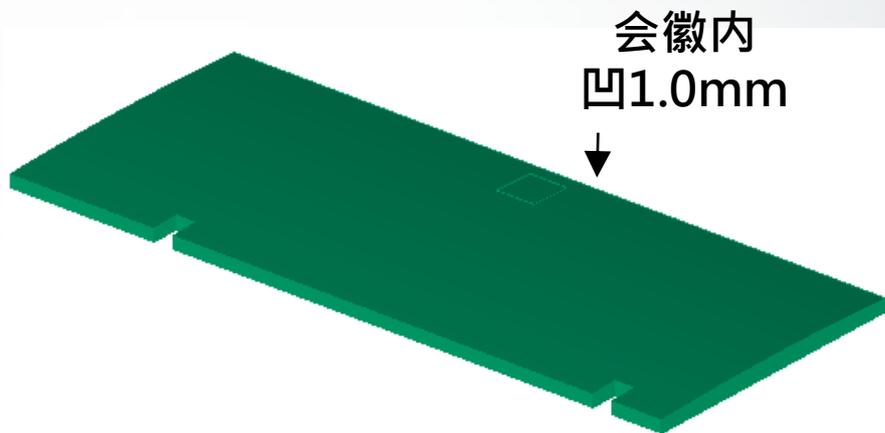
# 事务机面板产品基本信息



OA影印机：机壳零件  
( 520×200×10 )

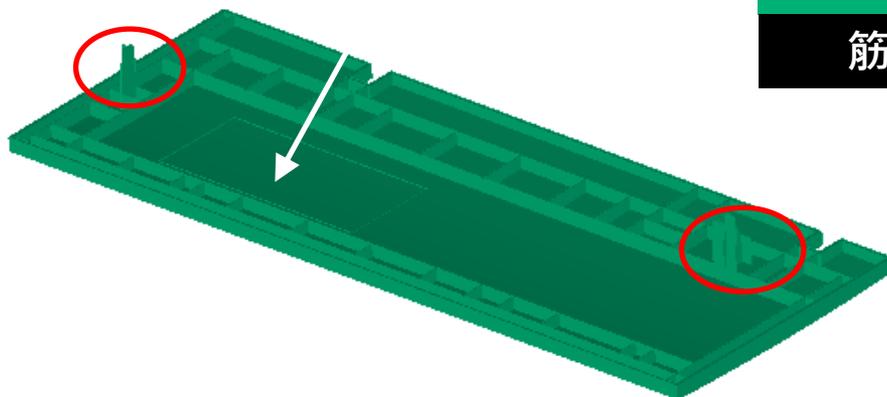


基面肉厚：2.0mm  
筋位肉厚：1.0mm



会徽内  
凹1.0mm

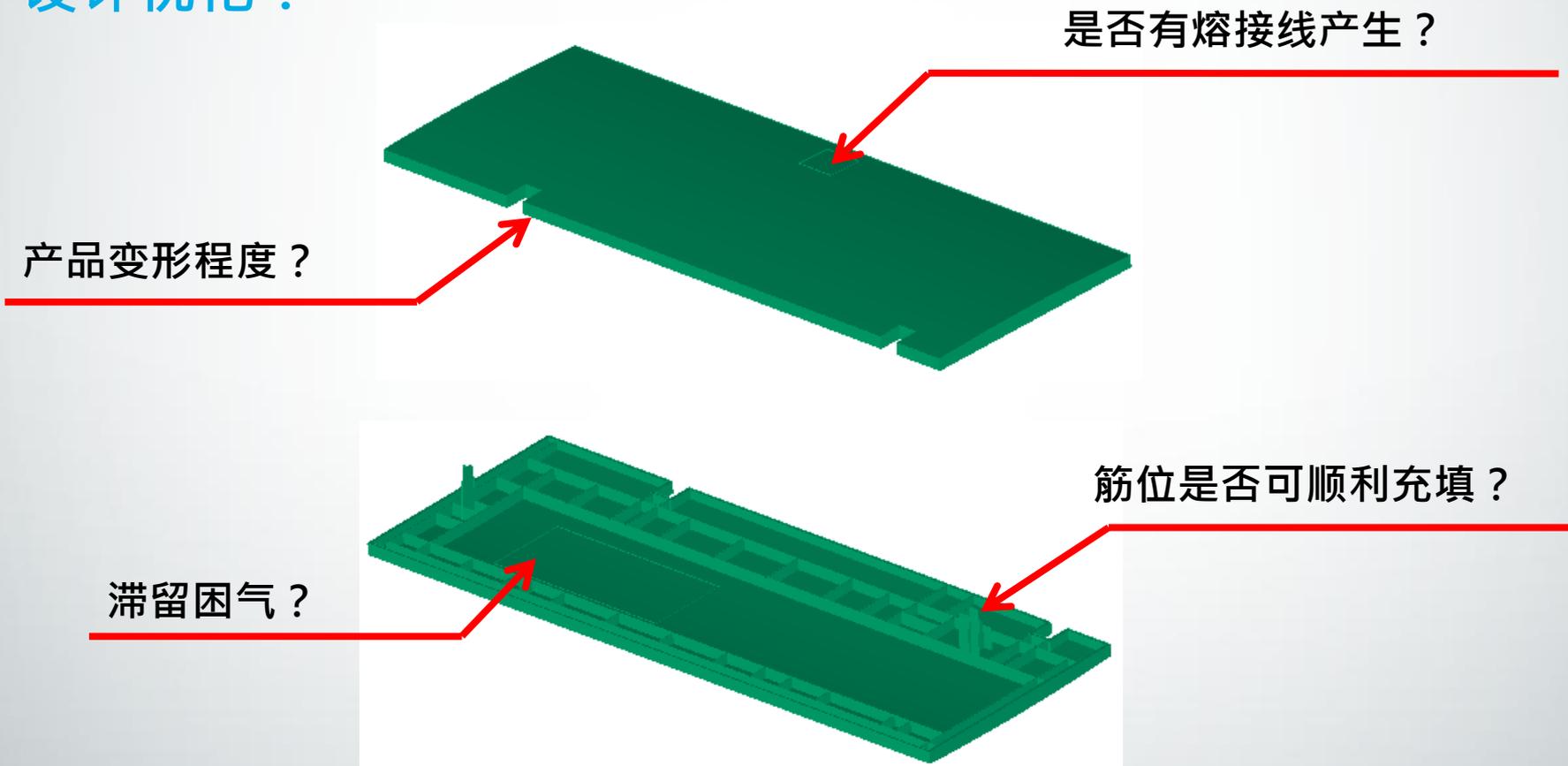
文字雕刻、铭牌处内  
凹1.0mm



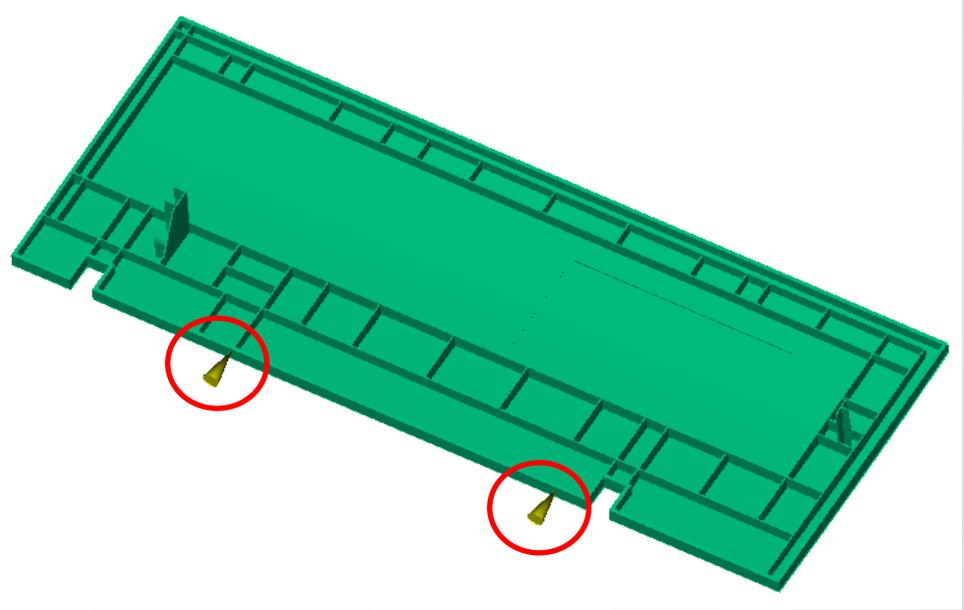
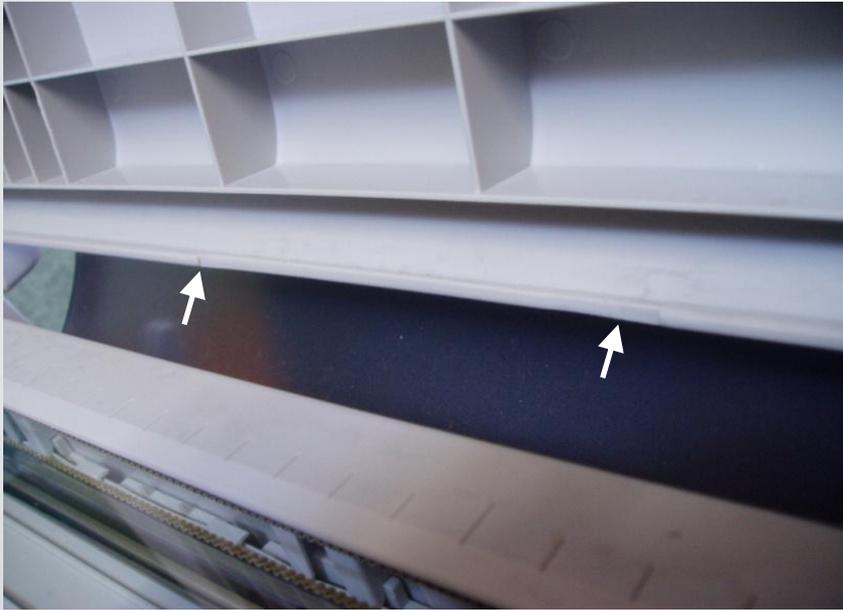
筋位

# 设计时间需了解制造可行性？

在开发初期，重点是要找出潜在的外观缺陷，才能进行设计优化！



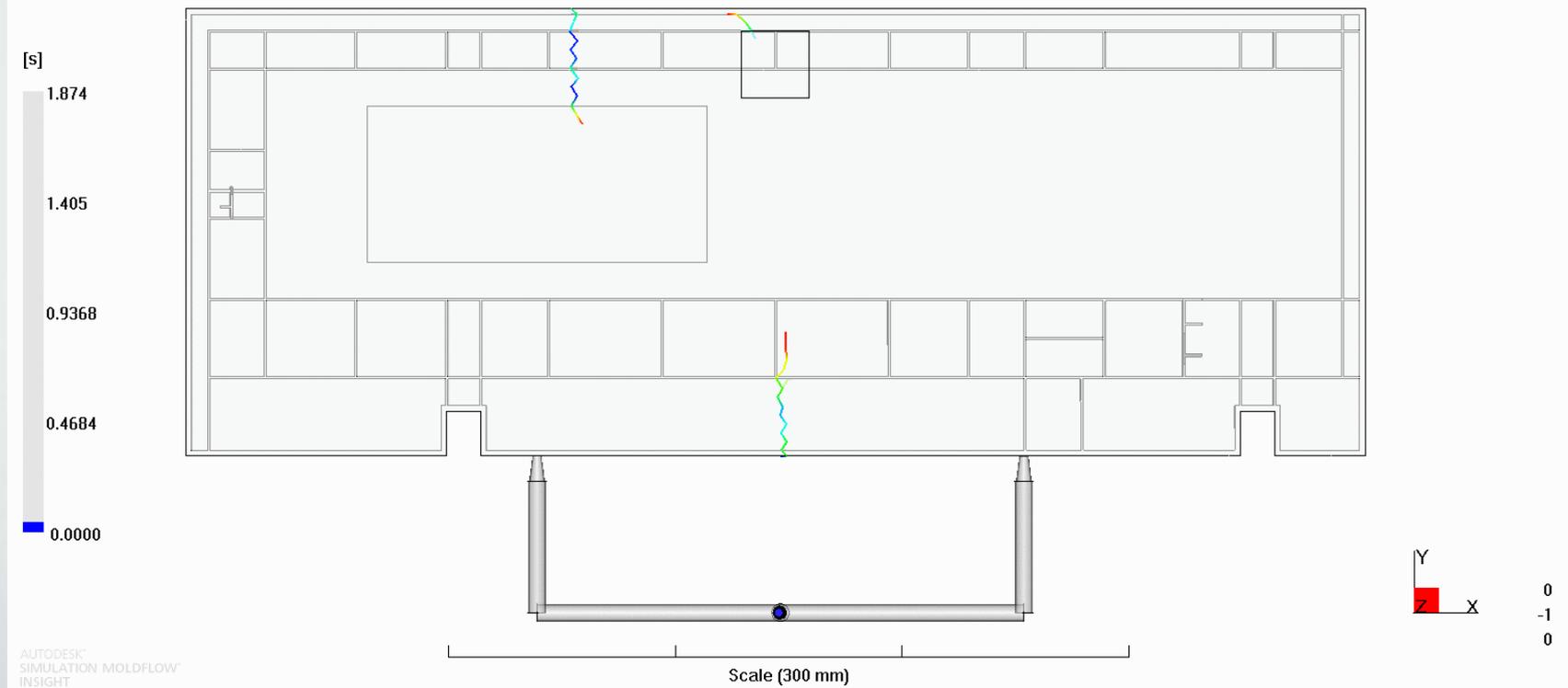
# 轻松进行制造可行性验证



# 设计初期存在的问题

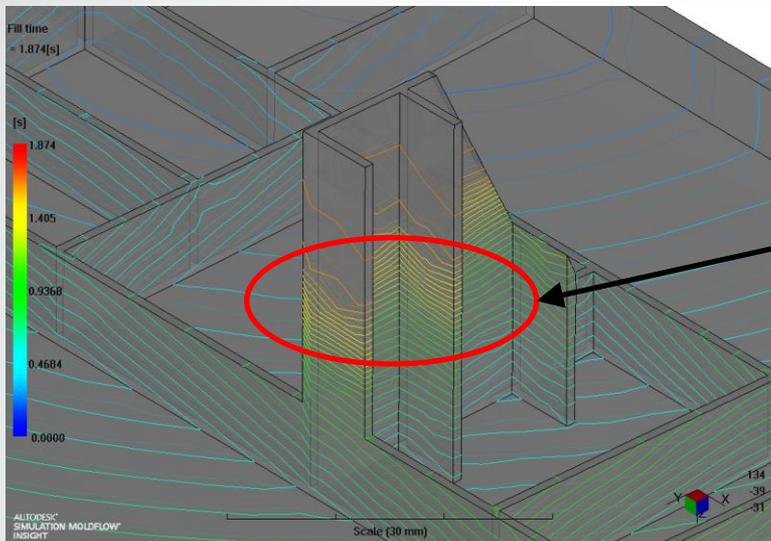
# 熔接线

Fill time  
= 0.0375[s]



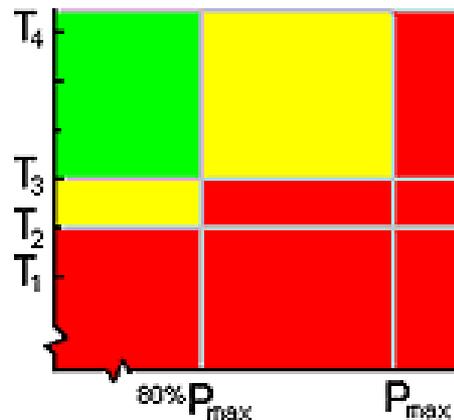
外观面上有2条明显的熔接线

# 发生严重迟滞现象



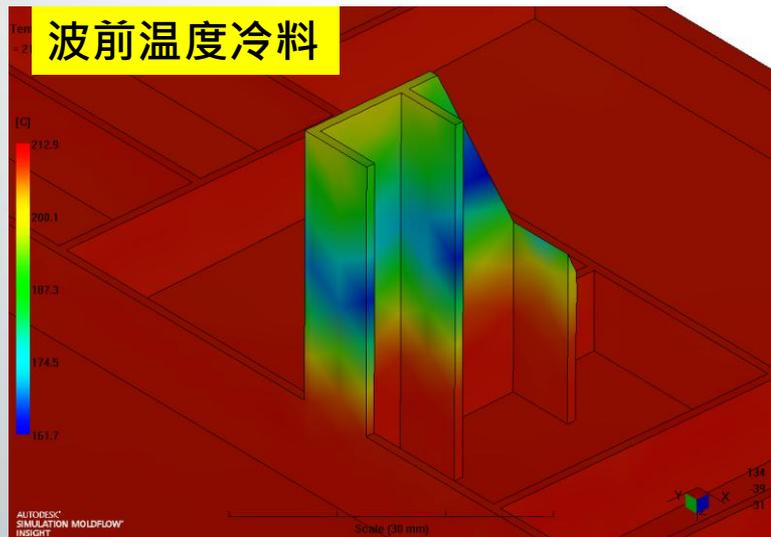
1mm厚的筋位，且高度过高导致发生严重的流动迟滞现象！

熔料温度

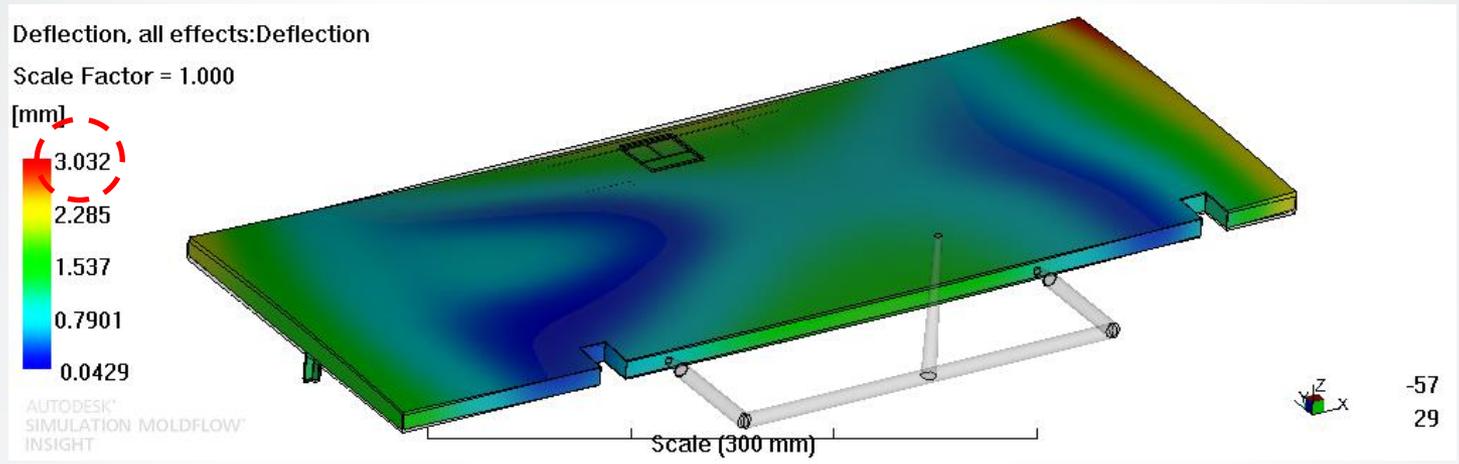


射出压力

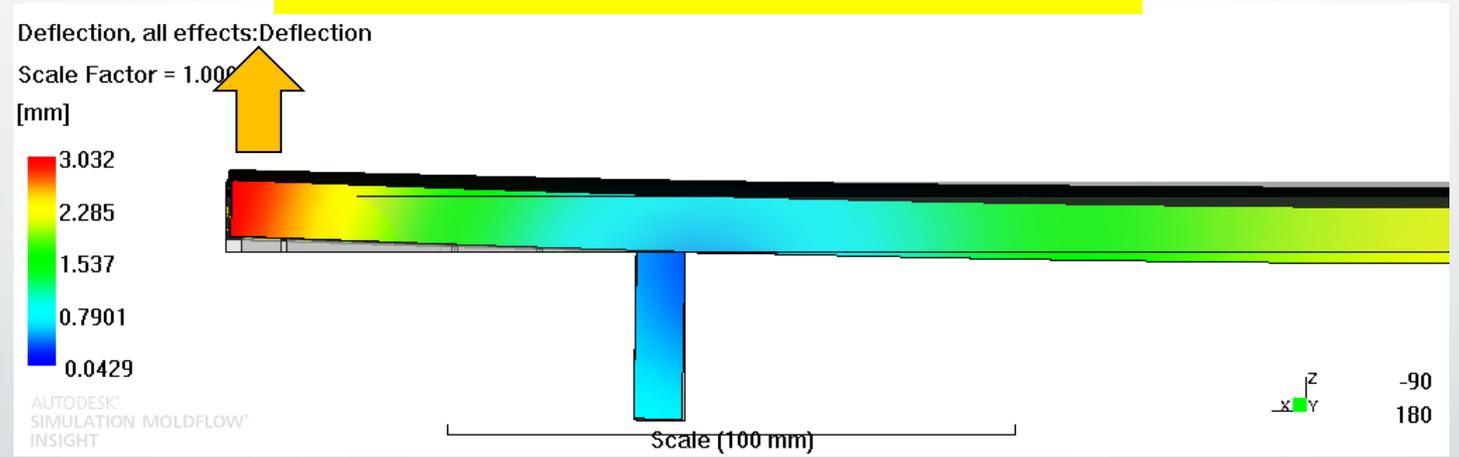
T4= 充填开始温度  
T1= 转换（固化）温度



# 产品的变形



变形基准为1.5mm，此设计方案翘曲量已超过1.5mm的限制。



翘曲变形（端部上翘曲）

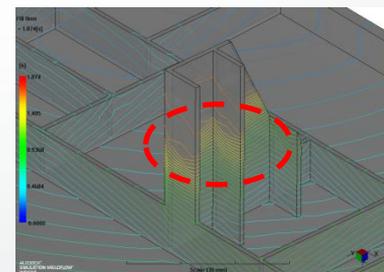
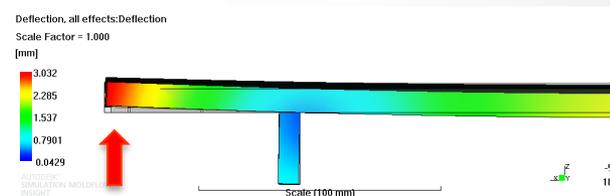
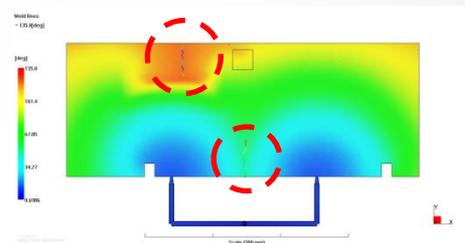
# 分析发现的问题点

- 熔接线出现在外观面，导致严重的外观问题！

在该案例中，熔接线是凭经验无法预计到的缺陷，如果在试模后再调整浇口位置，将导致模具开发成本的增加。

- 翘曲在许可范围之外，变形的原因？

在塑料件设计时，翘曲变形的预测是非常困难的，反复的改善试验将大大增加开发周期及成本。且容易降低量产时的良品率。



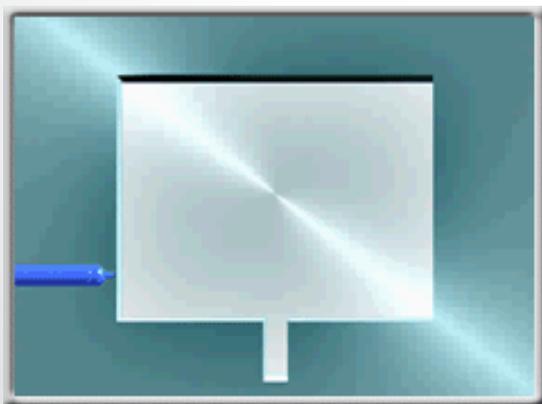
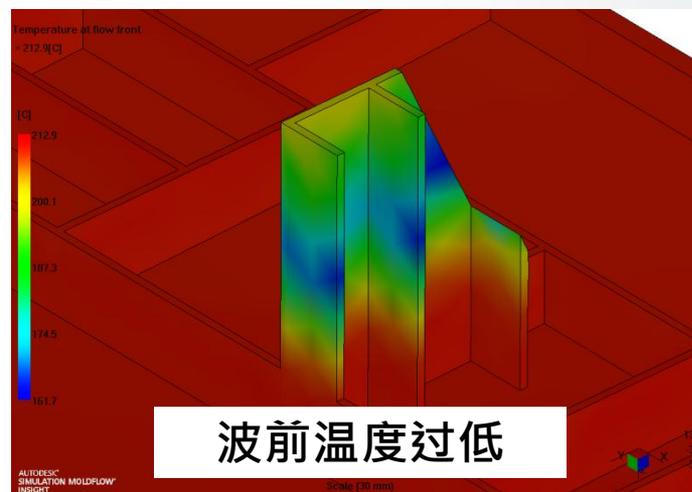
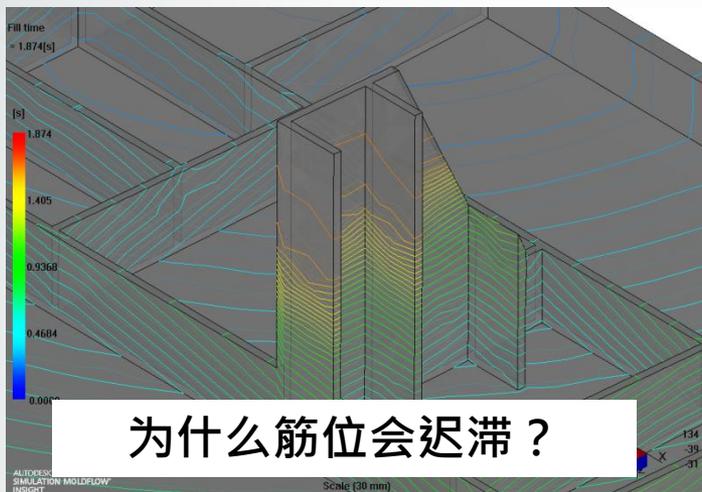
设计时间，很难确定最佳的壁厚方案，事实上，还需要降低变形和控制成型周期。

在实际生产前，通过分析发现潜在的设计缺陷，可保证设计质量!!!

# Moldflow分析在优化设计中应用

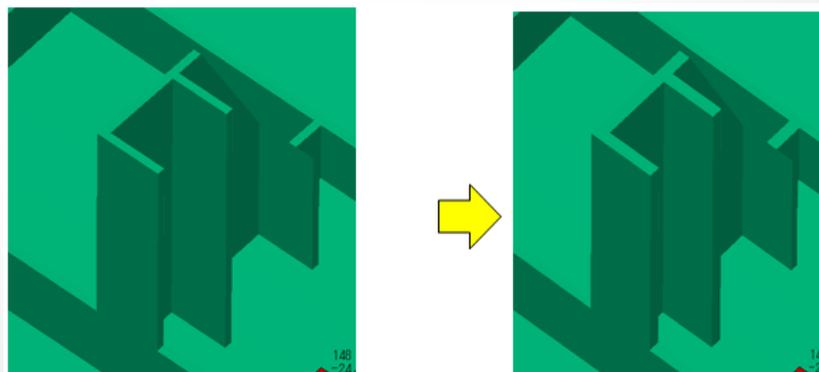
## 「迟滞现象的改善策略」

# 迟滞现象的改善策略



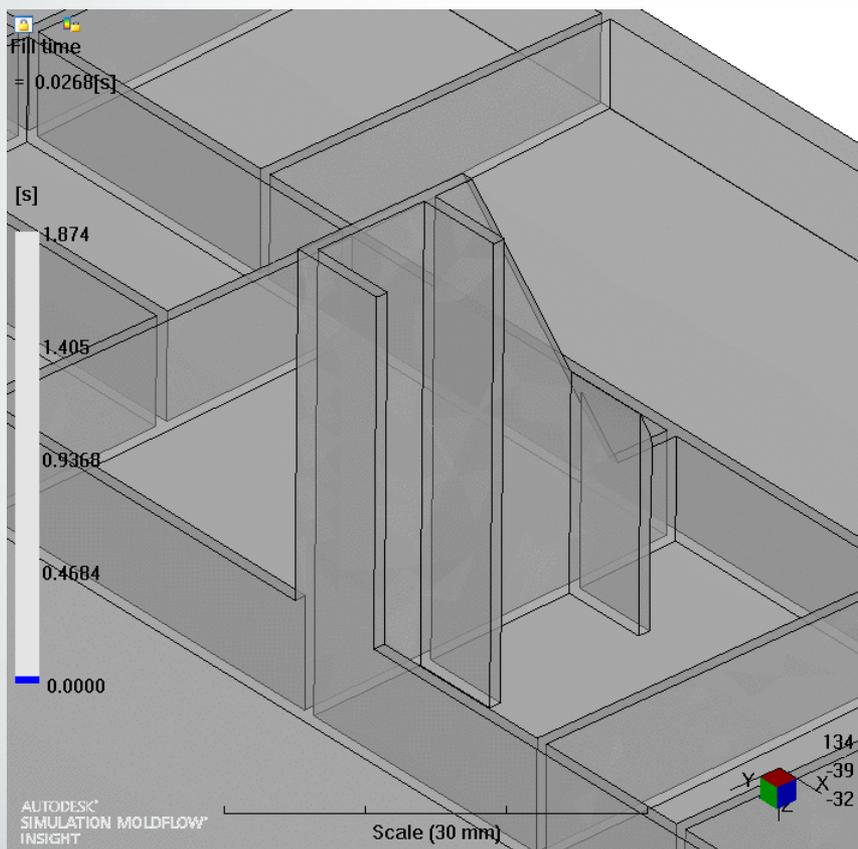
充填过程中的迟滞现象 . . .

熔料在充填过程中会优先向充填阻力小的地方流动。而流动停滞的胶料会迅速的被模具冷却

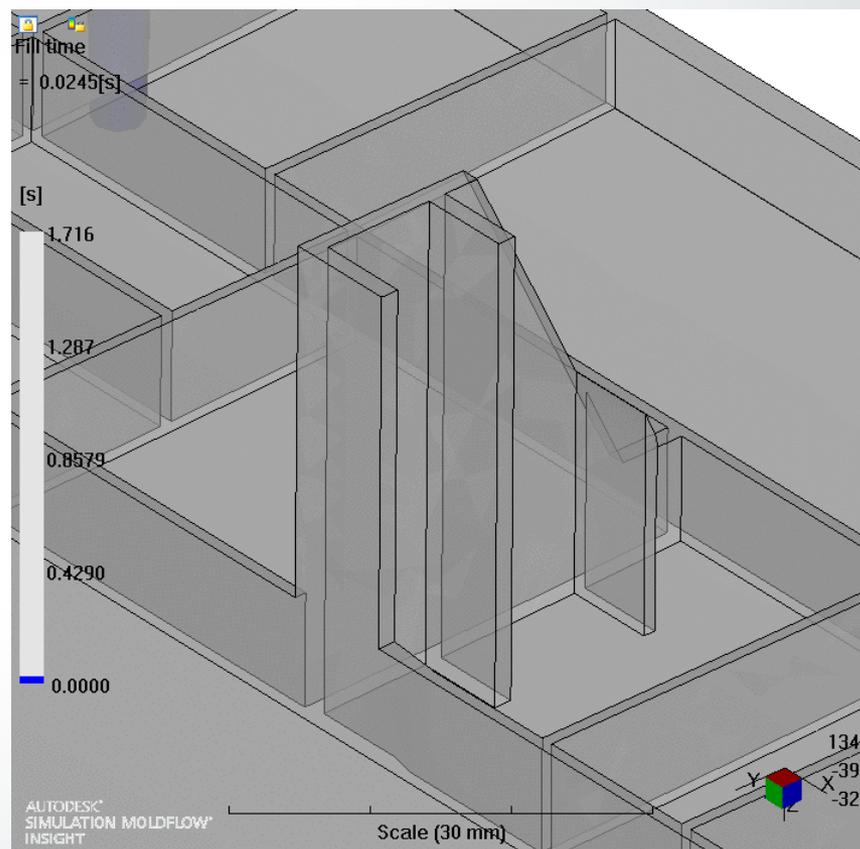


增加筋位的壁厚**1.0mm**→**1.5mm**  
熔料的流动阻力降低。

# 迟滞现象的改善策略 充填效果的对比

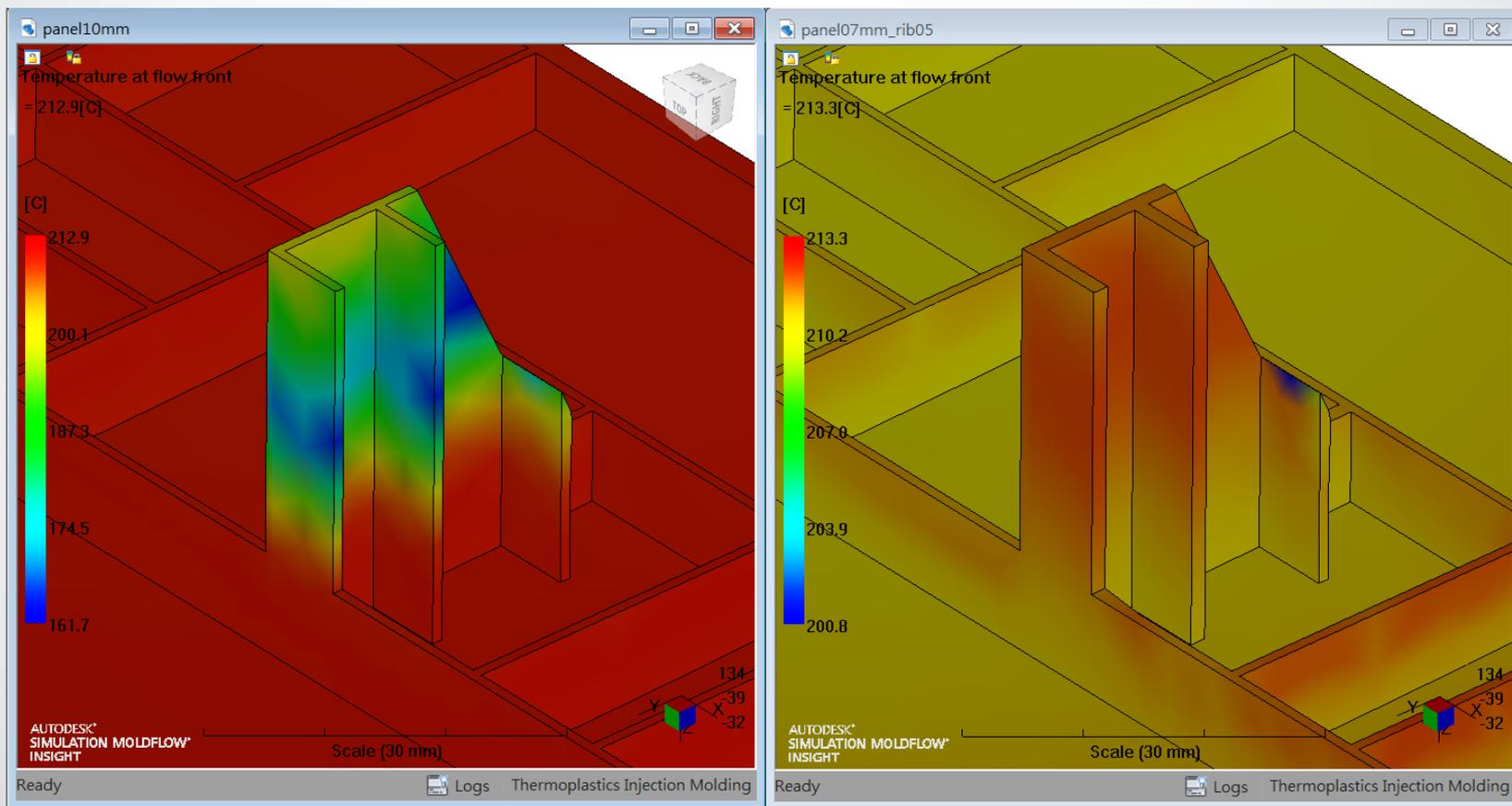


原始设计：壁厚1.0mm



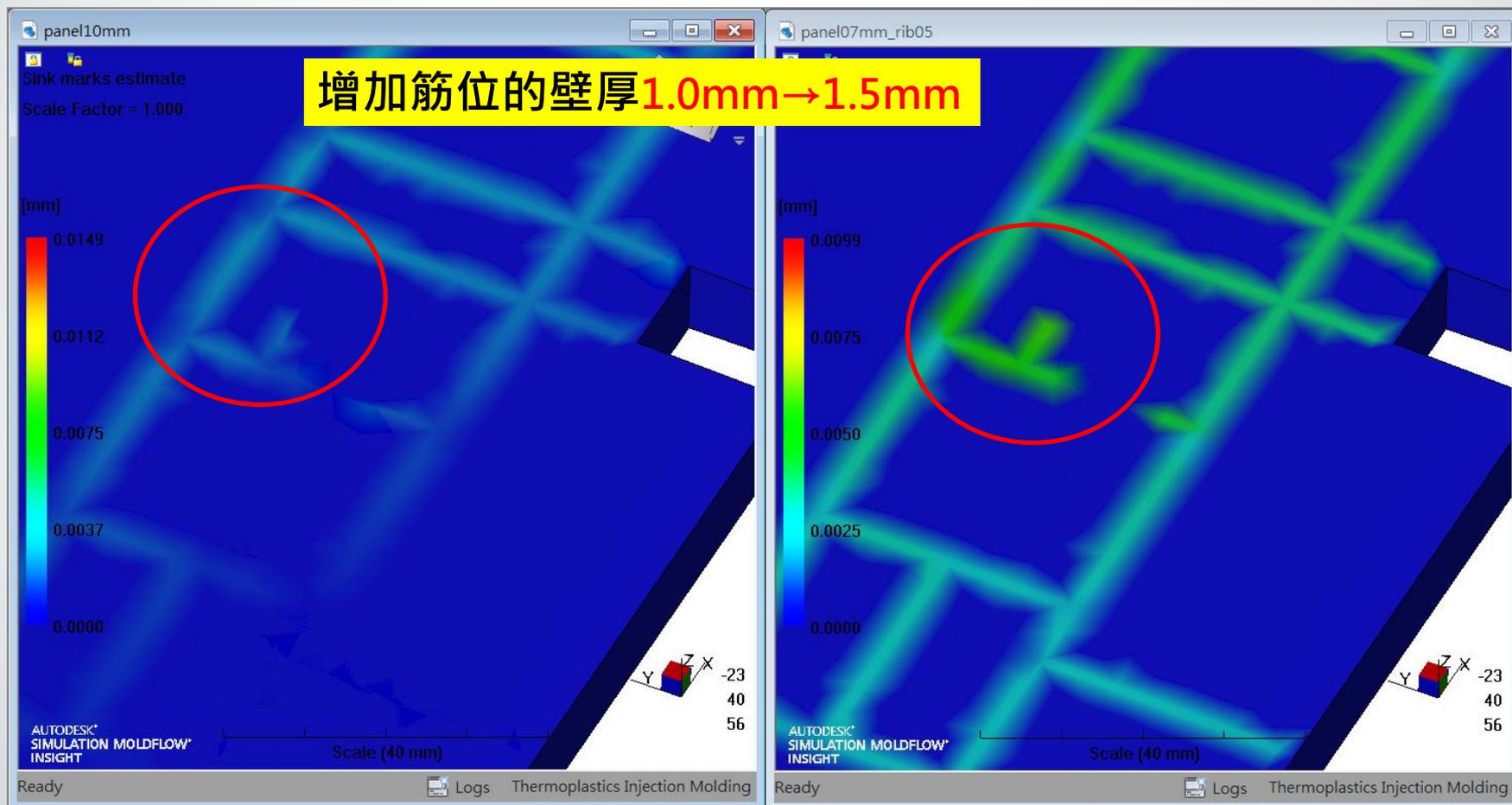
改善设计：壁厚1.5mm

# 迟滞现象的改善策略



壁厚增加0.5mm后，熔料的流动阻力大大的降低，无明显迟滞现象，波前温度得以保持，所以无充填问题？

# 缩痕的预测



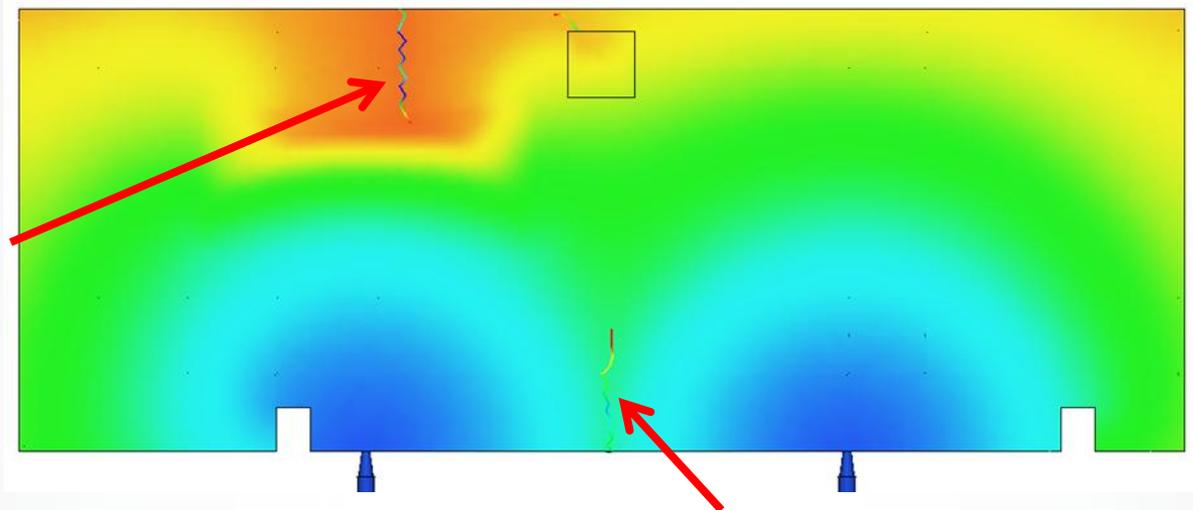
筋位壁厚的增加，会使基面的缩痕增大，经过分析验证，缩痕在可接受的范围内。

# Moldflow分析在优化设计中应用

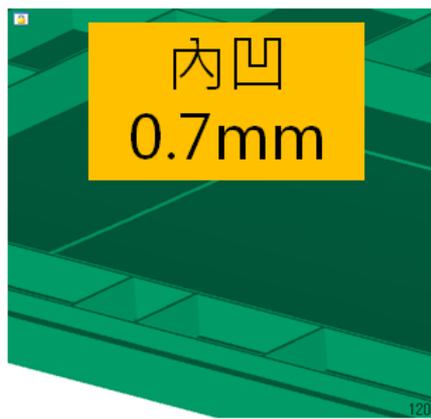
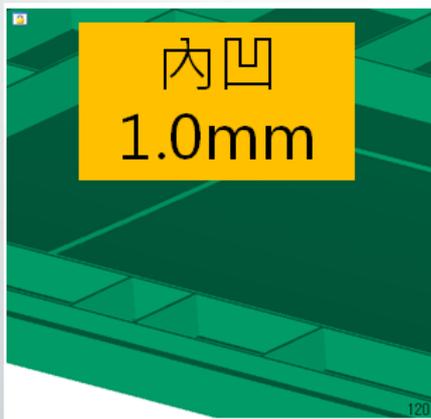
## 「熔接线改善策略」

# 熔接线的改善策略

该区域的充填有迟滞的现象发生

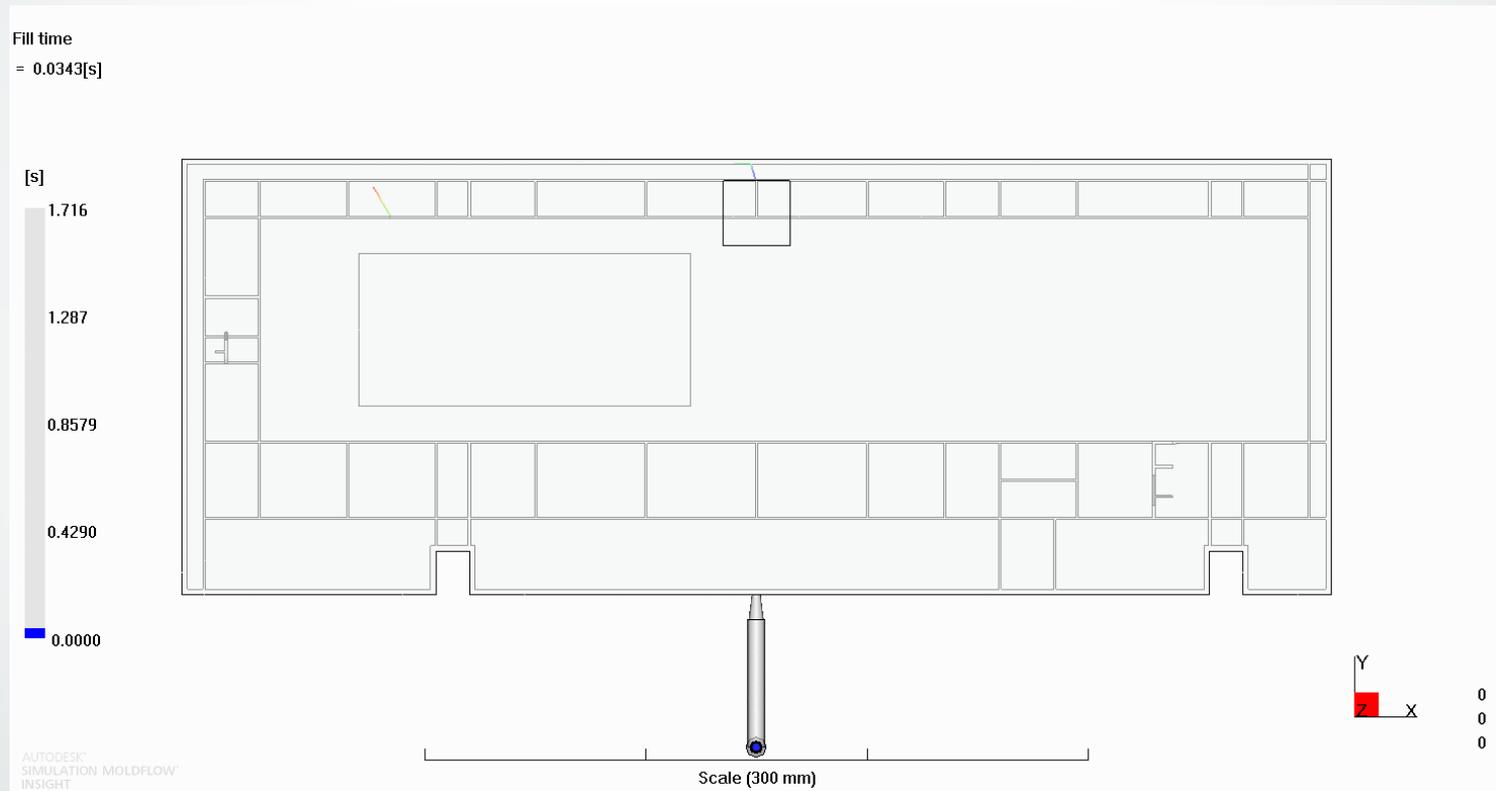


2点进胶的波前汇合



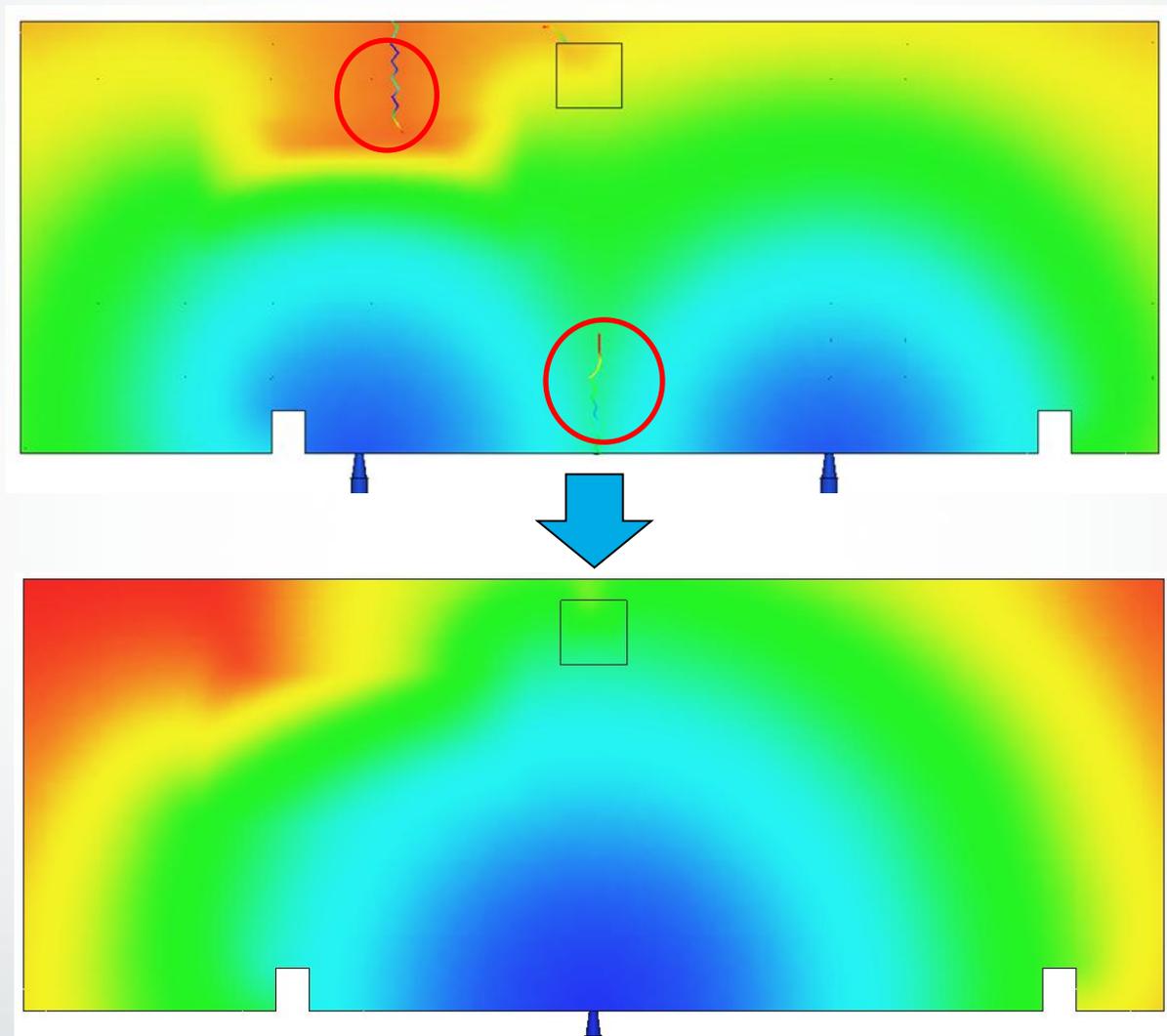
铭牌位置的壁厚增加0.3mm，并将浇口位置减少1个，以减少熔接线。

# 熔接线的改善策略



壁厚增加0.3mm后，避免了充填的迟滞！  
通过Moldflow分析可验证最适合的壁厚分布！

# 熔接线改善的策略

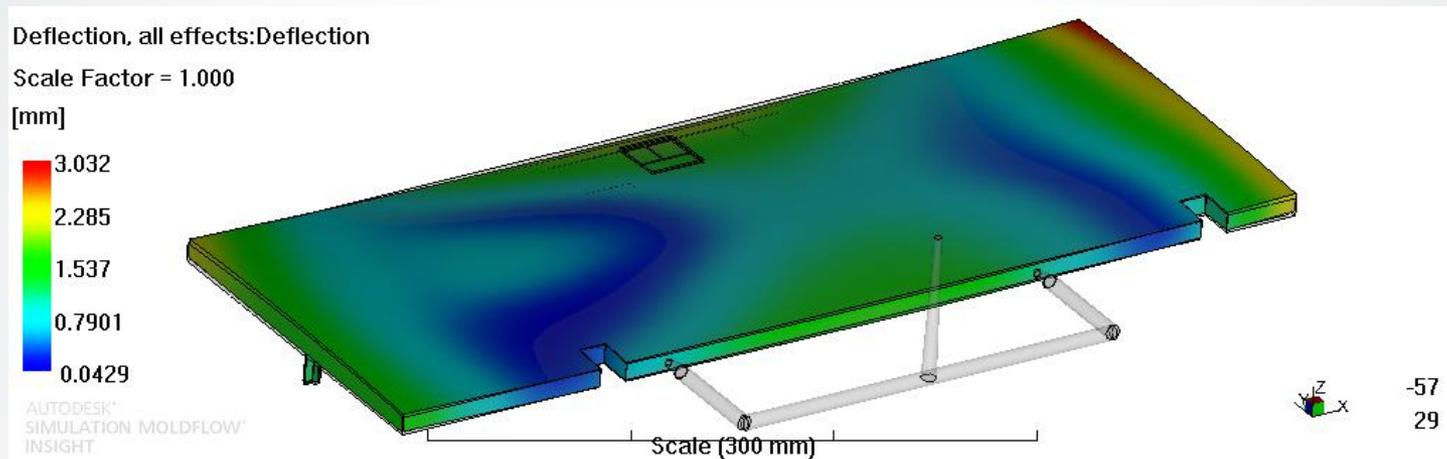


外观面无熔接线产生！

# Moldflow分析在优化设计中应用

## 「翘曲的改善策略」

# 翘曲的改善策略？



- 成形条件的调整

可稳定生产么（即量产稳定么）？良品率？

- 产品或模具设计的变更

设计变更会遭遇严重的成本考验，交货期是否可以保证？

- 使用夹具进行校正，但会影响量产

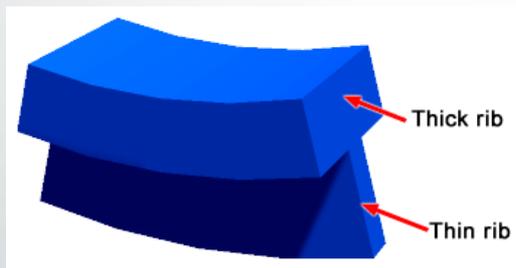
量产的数量 → 使用人海战术？成本？

不知道变形的原因，就无法找到有效的改善措施！

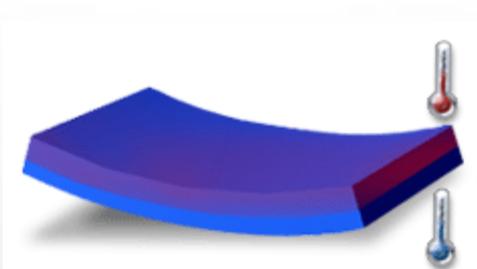
# 翘曲原因分析

## MOLDFLOW软件对变形原因的分析

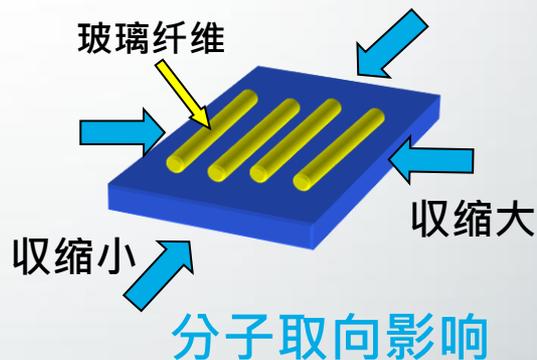
- 体积收缩不均匀
  - 产品结构，壁厚不均匀，引起收缩不均匀
- 冷却不均匀
  - 产品两侧冷却时间不一致，引起两侧收缩差异
- 分子取向（含纤维取向）
  - 材料流动方向和垂直流动方向收缩不均匀



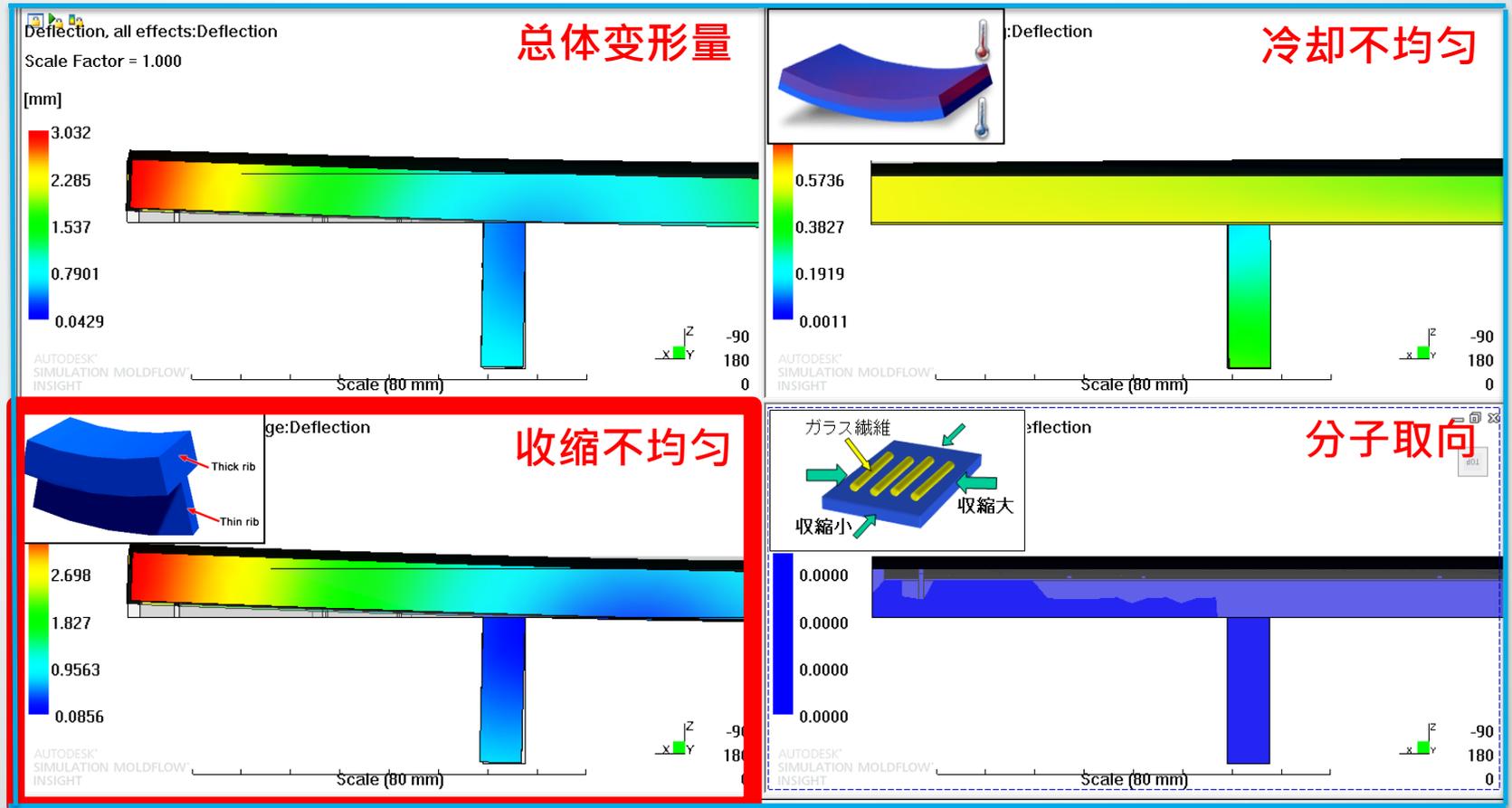
体积收缩不均



冷却不均匀

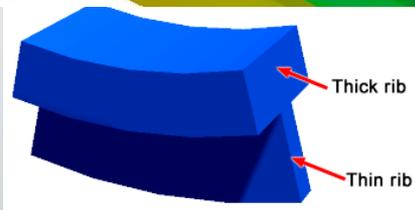
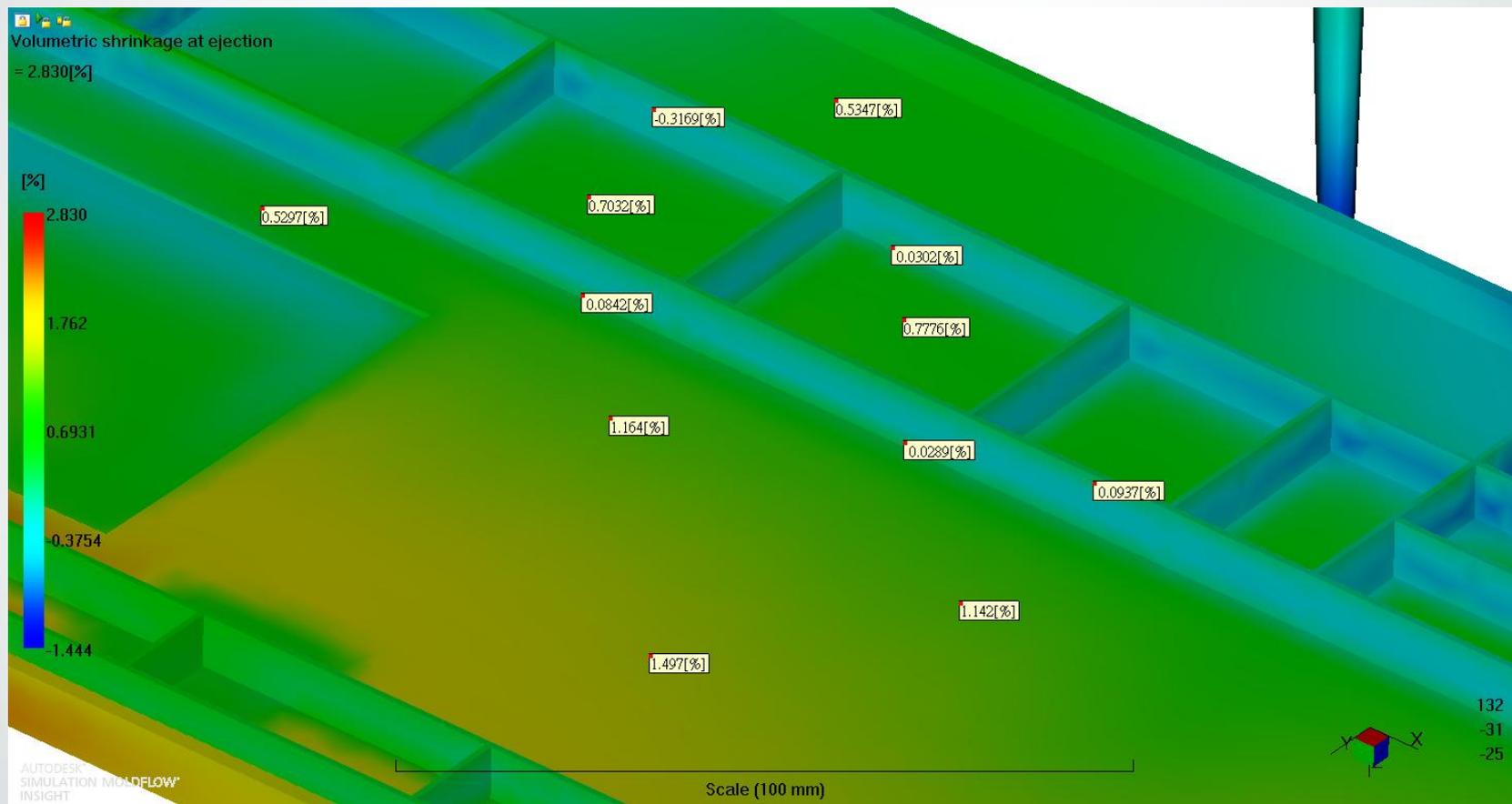


# 变形原因的分析结果



产品变形的原因主要是收缩的差异！

# 产品的体积收缩分布



基面的收缩为2%左右，而筋位的收缩为0.2%左右，上下面的收缩差异过大。  
由于基面的收缩大，所以产品向上翘起。

# 产品结构优化方案

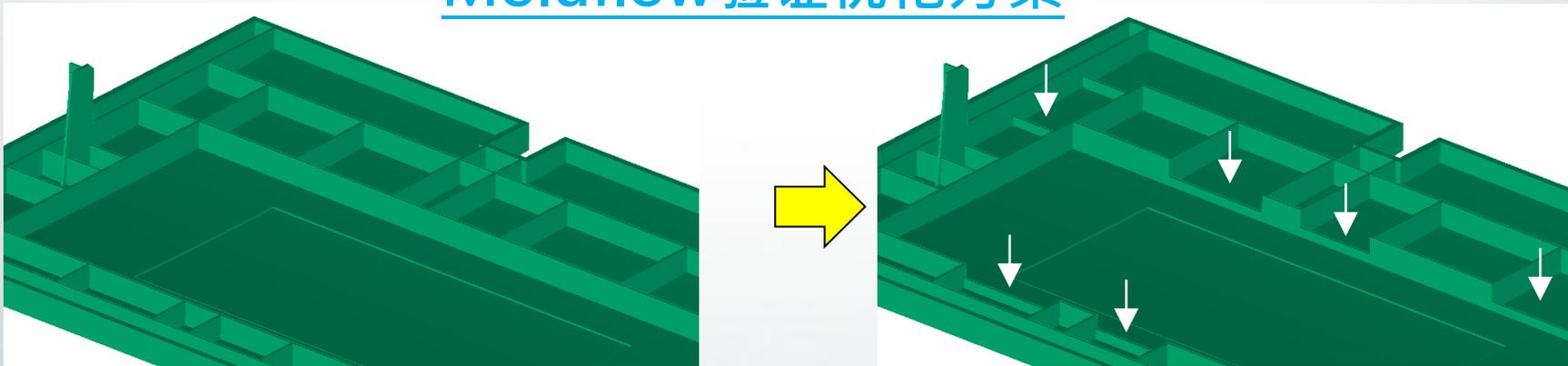
制品变形的原因是因为「**不均匀的体积收缩**」  
降低部分筋位的高度以减少区域间的收缩差异，以降低产品的翘曲。



## 重点关注筋位上的收缩

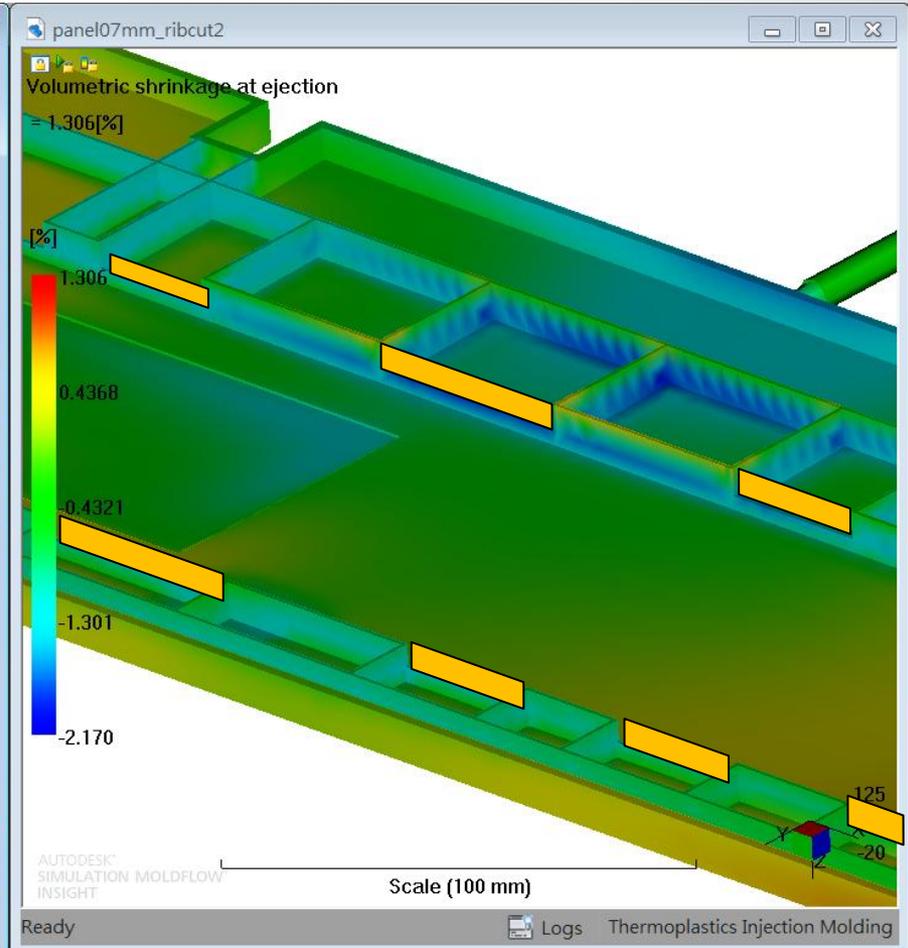
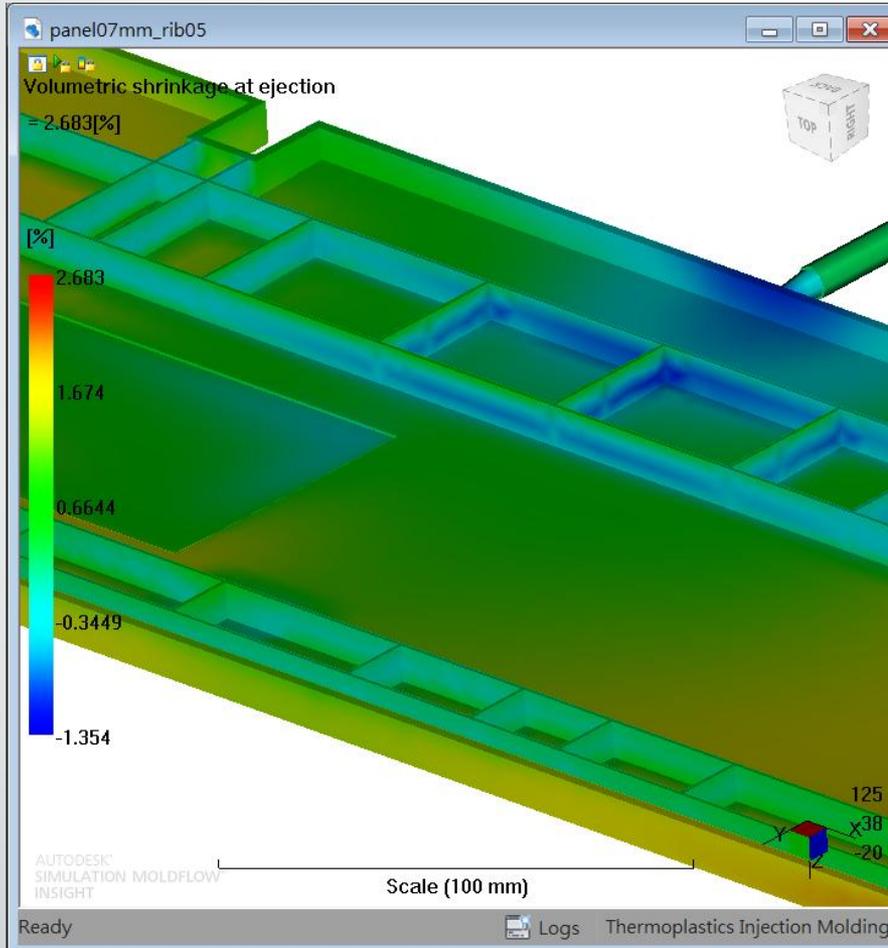
在实际开发中，必须要不断验证改善的效果。  
模具加工的成本和时间都将增加。

## Moldflow验证优化方案



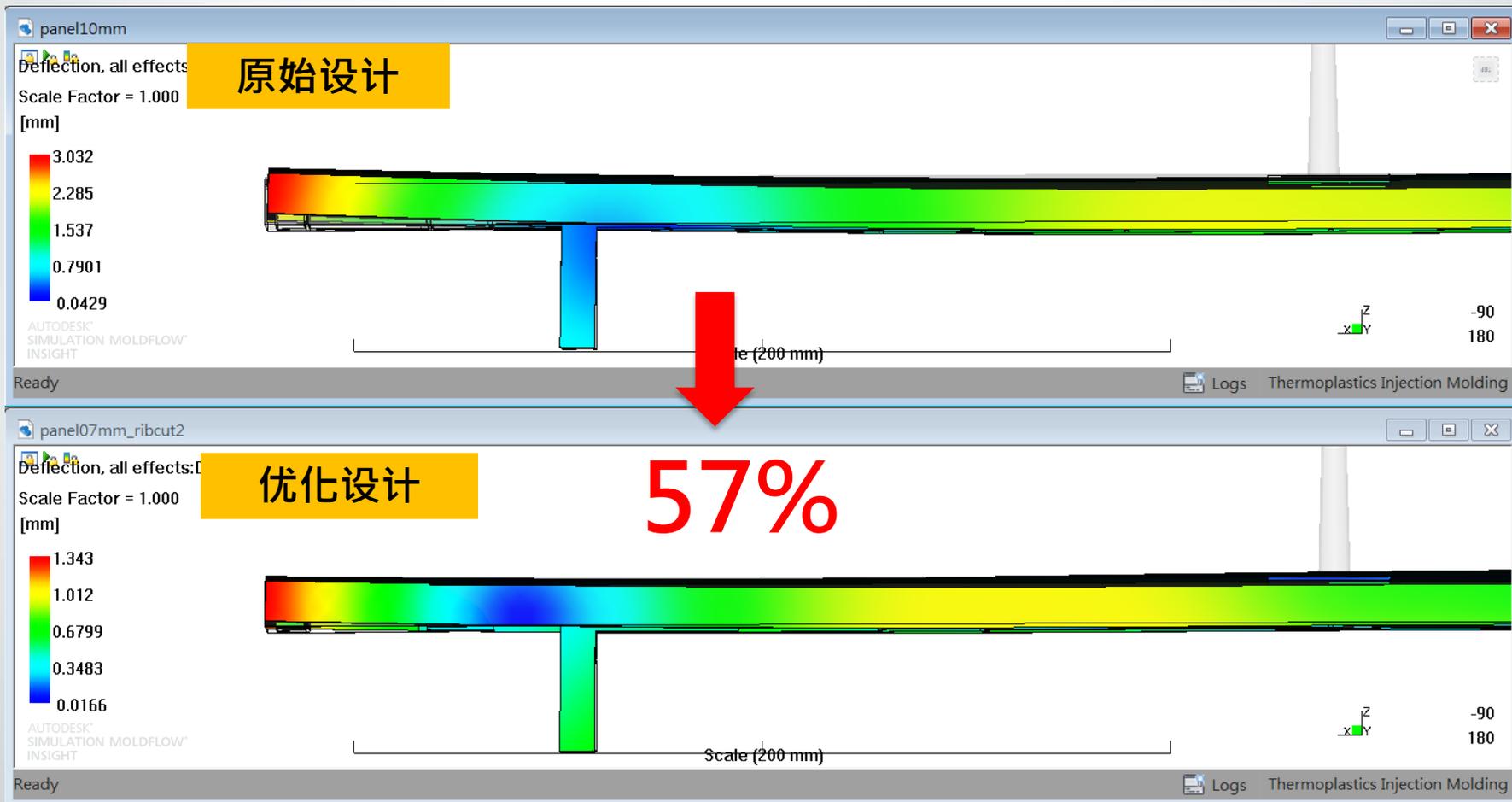
通过降低筋位的高度，减少收缩的不平衡性，以改善翘曲！

# 体积收缩的比较



降低■色区域筋位的高度，减少收缩及对产品基面的束缚！

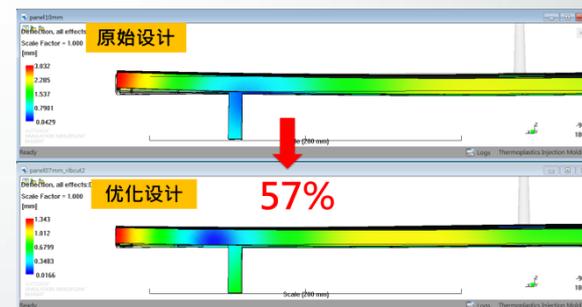
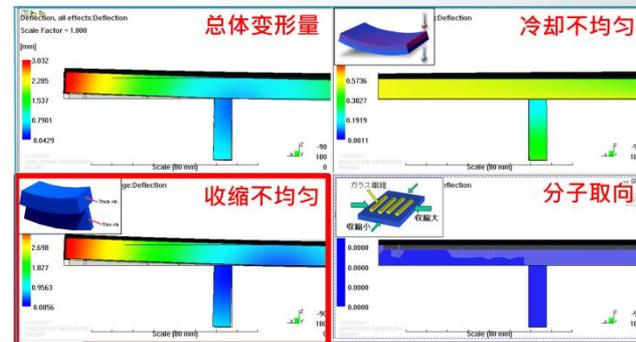
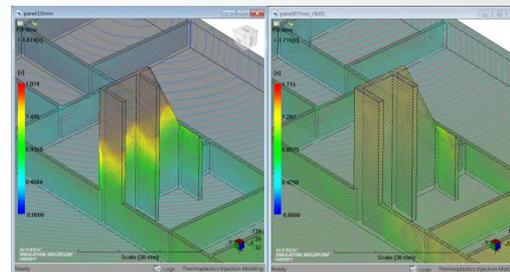
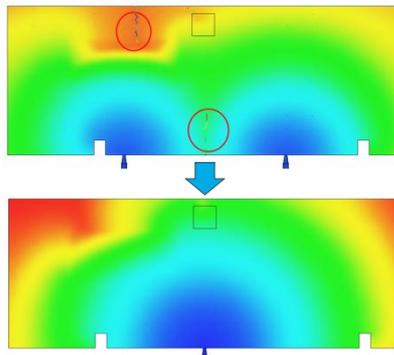
# 翘曲变形的比较



原始设计方案中，变形量3.03mm超过设计要求1.5mm，经过优化后，降低到1.3mm！

# 改善翘曲所带来的影响

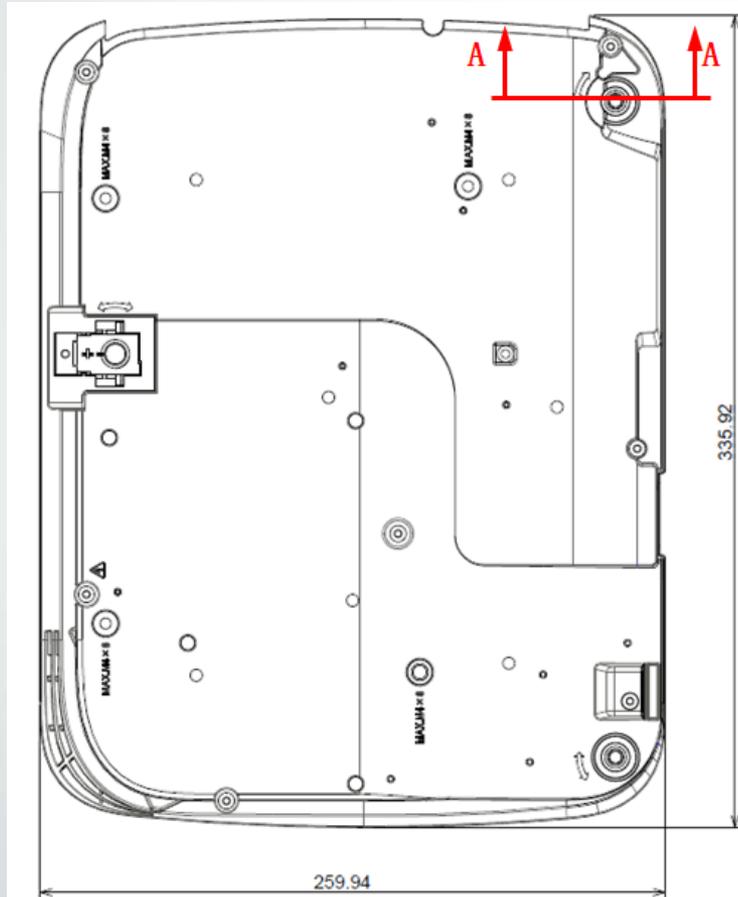
- 以往类似成品
  - 改善费用：约200万円
  - 改善时间：3个月
- 如果您使用Moldflow
  - 模具制作前的翘曲原因检视，开模前先行改善
  - 改善费用：0~数万円 (包含品质向上调整)
  - 改善时间：0~数日 (同上)
  - 高质量



约200万圆的成本降低、约缩短3个月开发时间

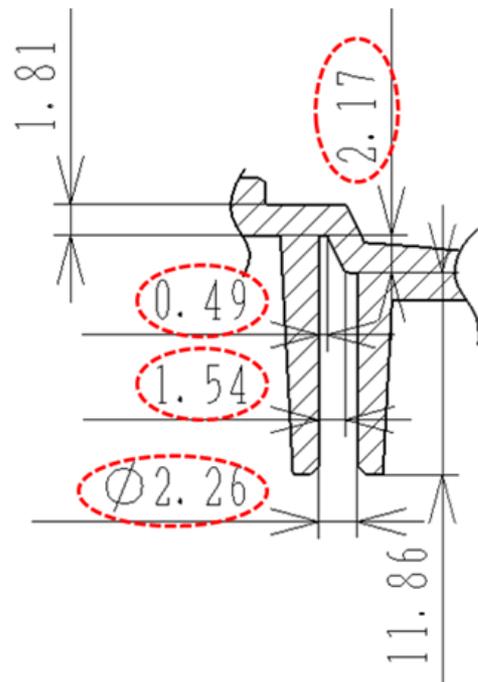
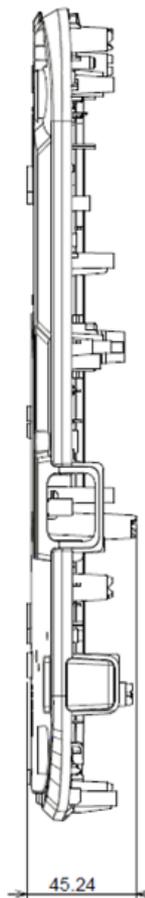
# 投影机机壳底座顶针断裂问题解决对策与步骤

# 投影机底座顶针断裂改善



产品基本肉厚1.8mm

包含不易填充的小径支柱深孔



成型材料：PC DN5615B

基本肉厚：1.8mm

成型浇口：7个点浇口

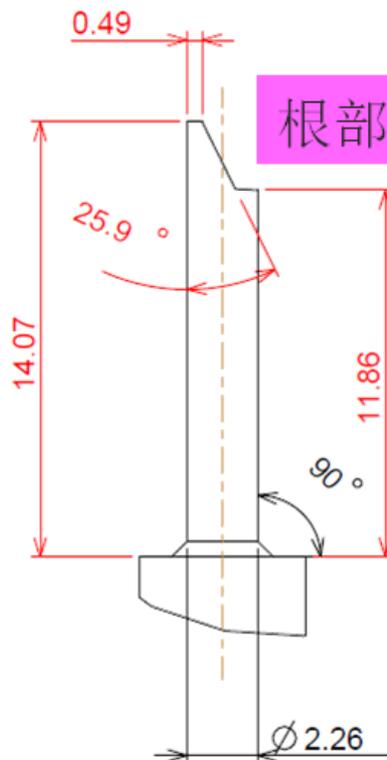
模具厂家：中日龙外协厂

# 成型问题回顾

量产过程顶针断裂  
频率：每月数次！！

顶针断裂位置：

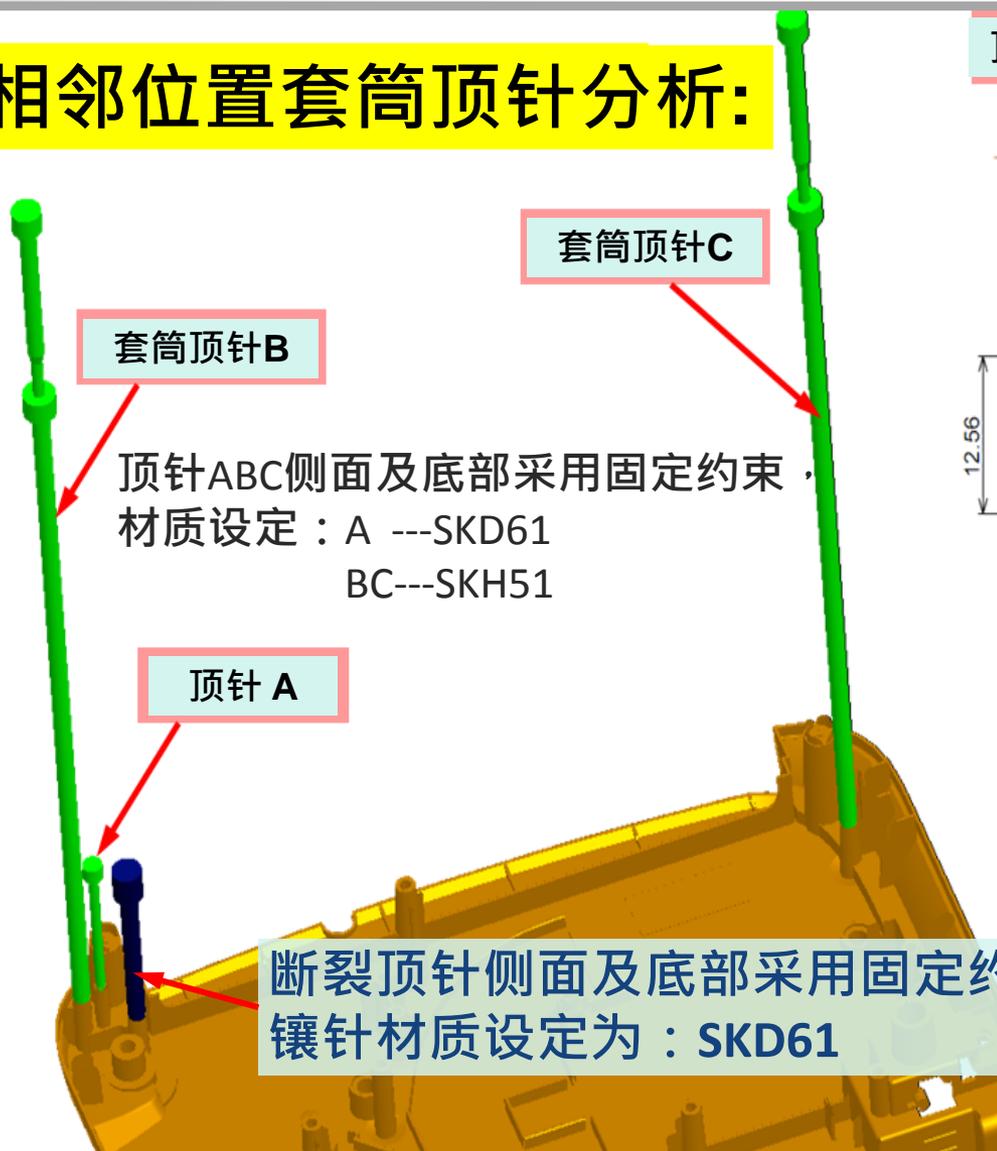
根部断裂



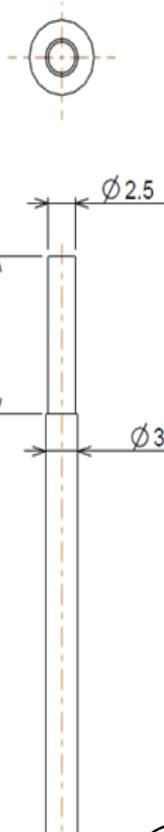
材质：SKD61  
直径： $\phi 2.26$  mm

# Moldflow导入分析

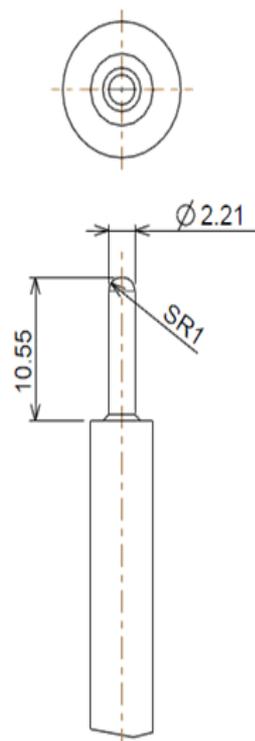
## 相邻位置套筒顶针分析:



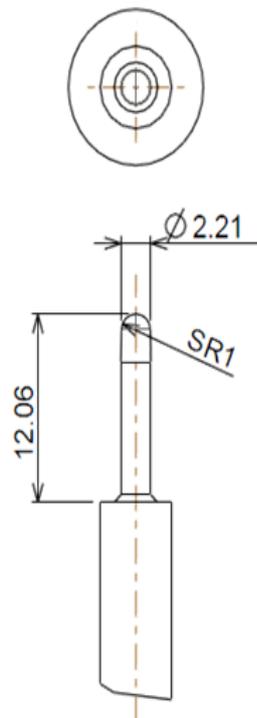
顶针 A



顶针 B



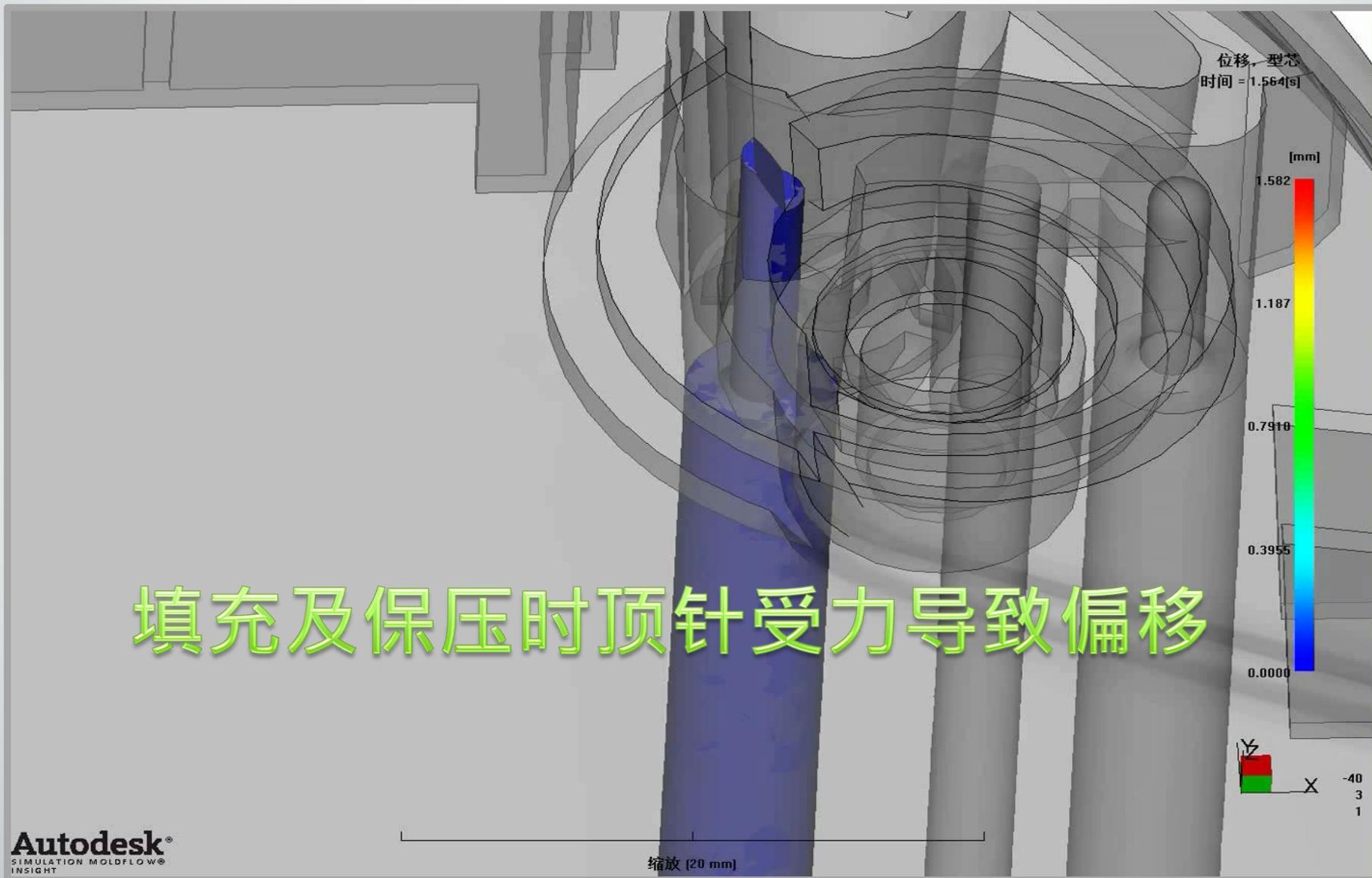
顶针 C



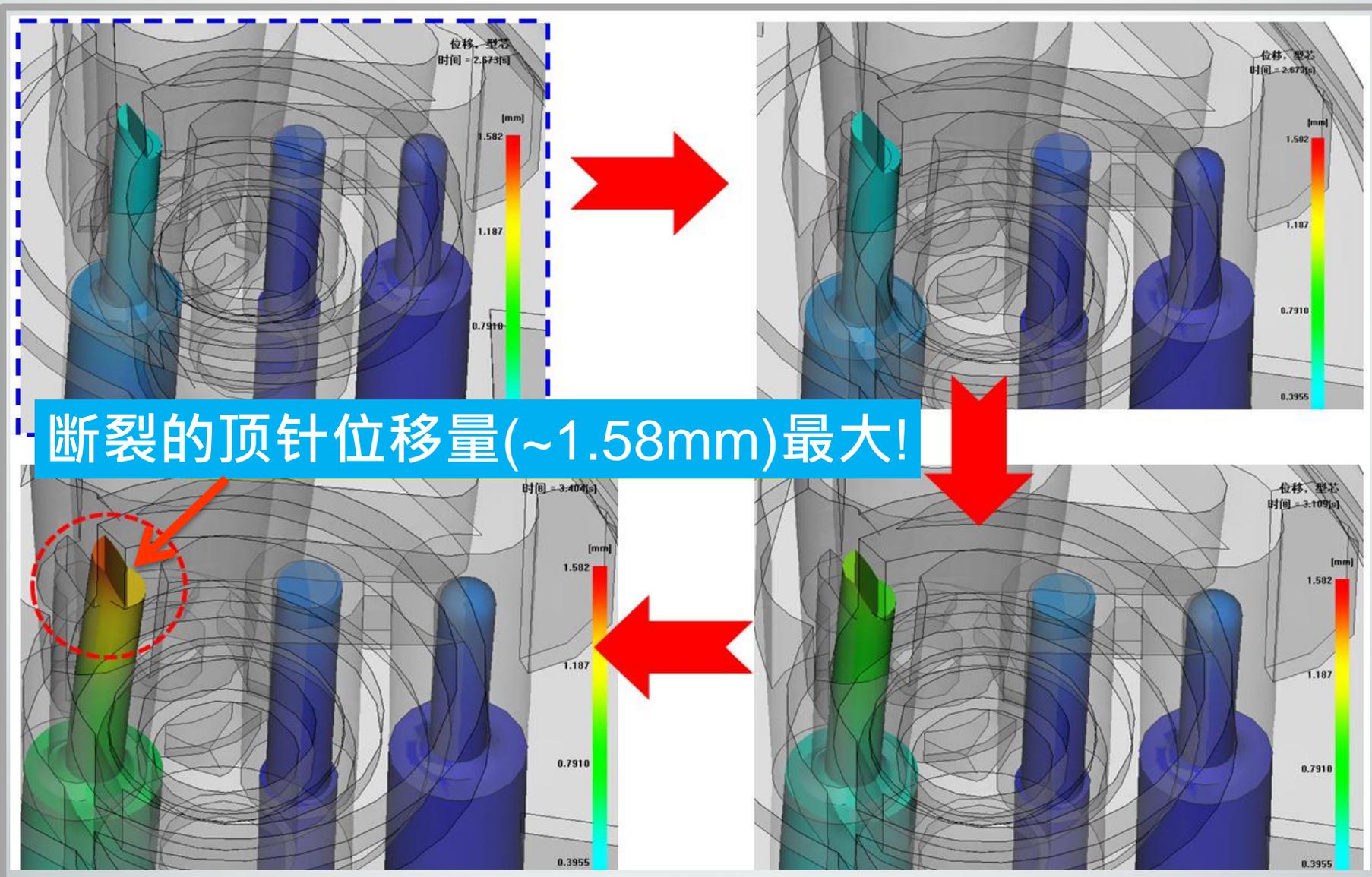
# Core Shift

模流与应力联合分析

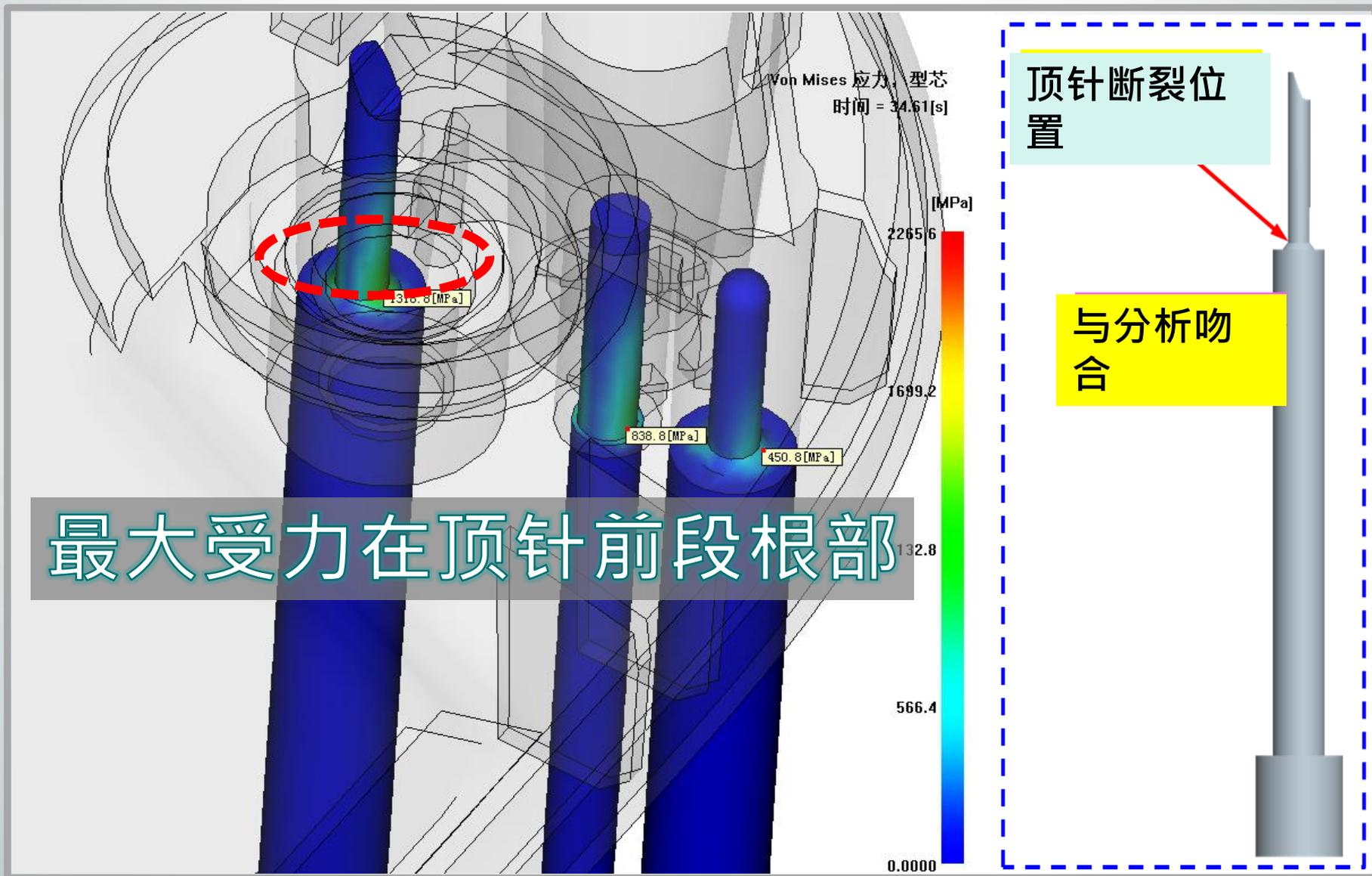
# 成型过程顶针位移分析动画



# 成型过程顶针位移量分析



# 顶针上最大降伏应力分布



# 从中日龙的设计知识库查找 SKD61 材料特性

## 一、产品性能介绍

(1) 高级优质中碳钢，采用由电炉、平炉或纯氧转炉炼钢法制造的全静钢，具有金相组织均匀的特点。该钢含碳量（质量分数，%） $\geq 0.4$ ，耐磨性优良，延展性减少，淬火易变形和开裂，故淬火极为重要，切回火后必须急冷，以避免发生回火脆性。

通过实行球化处理，可以改善这类碳钢的切削性能。该钢通常回火到硬度19~22HRC以后使用，以增加其切削加工性能

(2) 供货状态及硬度 143~187HBS, 179~235HBS, 212~277HBS。

(3) 钢材特性

良好的机械加工性及切削性特佳

(4) 钢材一般用途适用于塑胶模架配板及机械配件

## 二、化学成分（质量分数，%）

碳C 硅Si 锰Mn 磷P 硫S 铜Cu 镍Ni 铬Cr

0.47~0.53 0.15~0.35 0.60~0.90  $\leq 0.030$   $\leq 0.035$   $\leq 0.30$   $\leq 0.20$   $\leq 0.20$

## 三. 力学性能

抗拉强度(MPa):  $\geq 630$

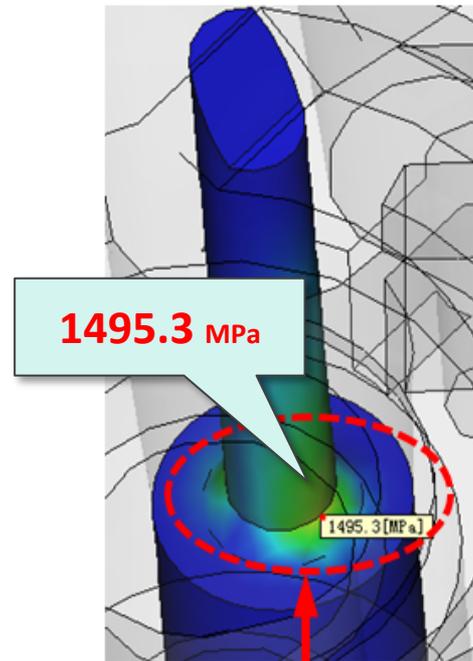
降伏强度(MPa):  $\geq 375$

伸长率 $\delta_5$  (%) :  $\geq 14$  断面收缩率 $\psi$  (%) :  $\geq 40$

冲击功 $A_{kv}$  (J) :  $\geq 31$  (4) 冲击韧性值  $a_{kv}$  (J/cm<sup>2</sup>) :  $\geq 39$  (4)

硬度：未热处理， $\leq 241$ HB; 退火钢， $\leq 207$ HB 试样尺寸：试样尺寸为25mm

SKD61



模具密度	7.76	g/cm <sup>3</sup> (0:30)
模具比热	462	J/kg·C (0:2000)
模具热传导率	29.5	W/m·C (0:1000)
模具机械属性		
弹性模量(E)	200000	MPa (0.3e+006)
泊松比( $\nu$ )	0.29	(0:1)
模具热膨胀系数	1.04e-005	1/C (0:10)

顶针上的瞬时受力已经达到降伏强度的4倍  
成型过程中针头偏移、断裂是必然的现象!

# SKH5

## 1

### 同顶针材质

# 从中日龙的设计知识库查找 SKH51 材料特性

由于资源与价格关系，许多国家以W6Mo5Cr4V2钢取代W18Cr4V而成为高速钢的主要钢号。

## 适用范围

W6Mo5Cr4V2高速钢韧性、耐磨性、热塑性均优W18Cr4V，而硬度、红硬性、高温硬度与W18Cr4V相当，因此W6Mo5Cr4V2高速钢除用于制造各种类型一般工具外，还可制作大型及热塑成型刀具。由于W6Mo5Cr4V2钢强度高、耐磨性好，因而又可制作高负荷下耐磨损的零件，如冷挤压模具等，但此时必须适当降低淬火温度以满足强度及韧性的要求。W6Mo5Cr4V2高速钢易于氧化脱碳，在热加工及热处理时应加以注意。

W6Mo5Cr4V2钢简称W6或6542，是钨钼系通用型高速钢的代表钢号。它是含有多种合金元素的高合金钢，属莱氏体型钢种。具有高硬度、高耐磨性、高热硬性、高淬透性和足够的塑性和韧性，并有良好的铸、锻、焊和机械加工性能，因而它在工具钢中占有及重要的地位

钢号(GB)美国 (AISI) 日本 (JIS) 法国 (NF) 德国 (DIN)

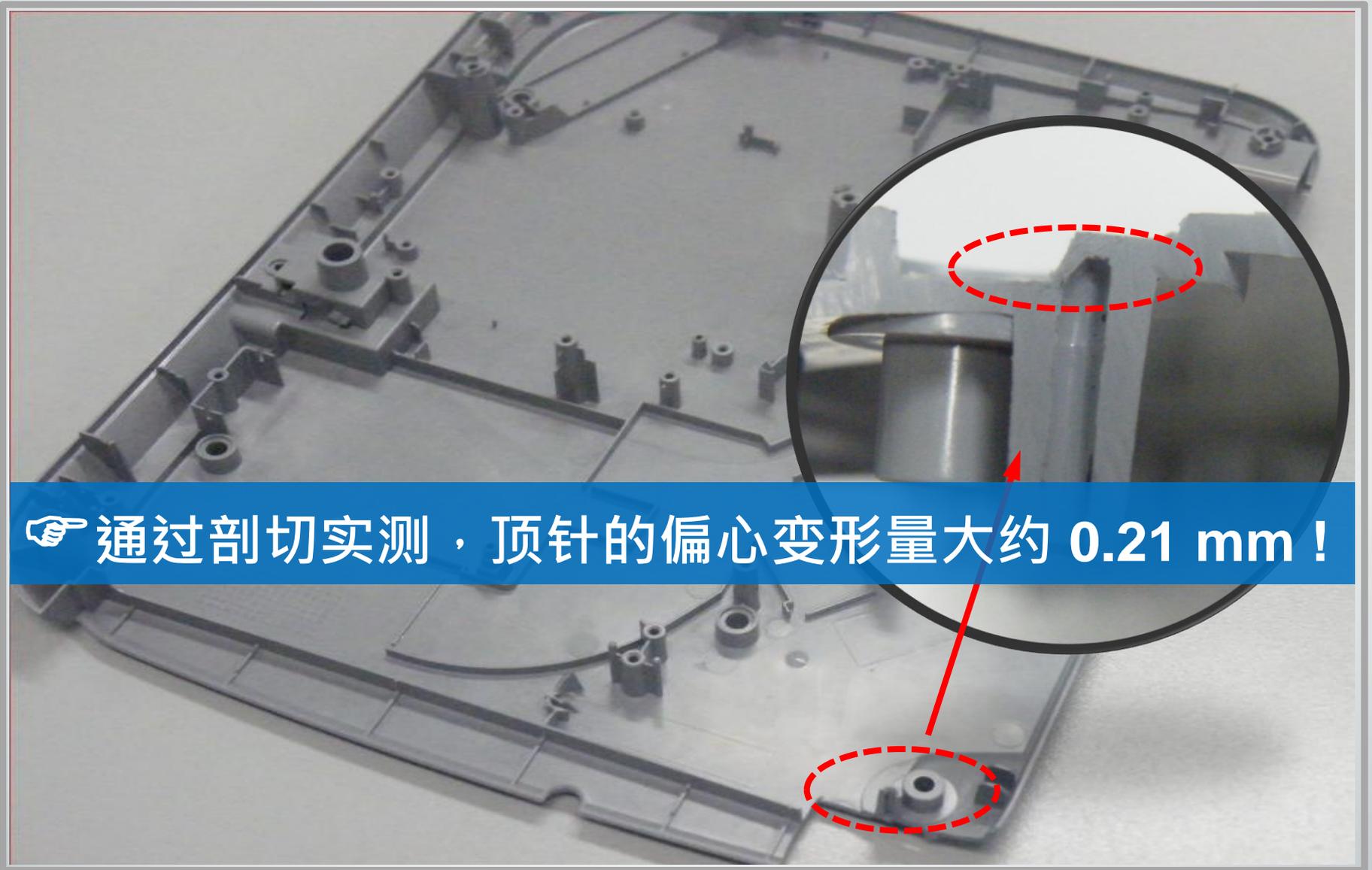
W6Mo5Cr4V2 M2 SKH51 HS6-5-2 1.3343s

**降伏强度(MPa):  $\geq 835$**

**SKD61材料的降伏强度(MPa):  $\geq 370$**

**SKH51 的降伏强度远大于 SKD61 !**

# 成型样品三次元测量结果



# 改善对策与建议

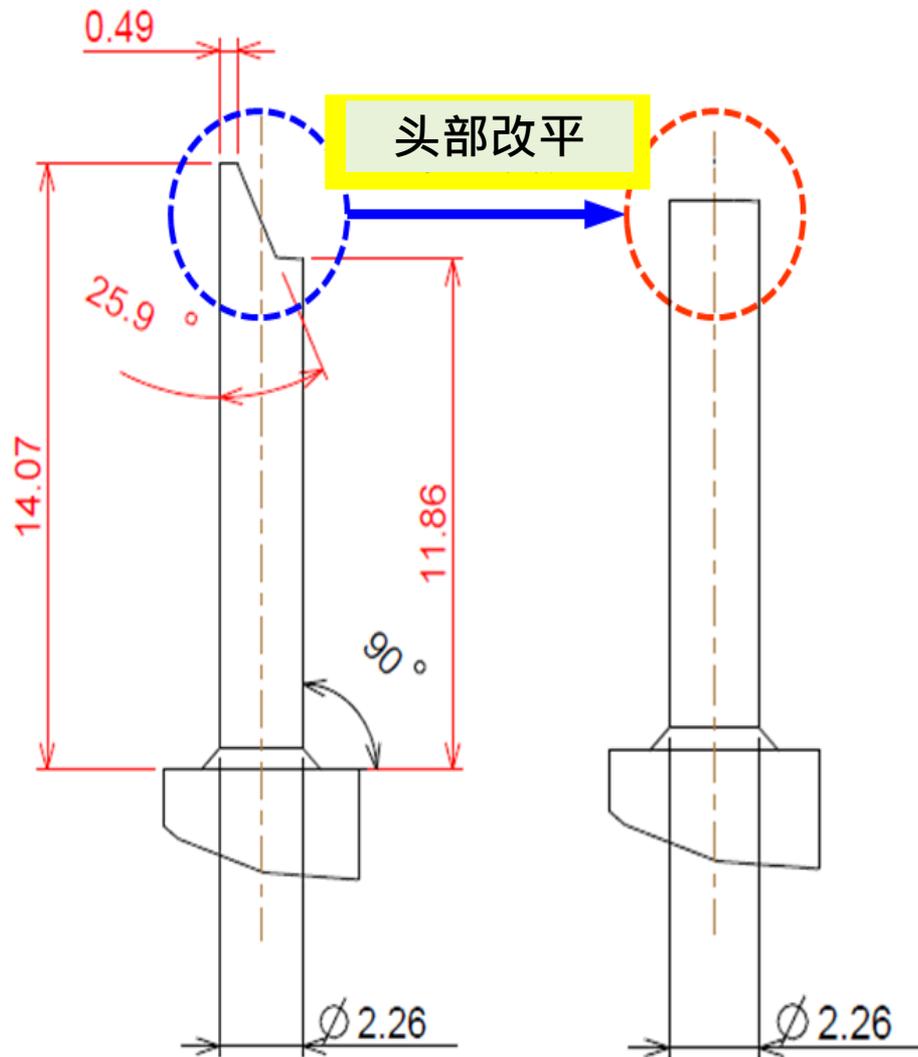
## 改善对策:

### (1) 顶针强度改善

## 改善方法:

- (a) 顶针头部改平，产品相应位置在母模面减少肉厚。
- (b) 更换材料: **SKD61** → **SKH51**

从成型改善对策标准表快速找到对策：



# 改善对策与建议

## 改善对策:

### (1) 针柱离型性改善

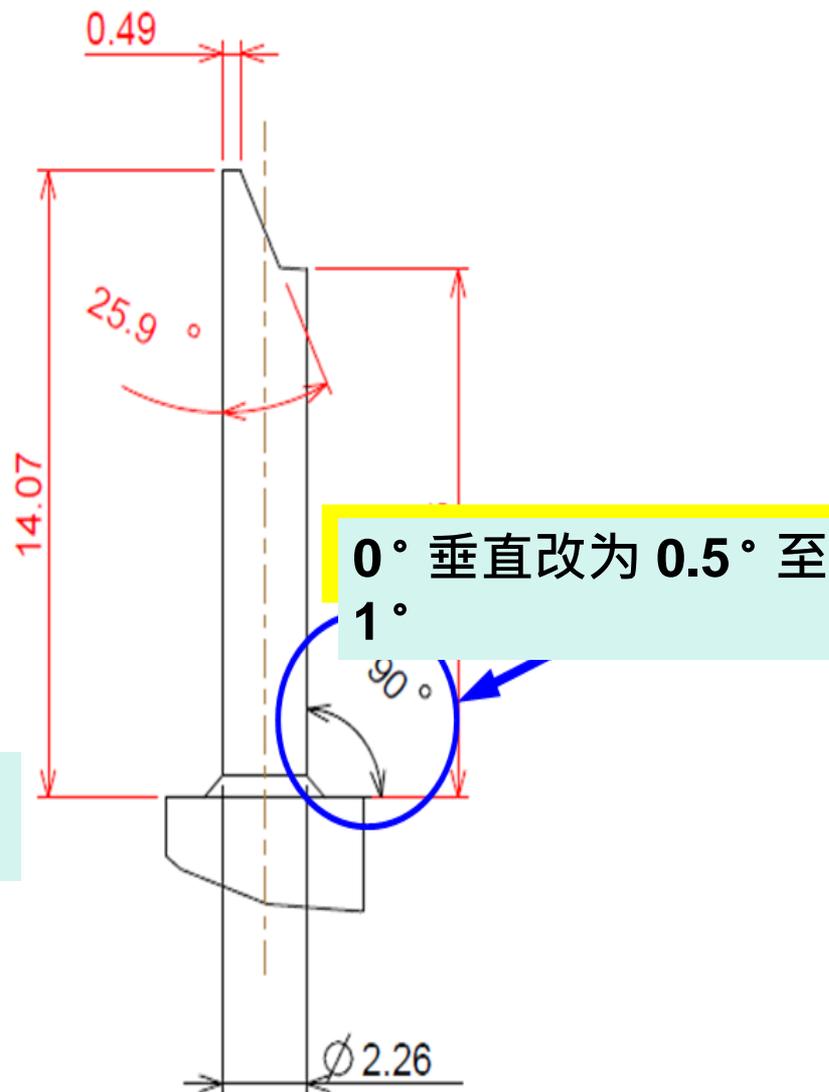
## 改善方法:

(a) 将 0 改为  $0.5 \sim 1^\circ$

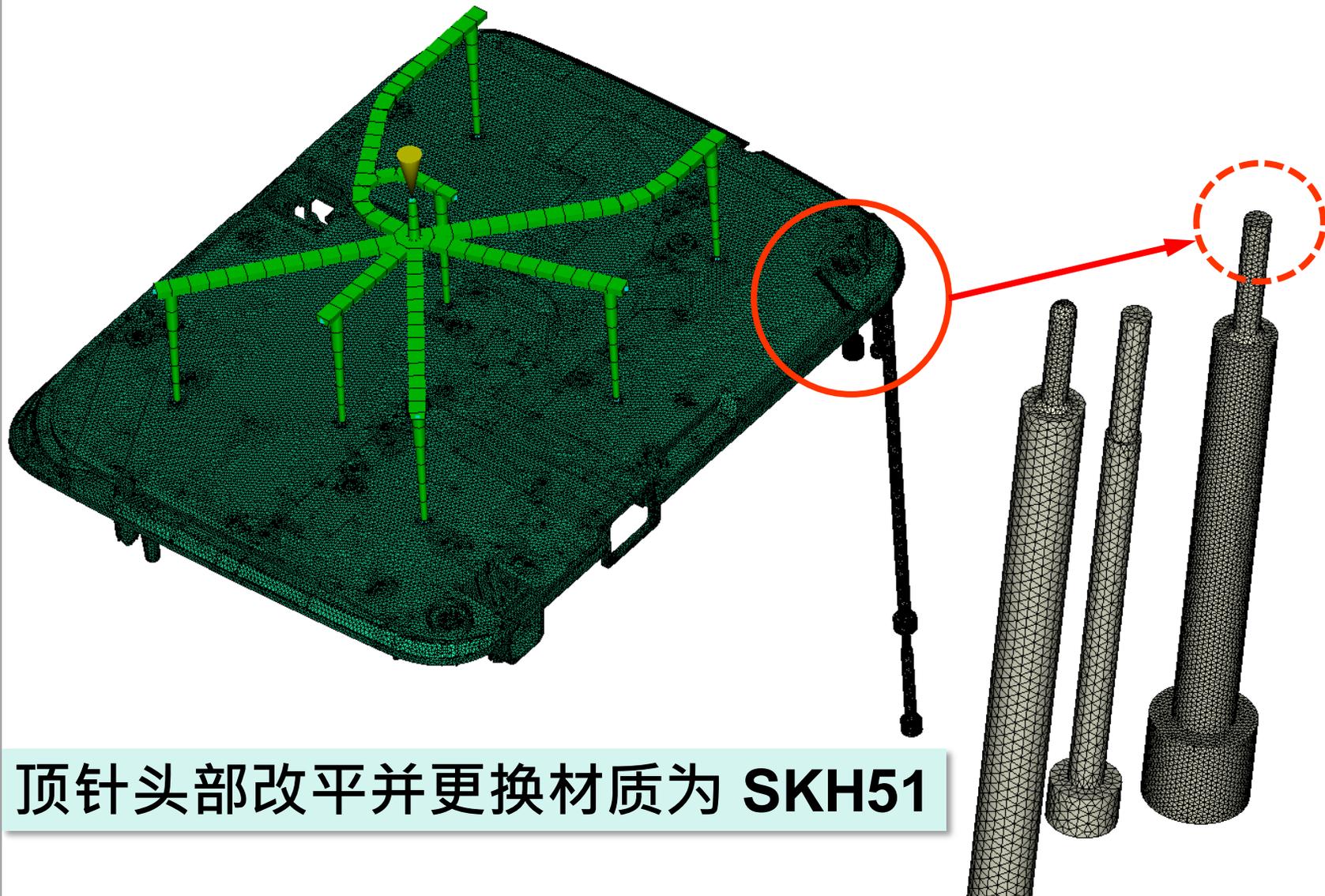
(b) 或者更改为套筒顶针

好处: 减小脱模时的摩擦力。  
改善离型, 同时可减小顶针受力。

同时可减小镶针叉刀

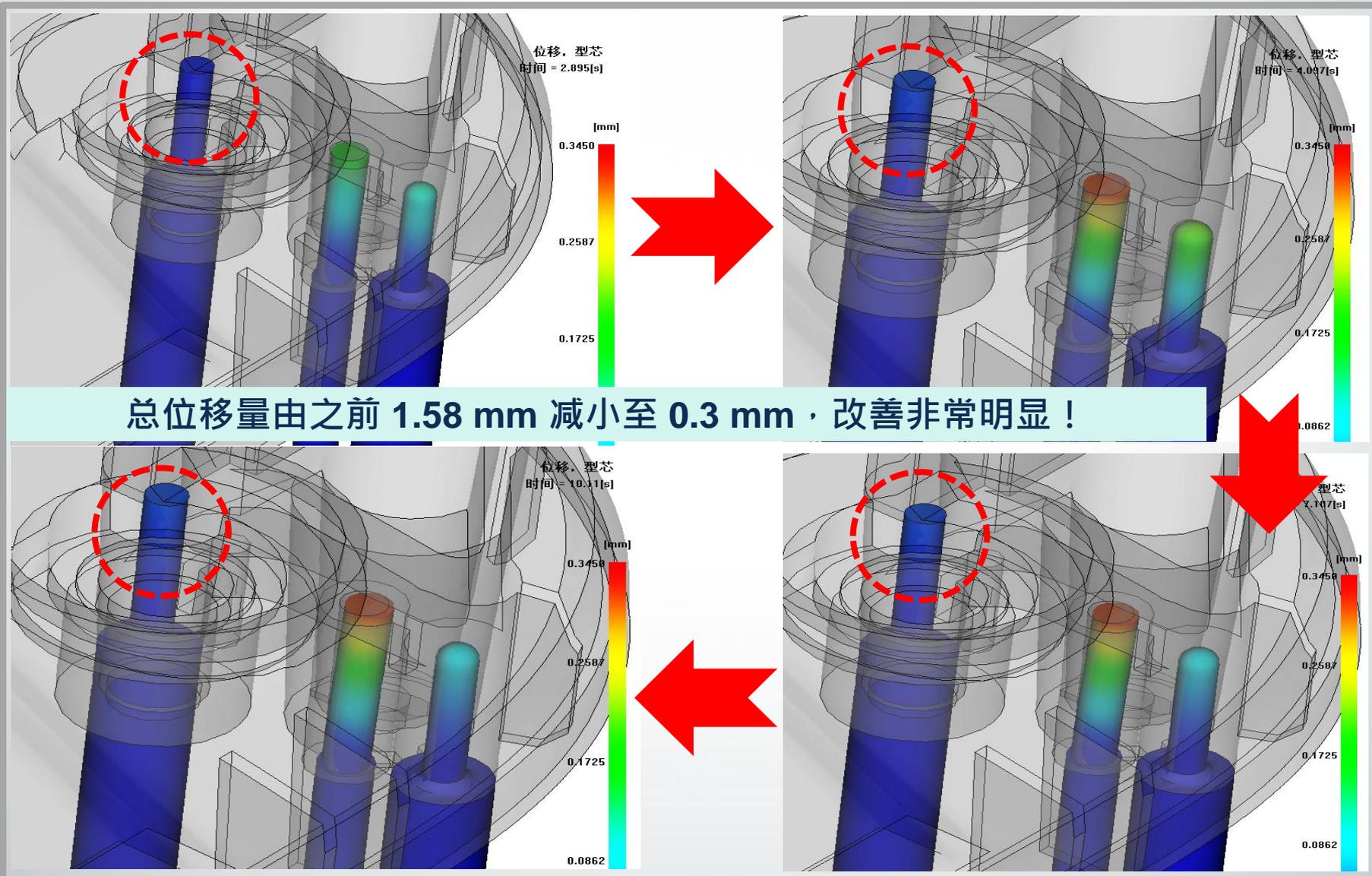


# 改善方案分析

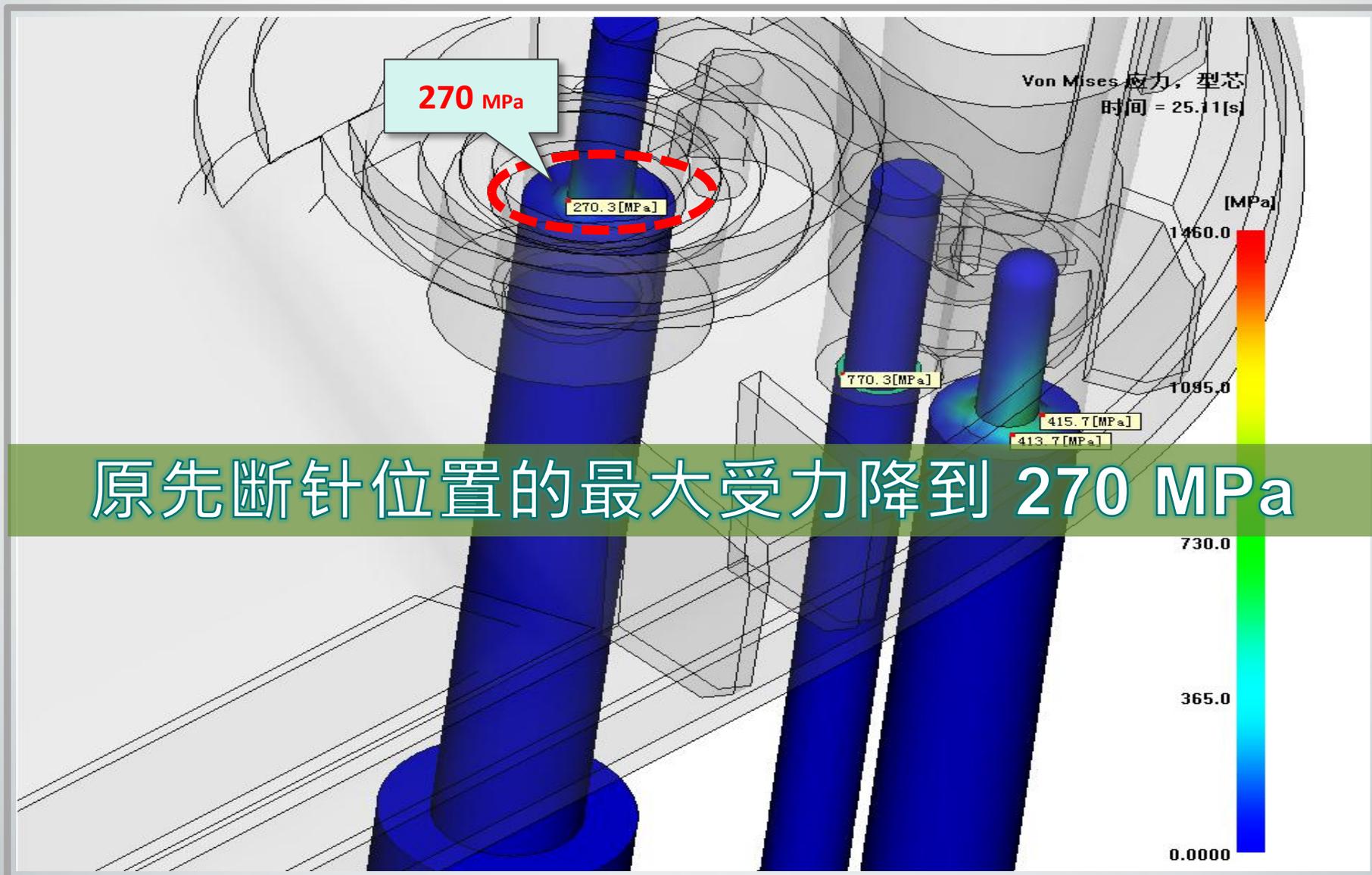


顶针头部改平并更换材质为 **SKH51**

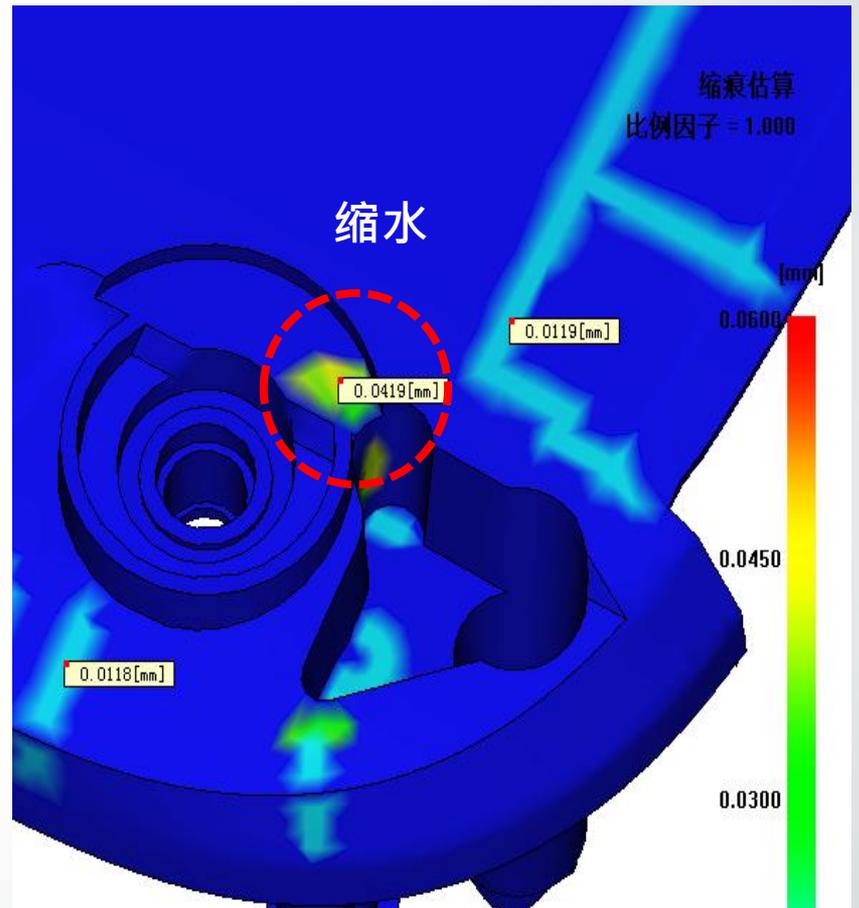
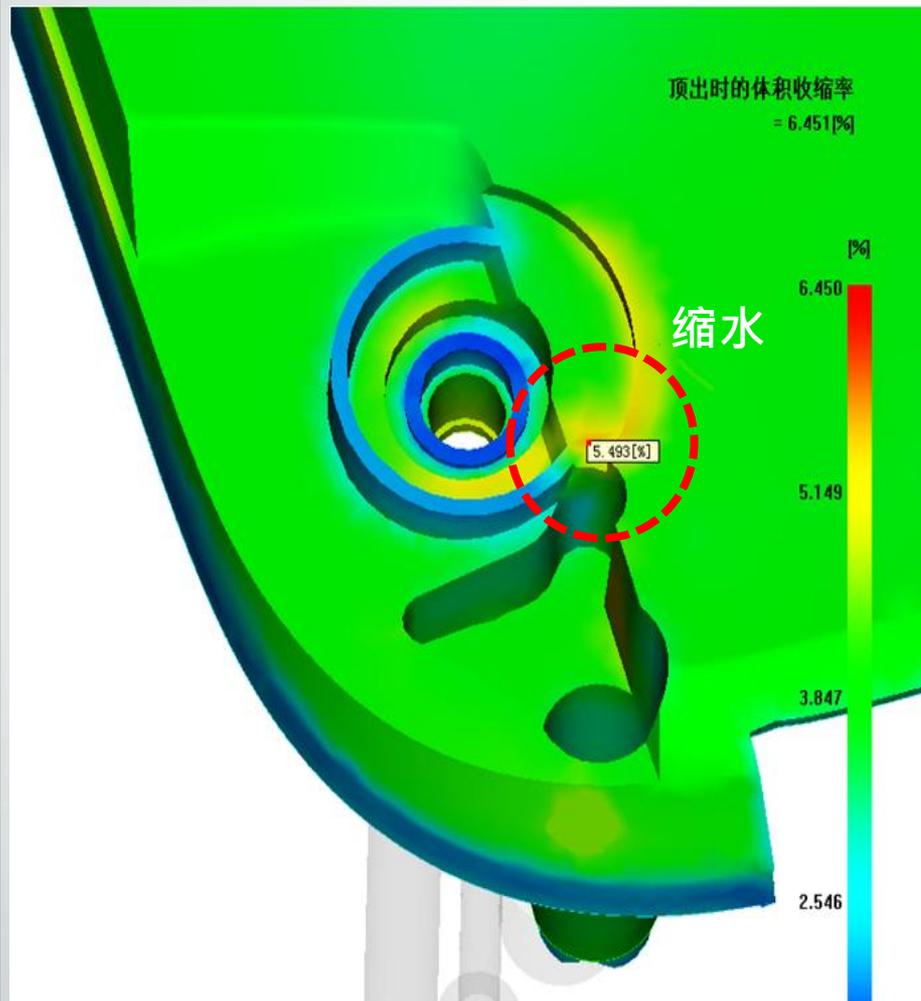
# 改善后的顶针总位移量



# 分布

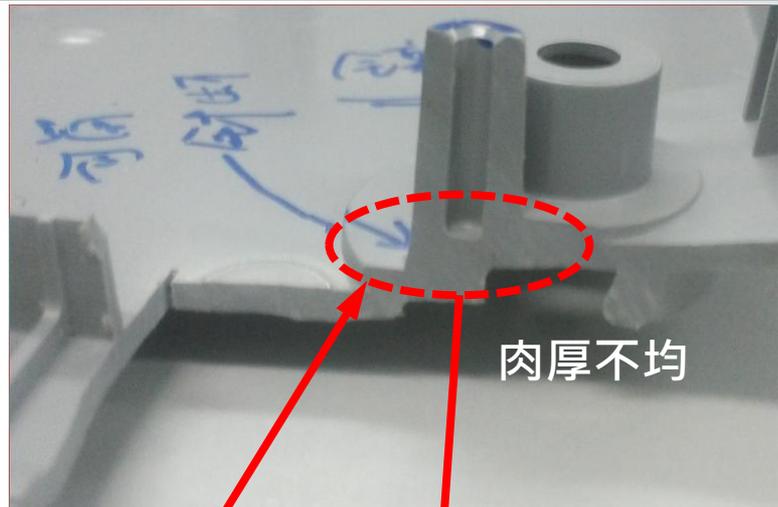
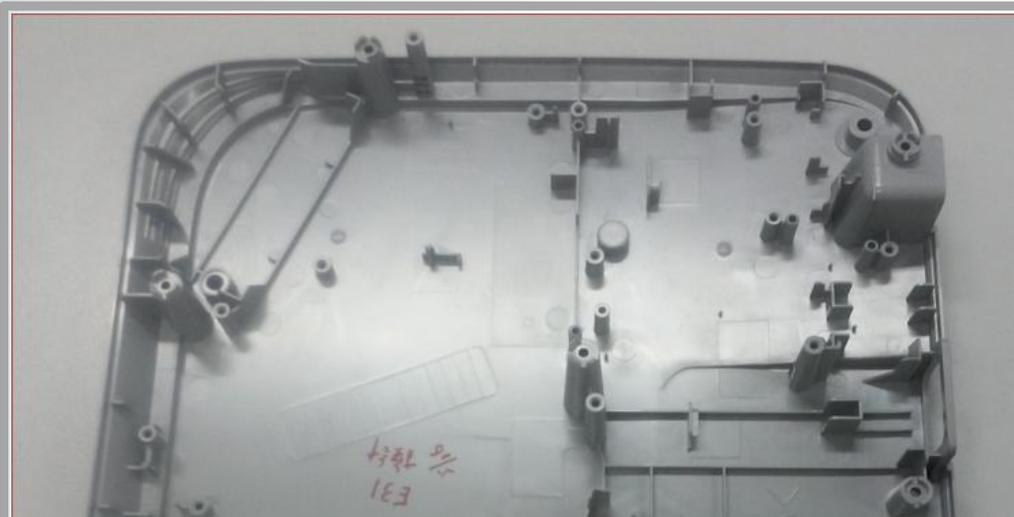


# 改善后可能出现的问题分析

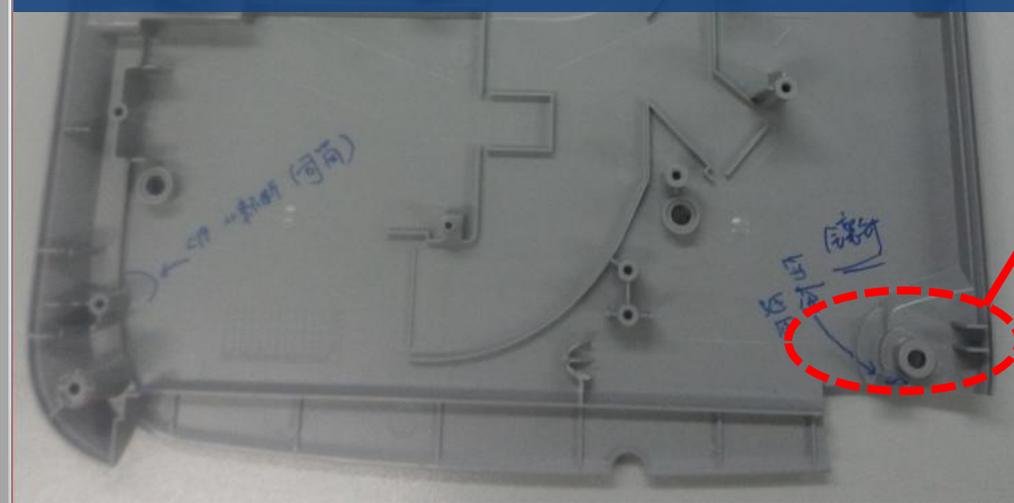


根据 Moldflow 判定标准：顶针形状改变后可能出现局部缩水！

# 改善后成型样板测量结果(1)



顶针修改后样品上的缩痕客户能接受!



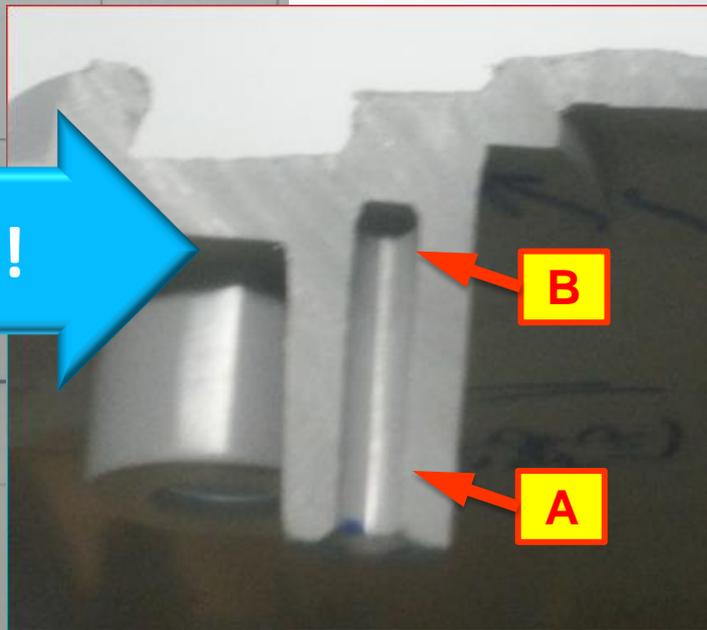
# 改善后成型样板测量结果(2)

偏心测量结果(三次元测量)

量产后每周抽检 → 不再断针!

圆 (4)  
x : 0.027  
y : 0.075  
D : 2.252

圆 (2)  
x : -0.011  
y : 0.025  
D : 2.237



外圆柱中心

顶针 A 部

顶针 B 部

$x, y = 0$

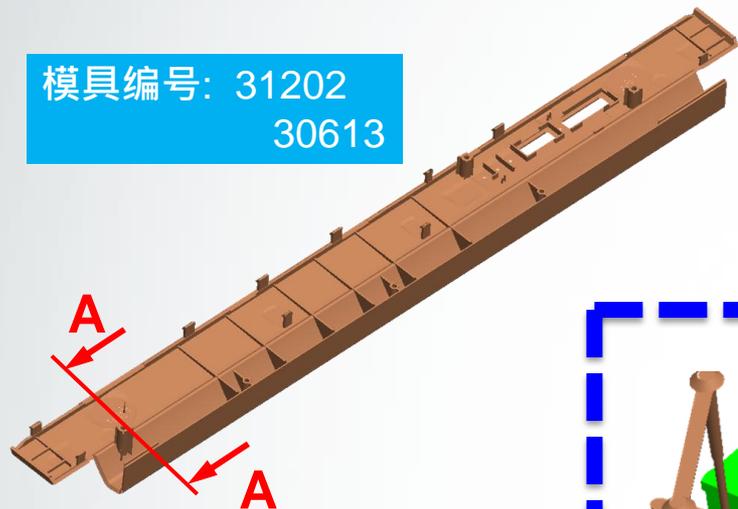
偏心 0.01 mm

偏心 0.05 mm

偏心量从 0.21 → 0.05 mm

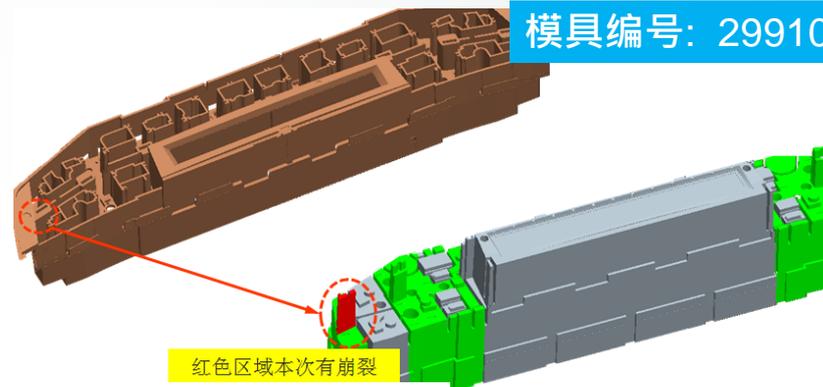
# 析→解决

模具编号: 31202  
30613



A - A

模具编号: 29910



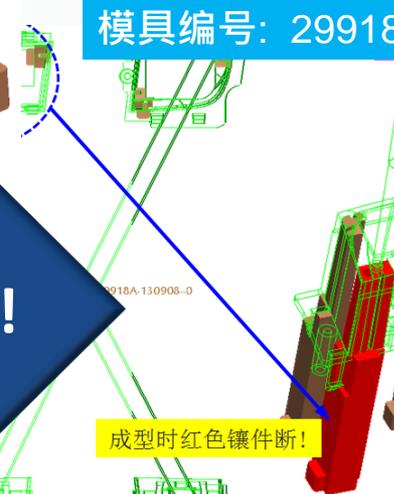
红色区域本次有崩裂

模具编号: 29917



AC部品镶件断

模具编号: 29918



成型时红色镶件断!

将已知的经验应用于类似模具!!

# 顶针断裂分析实例总结

## 材料的“强度理论”提及：

□ 材料在外力作用下有两种不同的破坏形式：

- ◆ 一是在不发生显著塑性变形时的突然断裂，称为脆性破坏。
- ◆ 二是因发生显著塑性变形而不能继续承载的破坏，称为塑性破坏。

□ 两百多年来，人们对材料破坏的原因，提出各种不同的假说。但这些假说都只能被某些破坏试验所证实，而不能解释所有材料的破坏现象。

□ 针对模具及成型上的不良，我们可以利用Moldflow找到原因，进行联合分析、多管齐下，才能“药到病除”。

A man in a dark suit and tie is shown from the chest down, pointing his right hand towards the text. The background is a plain, light gray.

EFFICIENCY

如果你觉得



如果你希望：  
·

节省时间



# 提升品质



# 达成 精算



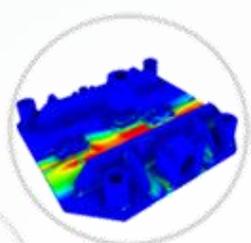
那就请**你**关注：



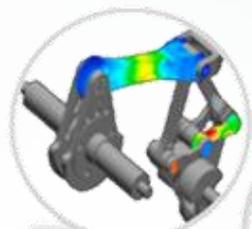
Will it handle fluid pressure?



Will my part fail?



Will my part break?



Is my frame strong enough?



How do parts interact?



What happens when temperature changes?



# Autodesk

做出明智的  
设计决策

# Simulation Moldflow

When will it fail?



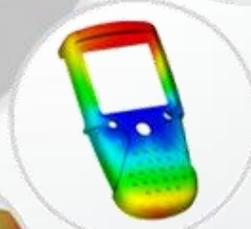
What happens when it moves?



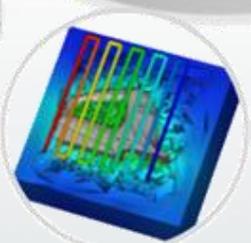
What happens if I drop it?



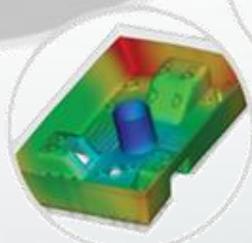
How light can I make it?



Can I produce parts faster?



Will it have defects?



AN AFL PLAYER WILL PUT ON APPROXIMATELY 73 BURSTS OF ACCELERATION IN EACH QUARTER OF FOOTBALL.  
OR, HOME STRAIGHT AFTER HOME STRAIGHT AFTER HOME STRAIGHT AFTER HOME STRAIGHT...



IN A LEAGUE  
OF ITS OWN 

