



# 真空高温高压扩散焊接技术在金属加工及制造模具随形冷却水道之应用

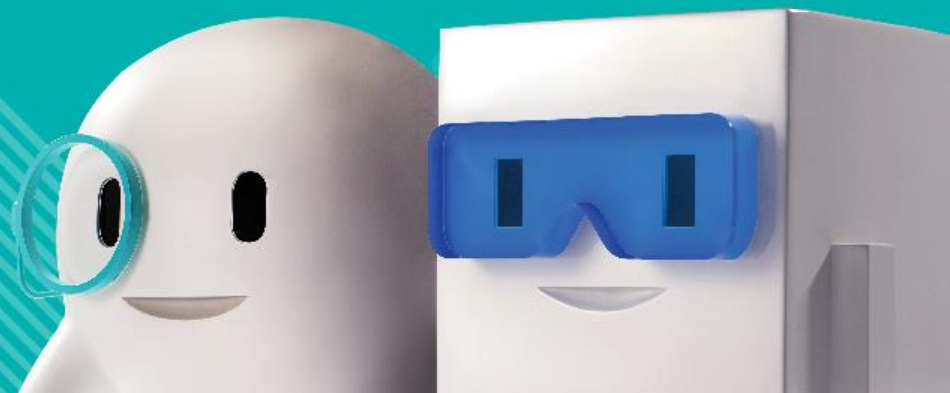
彭泓博士

顾问

香港生产力促进局

电话：852-90483000

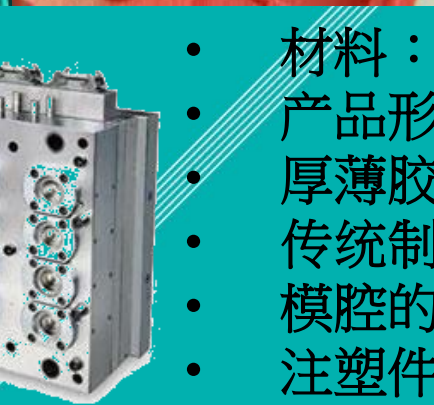
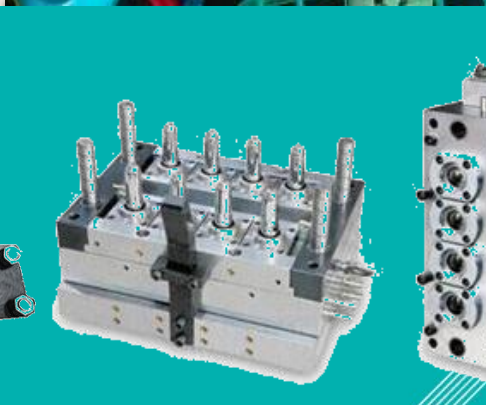
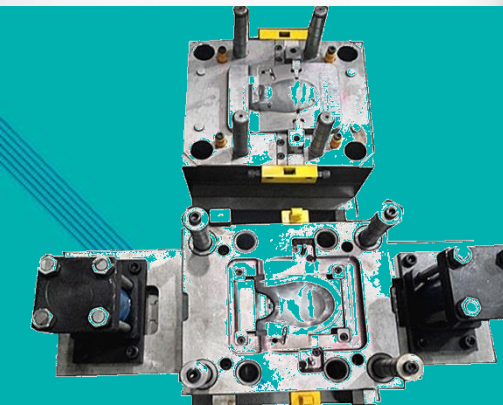
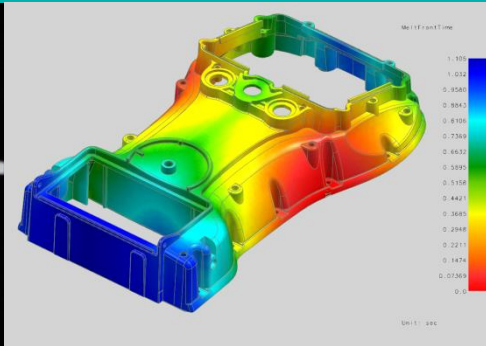
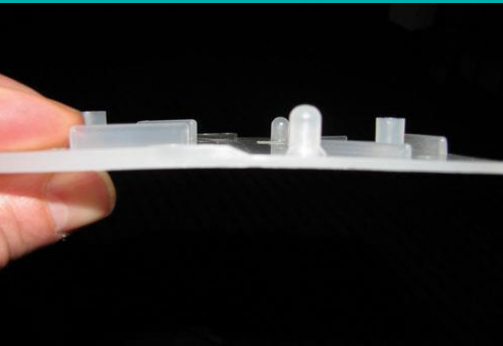
电邮：[wangpang@hkpc.org](mailto:wangpang@hkpc.org)



All-round Productivity Partner

全方位企業伙伴

# 注塑常见问题



- 材料：PP、ABS及PC
- 产品形状复杂，特殊多变
- 厚薄胶位悬殊，碰穿孔多
- 传统制作是直身水管冷却
- 模腔的冷却速度慢不均匀
- 注塑件实需冷却时间偏长
- 常见缺陷翘曲、变形缩水

# 冷却水路设计研讨

传统的冷却水路设计

多选择喷井式或水塔式上水冷却

设计简单，加工容易

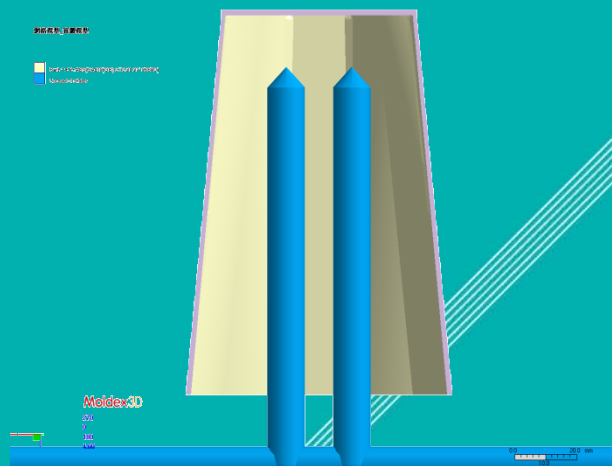
模腔冷却速度慢，冷却范围不平均，实需冷却时间长。

产品容易出现外观缺陷、缩水、变形、扭曲、质量不稳定情况。

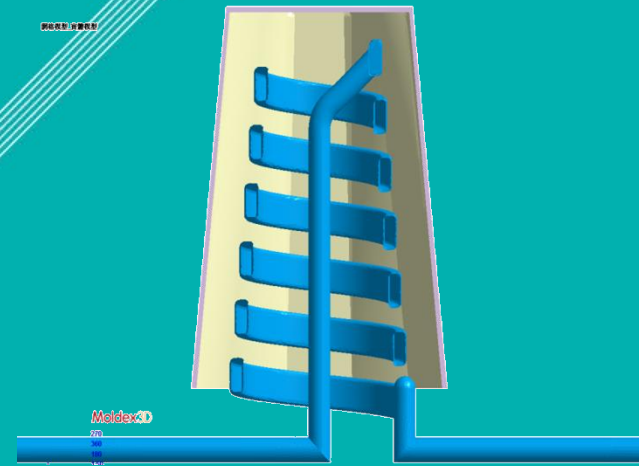
异型水路设计就可以避免上疑虑出现



## 传统水路设计

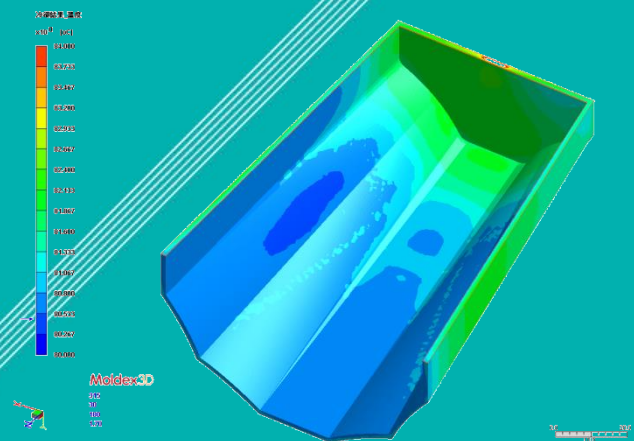
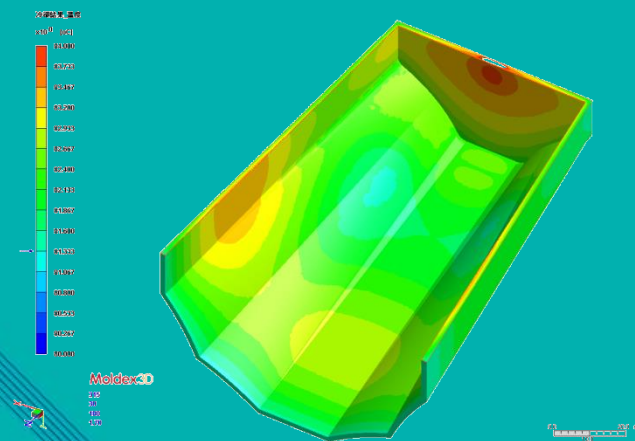
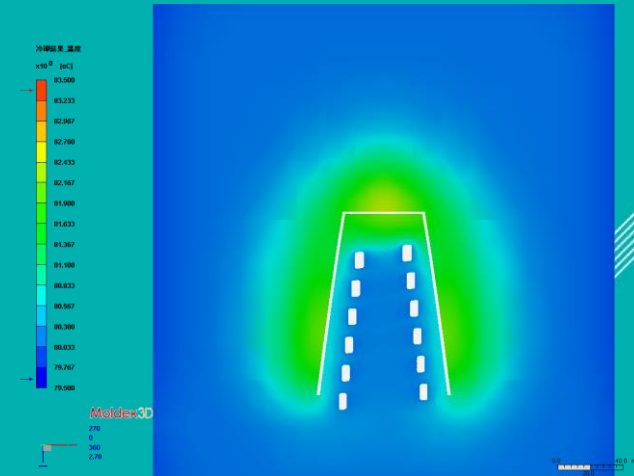
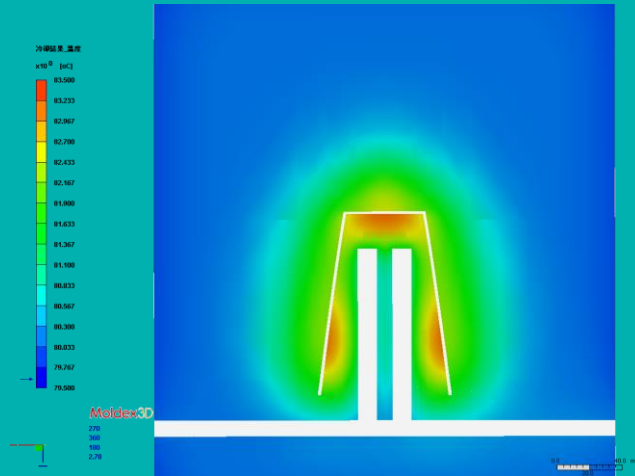


## 异型水路设计



# 冷却水道的重要

## 产品温度分布



# 冷却水道的重要



个案：1. 为节省经费制造小孩用塑胶杯。

成效：1. 模具制作时间：35小时。

2. 模具硬度: 52-54 HRC

3. 高阶表面抛光后处理

4. 注塑周期时间减少42.5%  
(从24秒降至13.8秒)。



# 冷却水道的重要



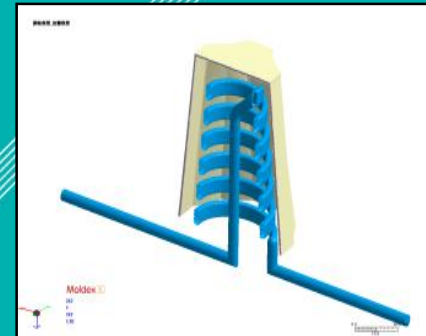
# 模具随形冷却技术

## Conformal Cooling

因传统机械加工的限制，模具冷却运水的设计及制造只能局限于简单的形状，因而未能大幅缩短注塑成型的周期时间，改善注塑的固有缺陷

模具随形冷却水道的好处：

- 减除注射缺陷（如不均匀收缩及变形）
- 提升模具降温成效
- 缩短压铸或注塑周期
- 模具产能提升
- 减少复模及注塑机及外围设备数目



# 模具随形冷却技术 Conformal Cooling

**1**

扩散焊接 Diffusion Bonding (2.5D)

**2**

金属粉末激光烧结 Direct Metal Laser Sintering (DMLS) (3D)

**3**

3D模拟仿真分析软件

# HKPC 成立全球首个随形冷却技术中心

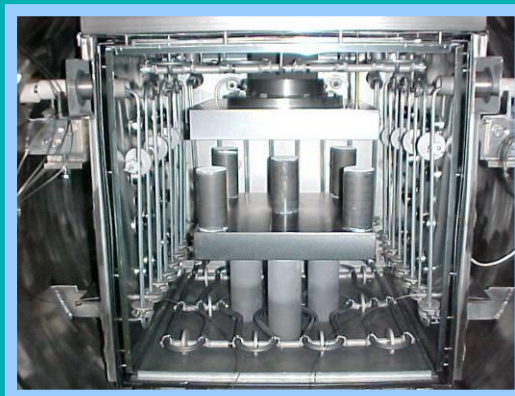
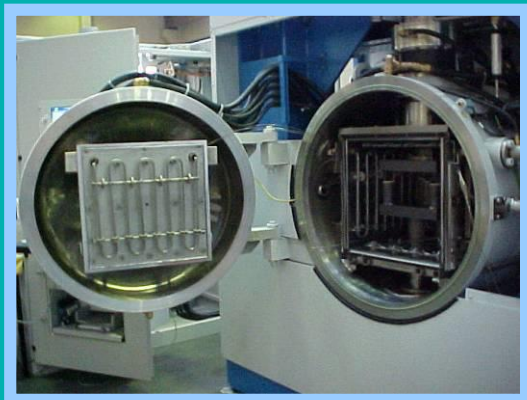


Conformal Cooling  
Technology Centre  
隨形冷卻技術中心

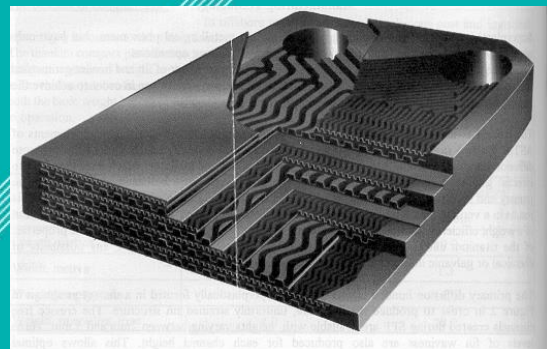
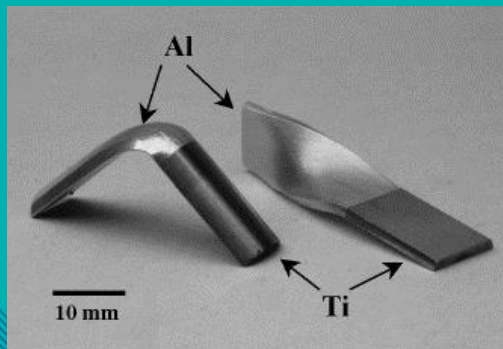


# 应用扩散焊接技术实现2.5D随形冷却水道

- 香港生产力促进局 (HKPC) 引入德国扩散焊接技术

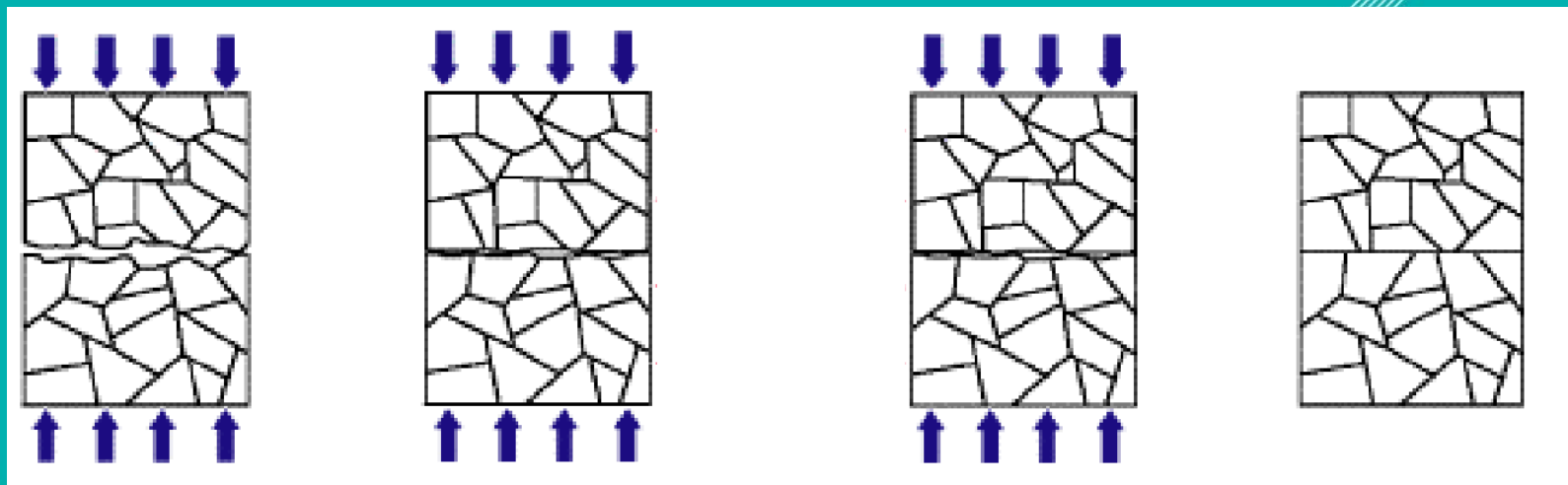


- 用于不同金属，或金属与陶瓷的焊接



# 扩散焊接简介及技术原理

- 于高温、高压及真空环境下之「固态焊接技术」
- 能应用于两片或以上之金属材料
- 接合面和施压方向须与模面垂直



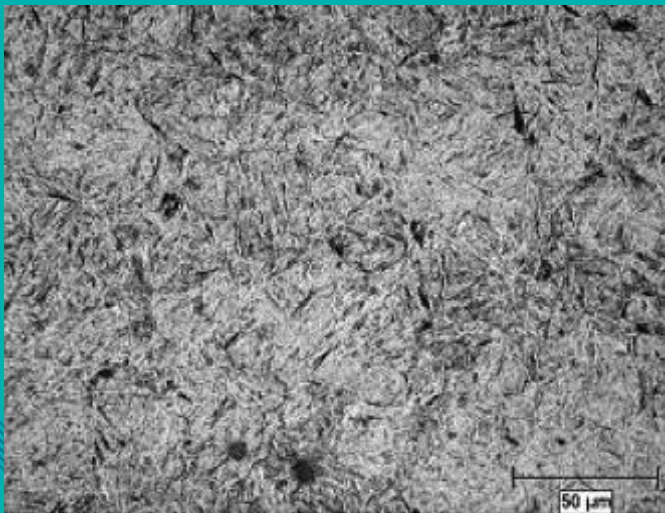
———▶ 压力 Pressure Exerted

# 扩散焊接简介及技术原理

Metal platelets are stacked

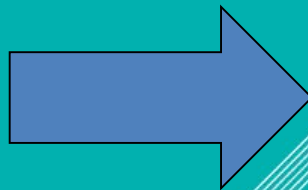
# 扩散焊接简介及技术原理

- 无须任何助焊剂粘剂
- 无熔合线
- 强度跟原材料接近



原材料(模具钢 P20)

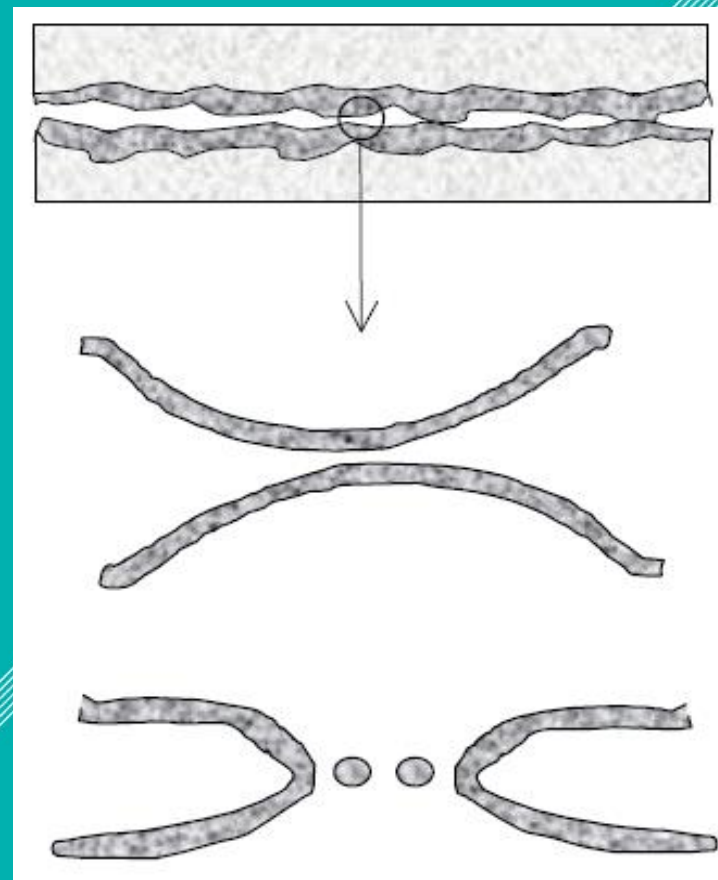
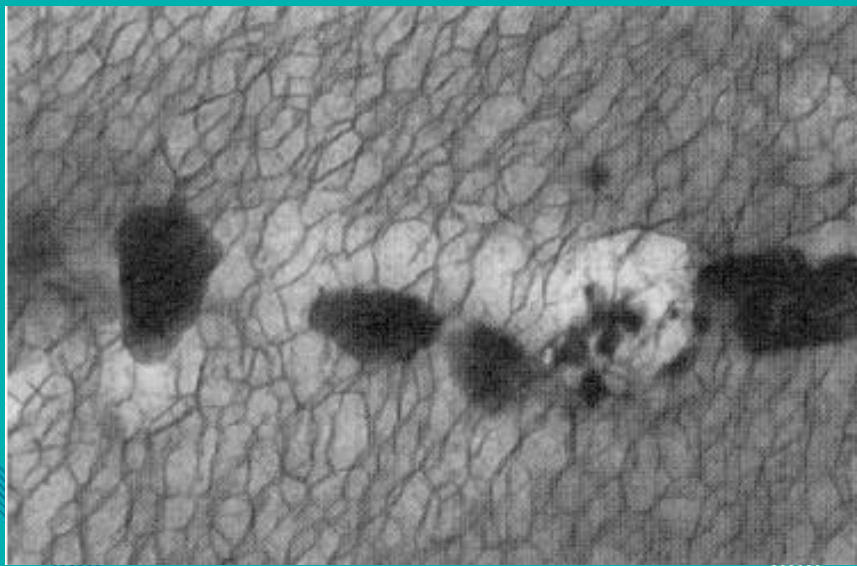
扩散焊接后



扩散焊接工件(模具钢 P20)

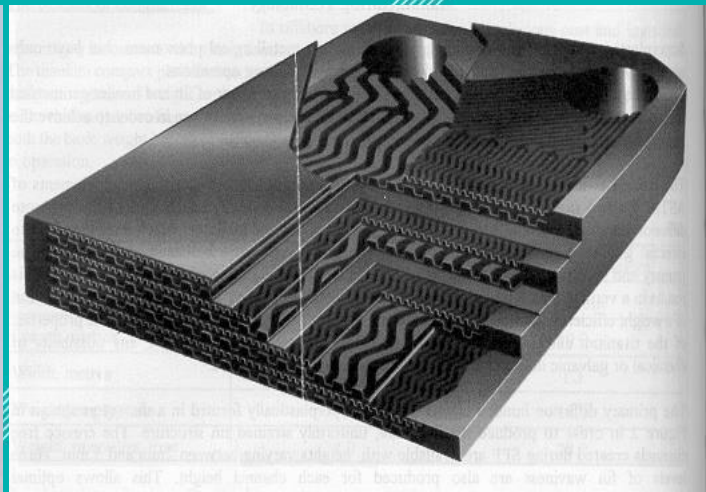
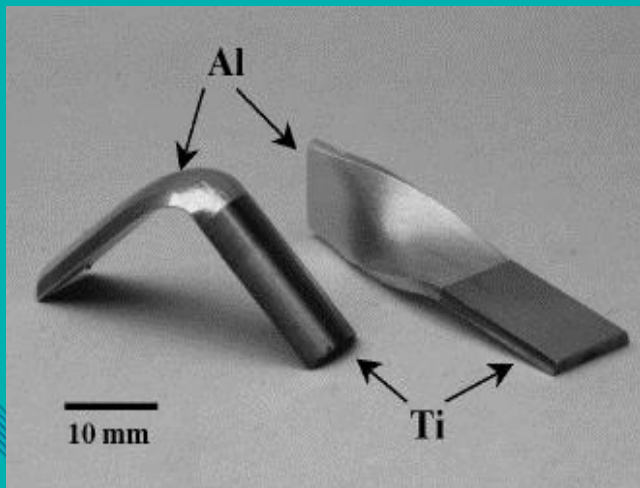
# 扩散焊接简介及技术原理

- 影响扩散焊接效果的因素
  - 表面光洁度
  - 表面的氧化物



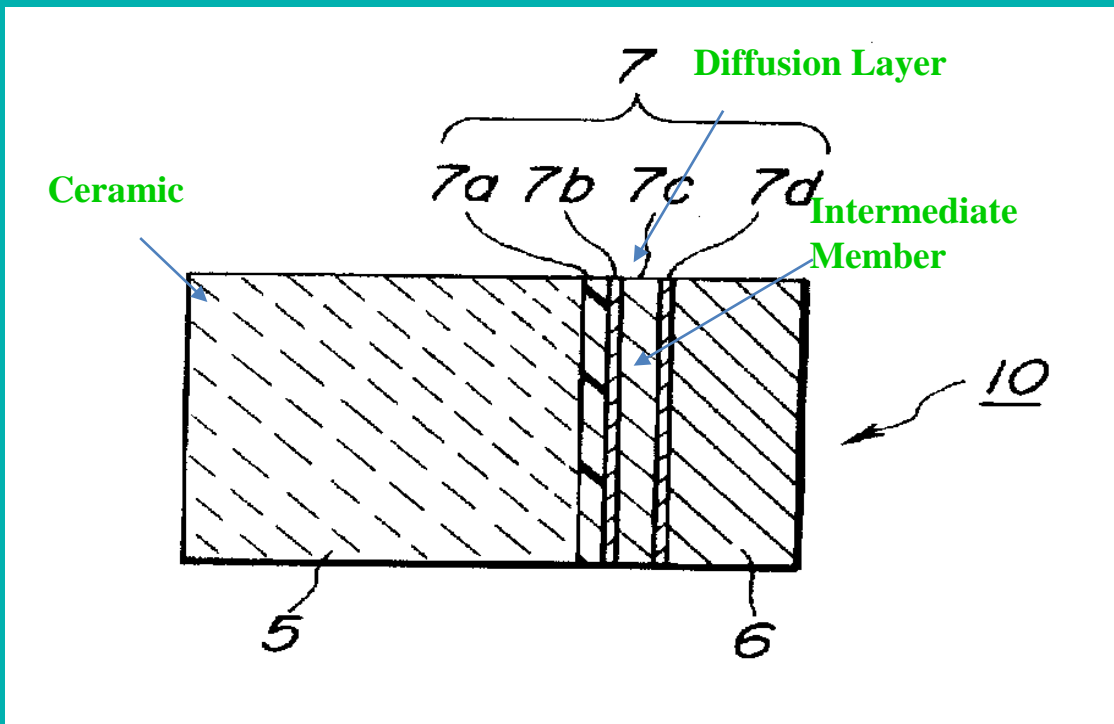
# 扩散焊接简介及技术原理

- 直接用于不同的金属，或金属与陶瓷的焊接

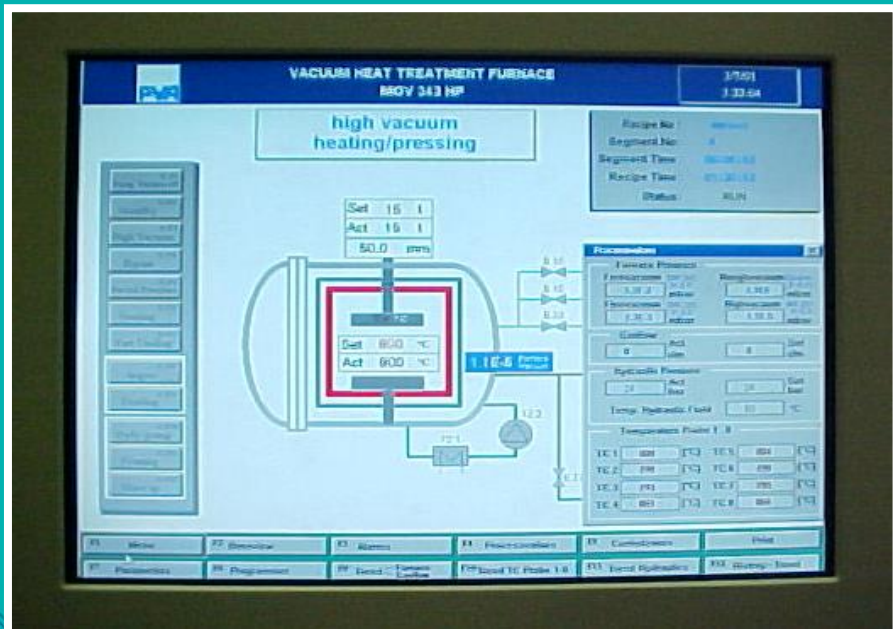


# 扩散焊接简介及技术原理

- 可用于不同金属，或金属与陶瓷的焊接  
Ceramic  $\leftrightarrow$  Silicon nitride- TiN  $\leftrightarrow$  Stainless Steel



# 扩散焊接简介及技术原理



最大温度 (1400 °C)  
最大压力 (150 Ton)  
真空 ( $1 \times 10^{-6}$  mbar)  
德国制造

# 扩散焊接技术在随形冷却水道上的应用

- 把扩散焊接技术应用于模具制作
- 对材质、成型参数、材质兼容性、强度等进行研发及评估

## 金相分析

- 确认熔合线完全消失
- 工件不会于焊接面重新断开

## 防漏测试

- 氦气压力测试
- 确认异形运水之密封性能

## 拉力测试

- 强度跟原材料无异

## 盐雾测试

- 透过盐雾侵蚀速度对比确认焊接面无应力效应

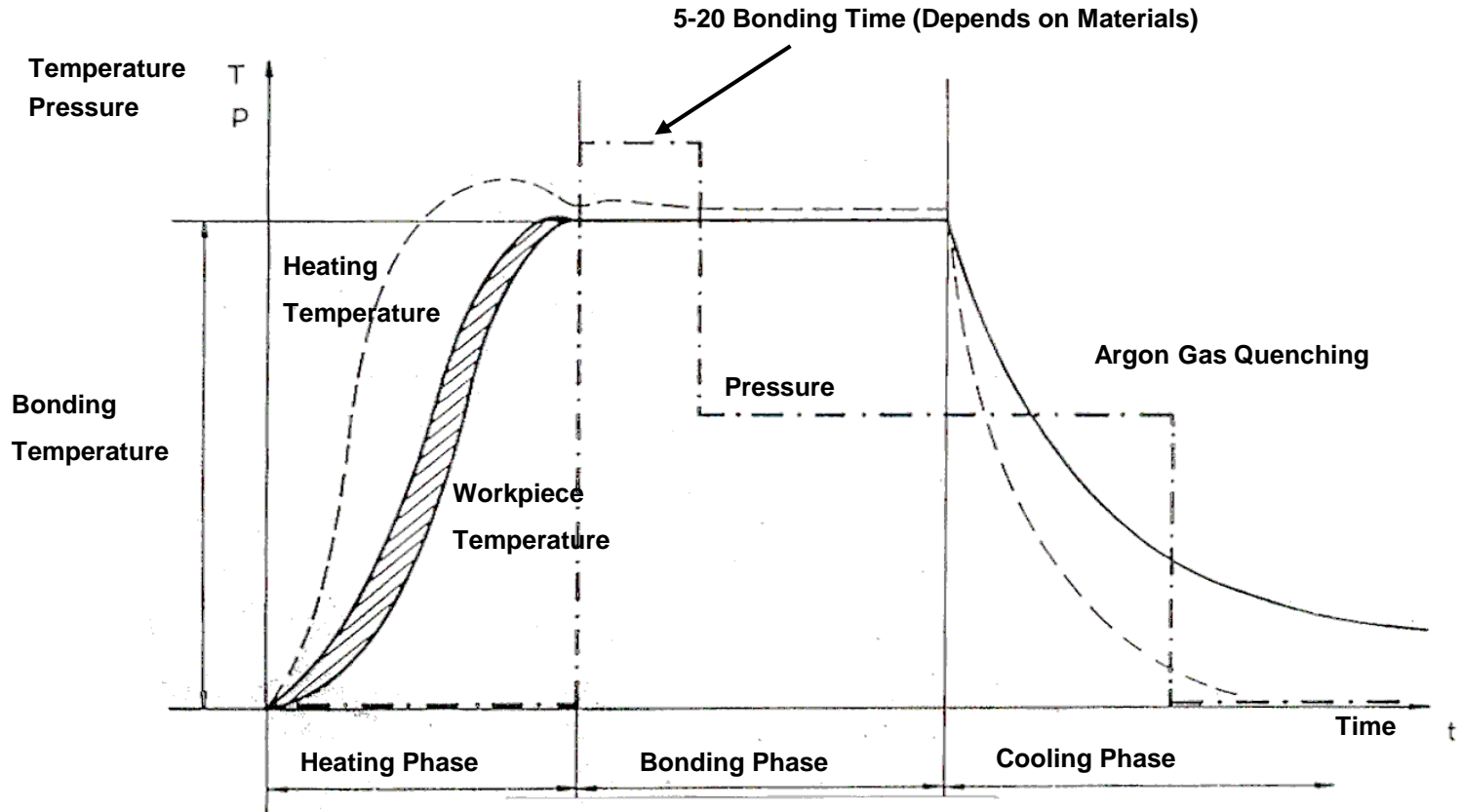
# 扩散焊接应用在随形冷却水道上的好处

- 成本相对低廉，每炉可同时焊接多组模芯
- 减除注塑缺陷 (如收缩及变形)
- 提升模具降温成效
- 缩短注塑周期
- 模具产能提升
- 减少复模及注塑机及外围设备数目

# 扩散焊接技术成型参数

模具钢型号	AISI H13	AISI P20
温度(°C)	970	830
夹具压力 (N/mm <sup>2</sup> )	40	20
扩散焊接时间	15 小时	15 小时
总加工时间	18 小时	18 小时

# 扩散焊接技术成型参数



# 进行扩散焊接的工件要求

工件大小

300mm x 300 mm x 175 mm  
(最少厚度为35mm)

焊接面投影面积

最大为30000mm<sup>2</sup>

冷却道尺寸

异形运水最小1.5mm  
运水分隔最小3.0mm

高度补偿

1 - 2%

# 进行扩散焊接的工件要求

材质

钢、不锈钢、铝、铜等

硬度

HRC 15

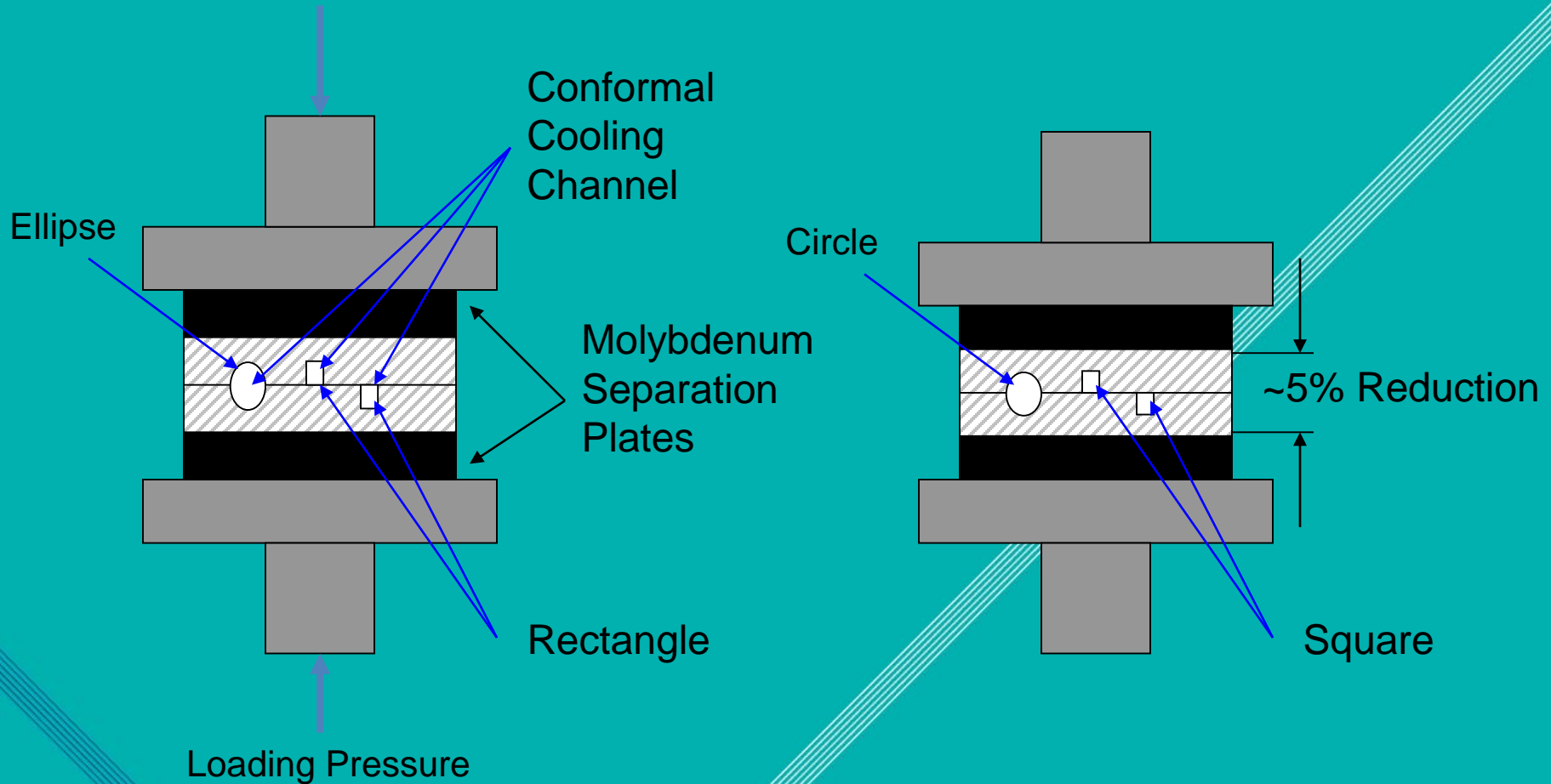
焊接面  
光洁度

$Rz = 0.5-3.0\mu\text{m}$

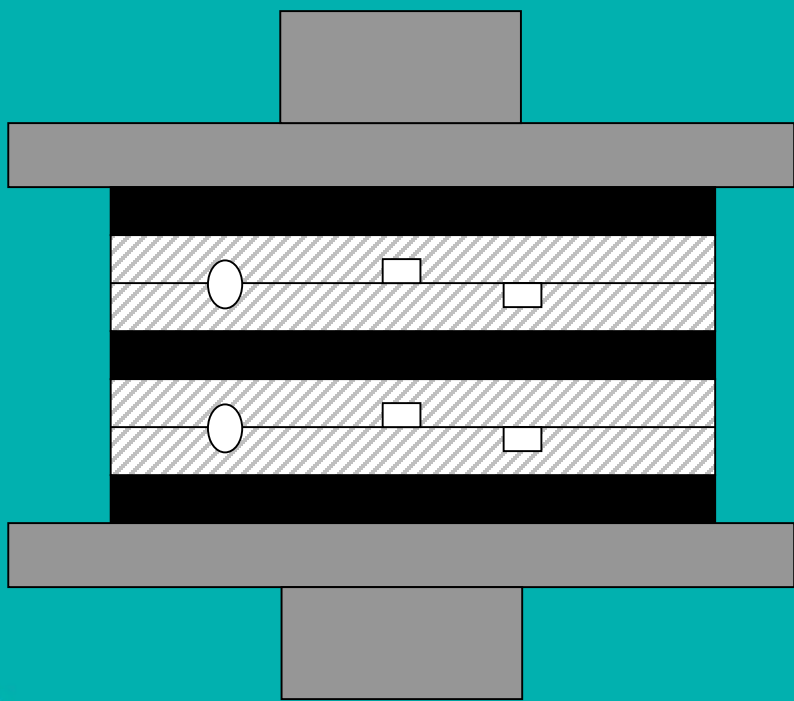
焊接面  
其他要求

没有氧化物、杂质

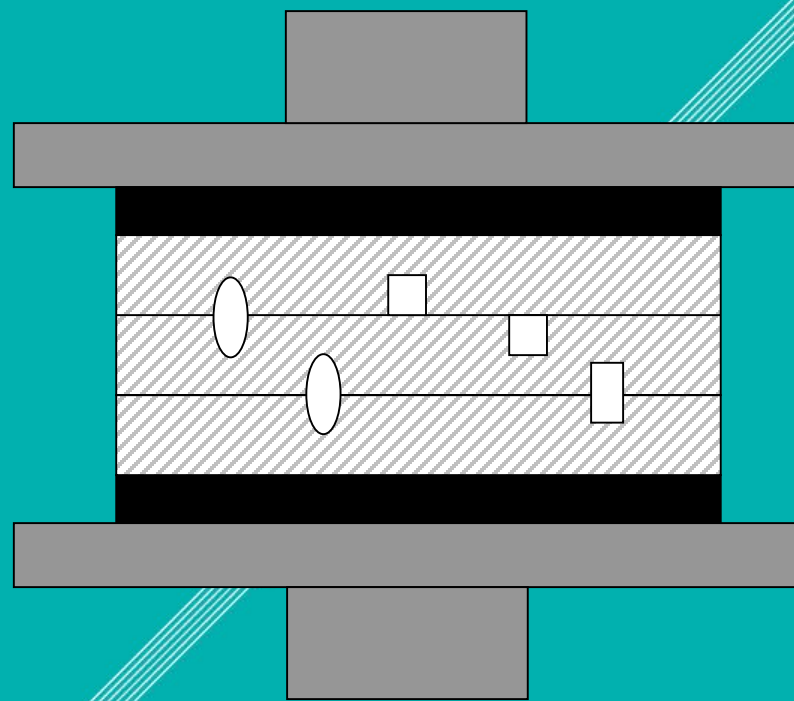
# 进行扩散焊接的工件要求



# 进行扩散焊接的工件要求



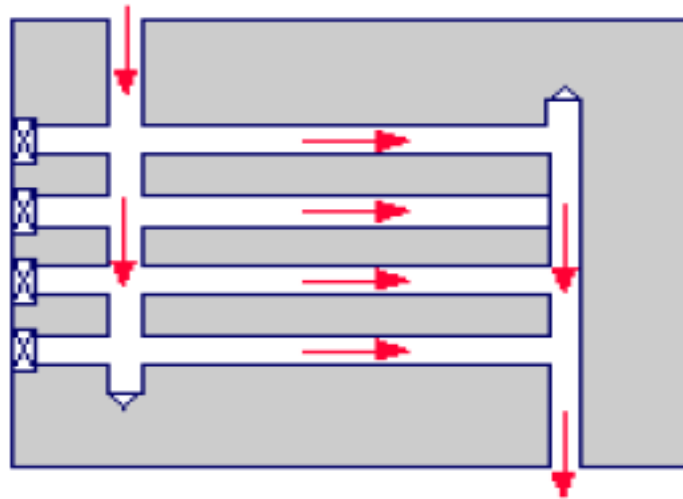
两套独立的焊接件



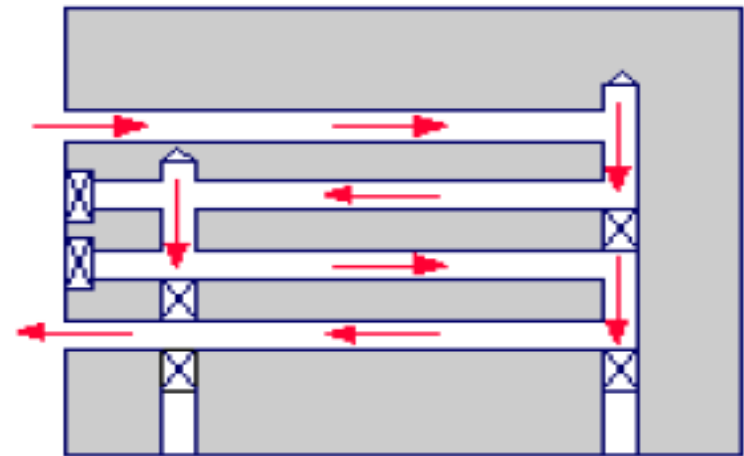
多层式结构

# 传统模具冷却流道之优点与限制

- 制作工艺简单 (钻孔及塞孔等工序)
- 纯水平/垂直冷却水道难以获得平衡之模具温度(迁就模具顶针位置)
- 冷却水容易泄漏 (公差问题)



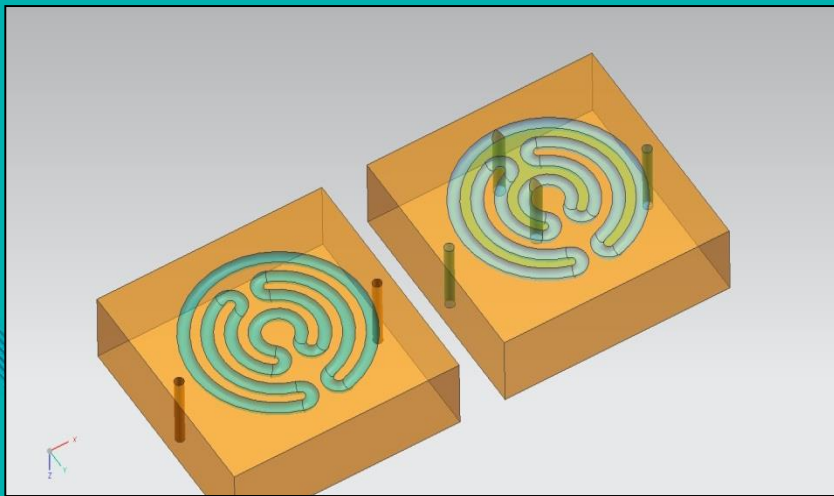
Parallel Cooling Channels



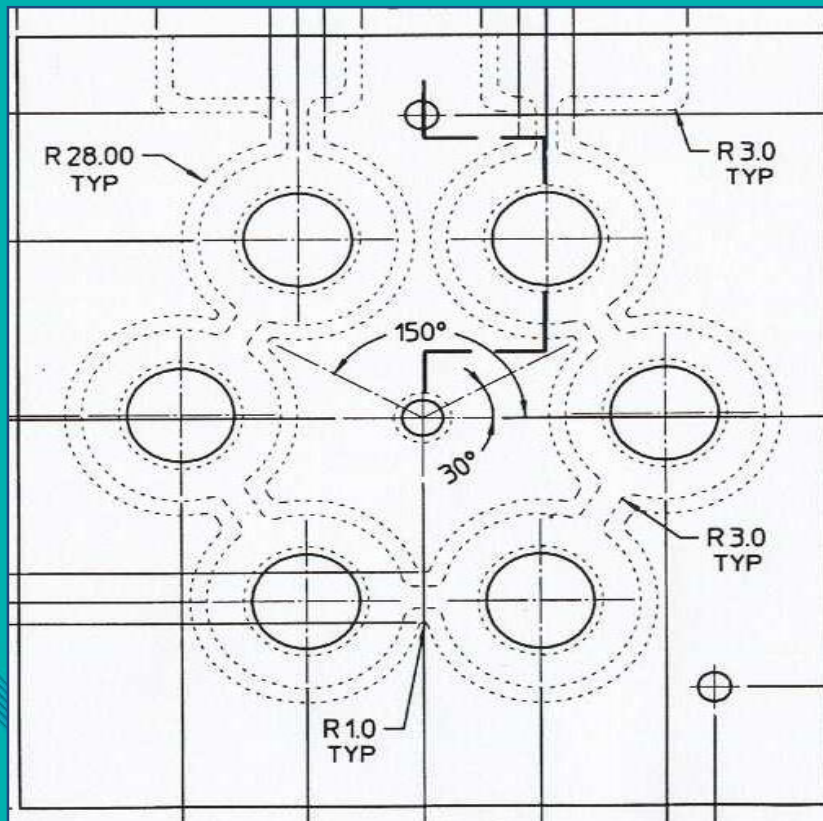
Serial Cooling Channels

# 扩散焊接技术实现2.5D随形冷却水道

- 大面积( $30000\text{mm}^2$ )焊接
- 减省大量钻深孔及塞孔工序
- 解决冷却水泄漏问题
- 于同一夹面上流道可随意设计



# 扩散焊接技术的优点与应用个案(1)



# 扩散焊接技术的优点与应用个案(1)

生产周期

15秒减至12秒 (↓ 20%)

变形

0.12 mm减至0.08mm (↓ 30%)

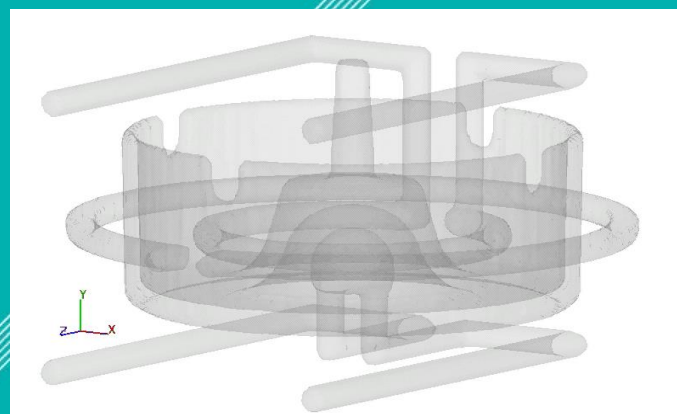
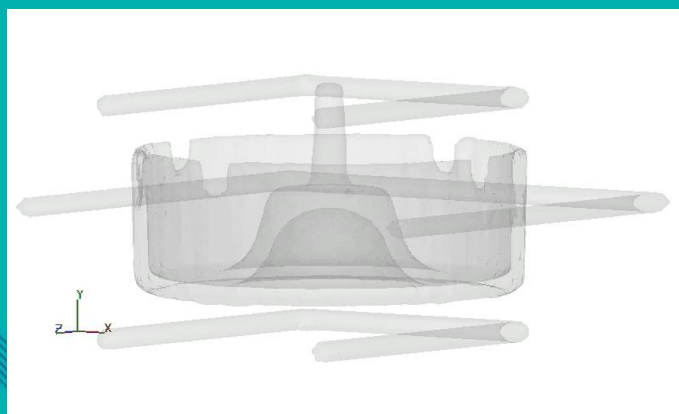
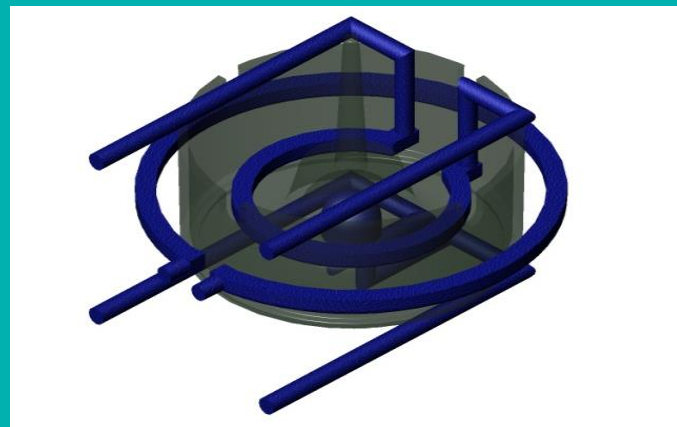
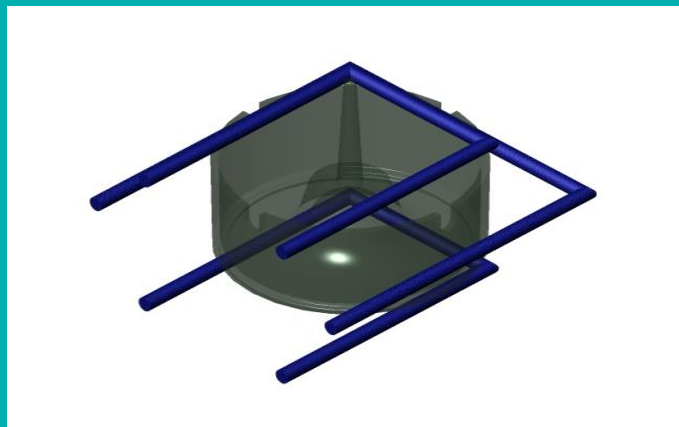
模具特点

1出6设计

模具材料

AISI H13

# 扩散焊接技术的优点与应用个案(2)



(a)传统流道设计

(b)扩散焊接的流道设计

# 扩散焊接技术的优点与应用个案(2)

冷却时间

从30秒减少到18秒 (↓ 40%)

变形

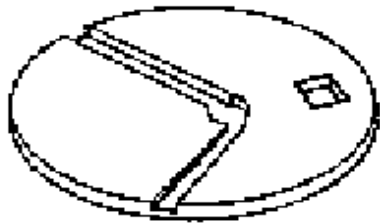
0.2 mm减至0.16mm (↓ 20%)

模具材料

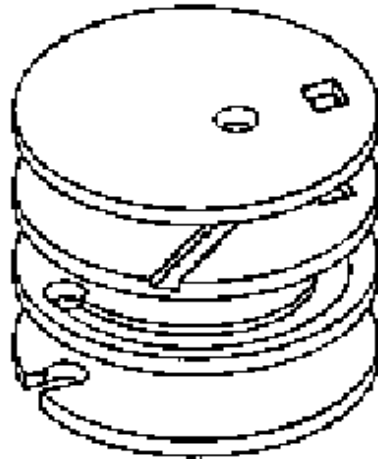
P20

# 扩散焊接技术的优点与应用个案(3)

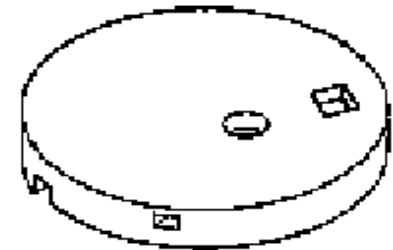
于工件表面  
加工水道



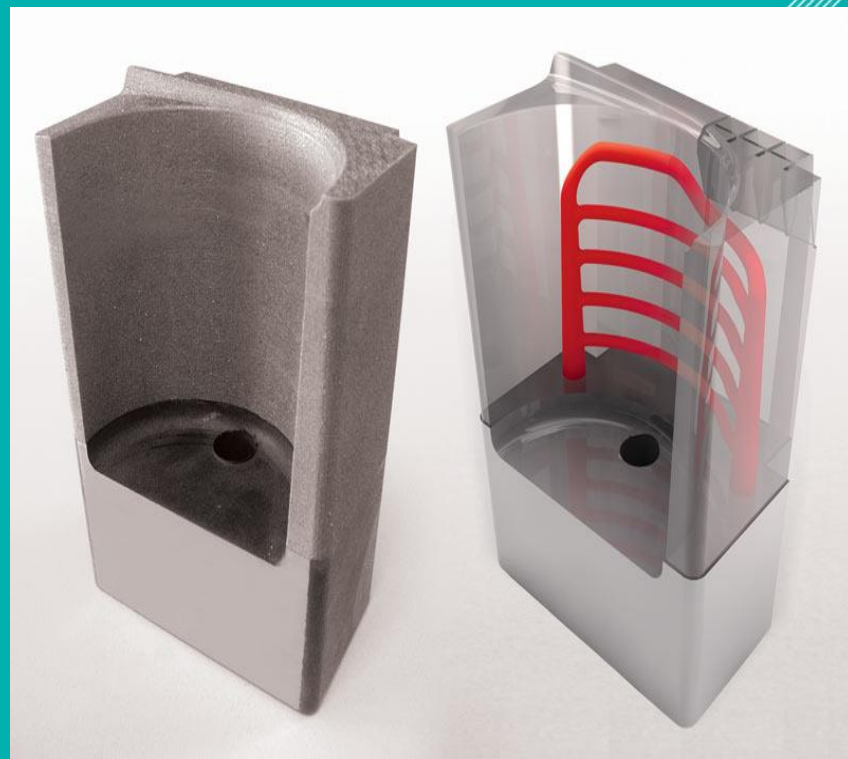
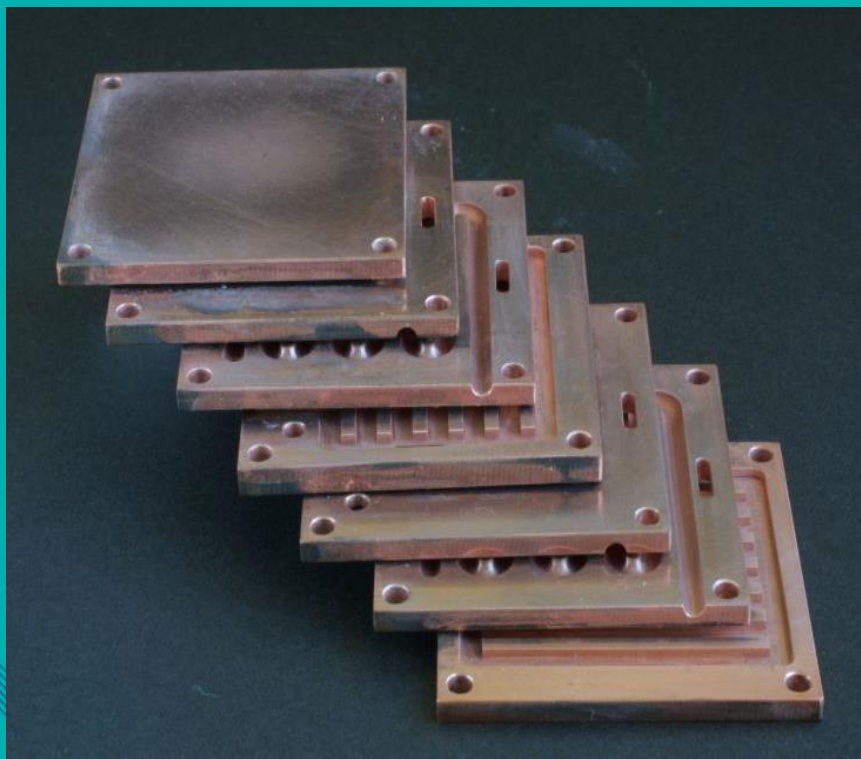
将已加工的  
水道迭起



进行扩散  
焊接



# 扩散焊接技术的优点与应用个案(3)



谢谢！