

冷隔

描述：

此类缺陷的特点是铸件表面不规则，如起皱或冷层。最常见的原因是在填充过程中，两股较低的温度和速度的金属液体相遇。当两股金属液汇合时，若有气体被卷入则加剧此类缺陷产生的可能性。也可能在充型末端产生此类缺陷（图 1a 和 1b），这种情况也被称为浇不足。此类缺陷有不同的名称，如冷隔、冷填充、冷缝和融接痕等，这些缺陷的外观可能略有变化，但根本原因通常是相似的。



图 1a: 铸件上的冷隔缺陷

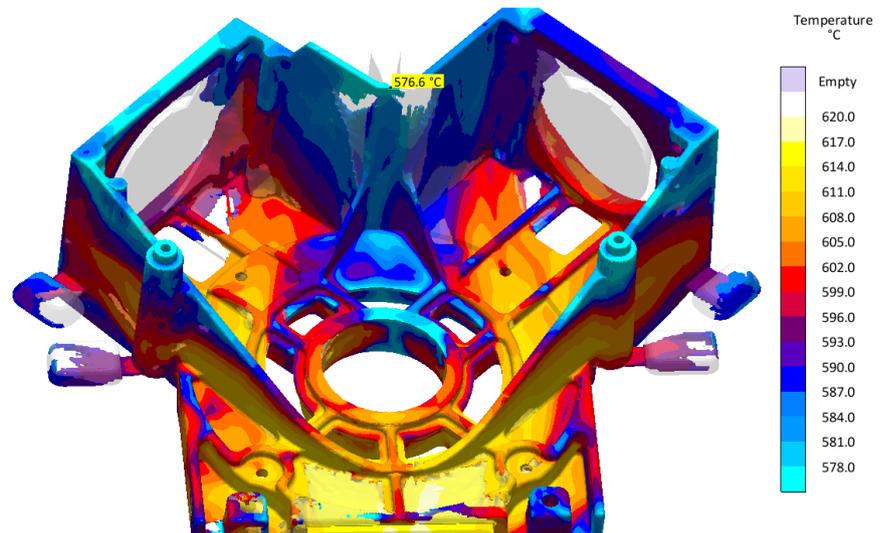


图 1b: 填充温度剖面，显示填充结束时金属液温度低于液相线温度

模拟解读：

通过可视化的充型过程详细分析金属液填充温度和速度。初始填充温度结果（基本判据）显示了金属液到达某个表面时的温度。若临界温度低于合金的液相线温度，金属液中将有固相产生，金属液粘度会增加。即使在相对较高温度的情况下，金属液流动前沿或在填充结束时金属液速度低和气压值高，则也会显示出类似的缺陷特征。

造成冷隔的根本原因：

- 金属液或模具表面温度低
- 压射曲线的第一阶段和/或第二阶段速度较低
- 高低速切换位置滞后——预填充
- 较少清洁/清洗该区域的机会
- 浇口位置的设计导致金属液流动不均衡
- 金属液流动前沿处卷入气体

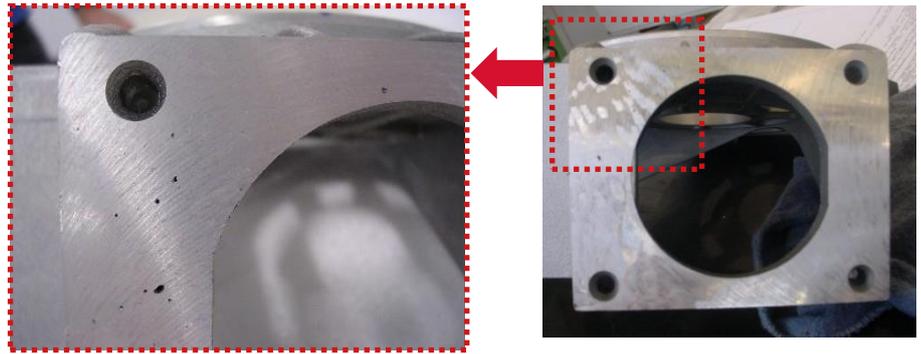


图 2a: 加工表面的气孔 (左图: 放大视图)

气孔

描述:

气孔是与气体相关的缺陷，它是气体卷入到液态金属液中的模拟结果。气孔看起来像一系列圆形和扁平椭圆形状的气泡，其内表面看起来相对光滑，有一层氧化层。通常气孔分散出现在加工表面下 (图 2a)。气孔是高压压铸工艺中最常见的与气体有关的缺陷。在填充过程中，在压室、浇道或型腔内都有可能形成卷气。

气孔缺陷通常会与缩孔缺陷相混淆，它们通常同时显示在 X 光探伤分析和 CT 扫描结果中 (图 2b)。由于此两类孔隙率缺陷需要完全不一样的改善措施，因此建议进行模拟，以便清晰地进行分析，从而确定孔隙率的类型。

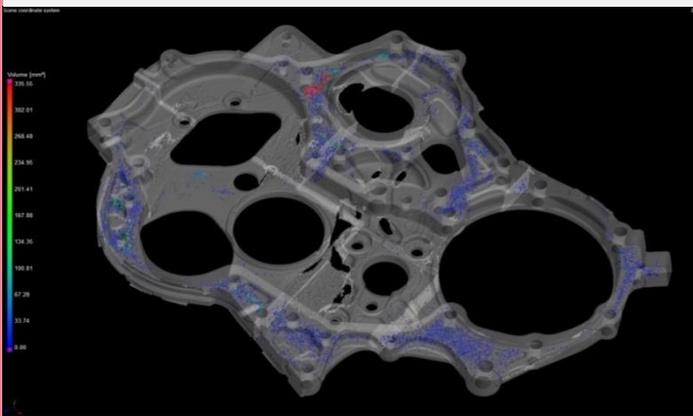


图 2b: CT 扫描结果显示的缩孔和气孔

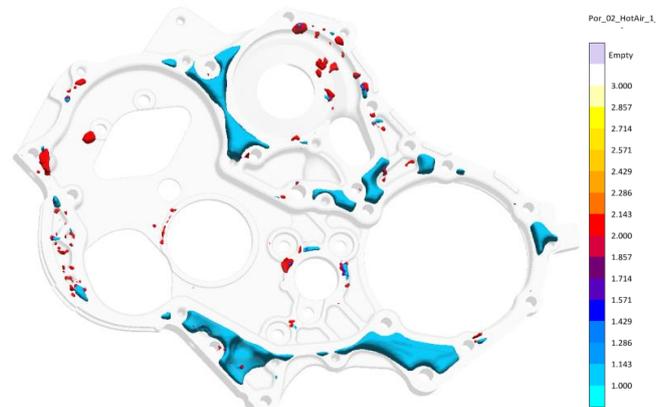
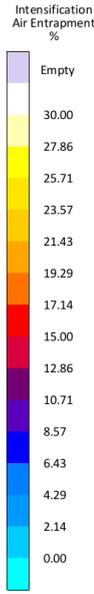
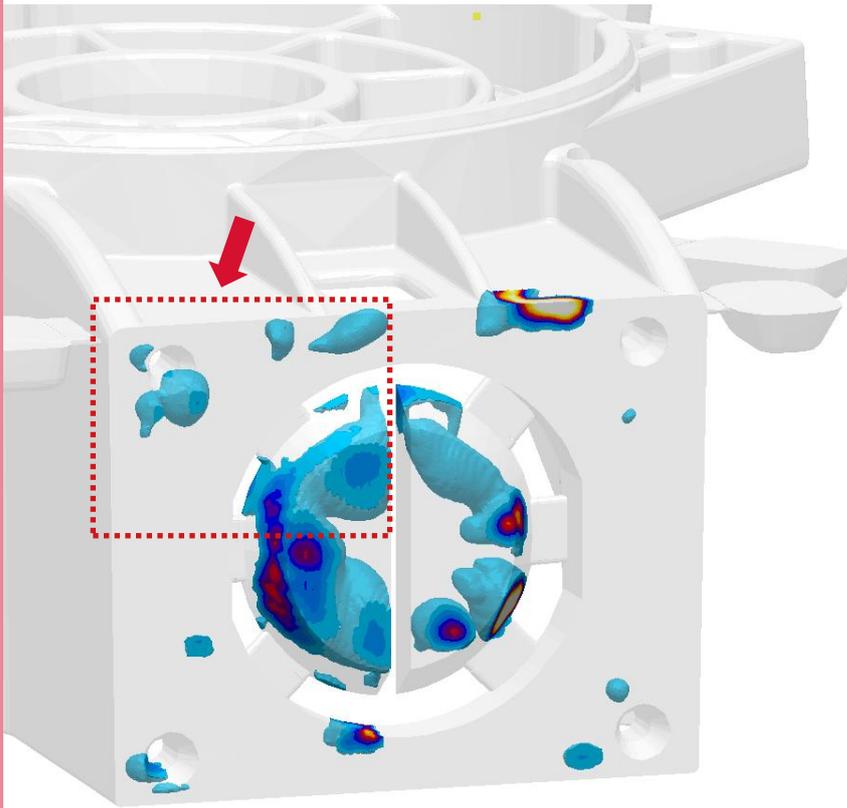


图 2c: 气孔和缩孔的用户结果自定义，同时显示出缩孔和气孔的位置

模拟解读:

气体结果 (Results of Air, 版本 5.5)、强化卷气 (Intensification Air Entrapment) 和气压 (Air Pressure) 显示气体被卷入的位置以及最终气孔形成的位置。



造成气孔的根本原因:

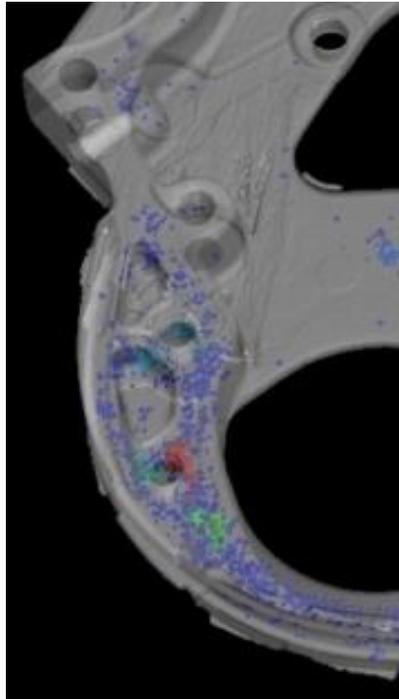
- 第二阶段速度过高-气体在金属液中均匀分布
- 第一阶段速度过高或过低-在压射室内金属液卷入气体
- 减压浇道系统
- 填充末端或填充前沿处卷入气体
- 缺少集渣包和排气通道
- 溢流口位置不合理
- 集渣包较小
- 排气口封闭
- 压射室充满度较低
- 无抽真空或抽真空系统工作不正常

图 2d: 强化卷气结果显示气体与金属液混合的最终位置

加工件



CT 扫描结果



模拟



图 2e: 缩孔和气孔如上图所示。从模拟中可以清楚地看出缺陷与气孔的关系更大。

气孔

模具冲蚀

描述:

模具冲蚀的特点是铸件表面质量差，原因是脱模材料引起冲蚀磨损（图 3a）。冲蚀取决于许多不同的因素，但主要取决于浇口处过高的金属液速度（铝的参考速度为 40-60 m/s）、金属液冲击模具表面的角度（图 3b）以及模具局部温度的升高。

另一种典型的冲蚀效应是气蚀，即夹带在金属液中的气泡在模具表面爆破，导致模具表面出现凹坑。这种现象是由金属液速度增大以及在很短的时间内大幅度压降造成的。

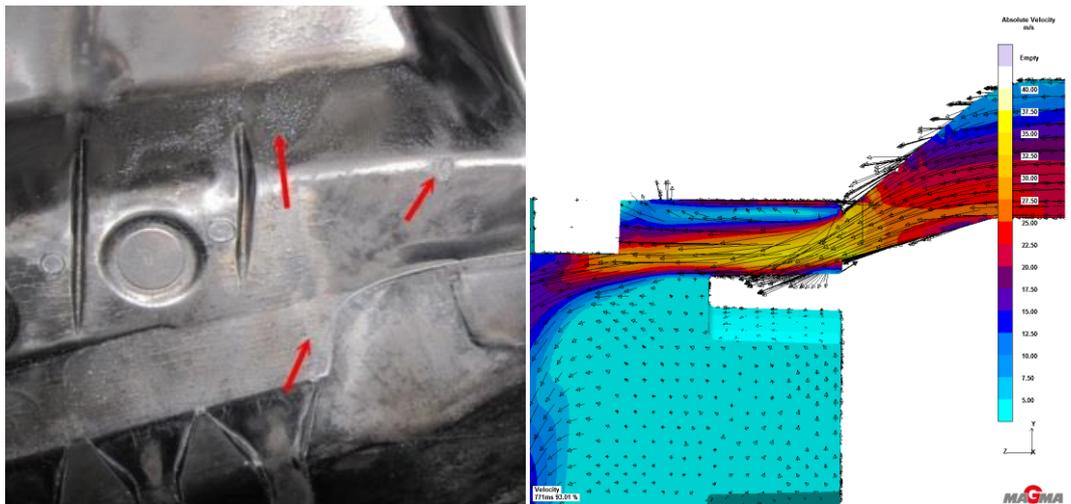
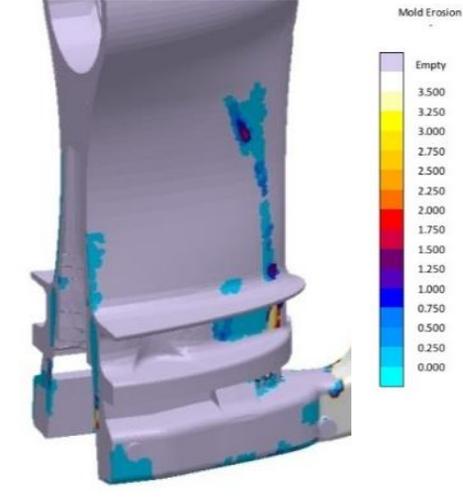


图 3a: 红色箭头表明侵蚀区域

图 3b: 浇口的速度矢量结果

模拟解读:

填充的速度矢量显示金属液在模具中的流动速度和方向（图 3b）。模具冲蚀结果显示了模具将受到影响的区域（图 3b）。可以结合金属液压力和速度，预测气蚀产生的关键区域，如用户结果所示（图 3e 和 3f）。



模具冲蚀的根源：

- 在整个填充期间，靠近浇口区域的金属液速度很高
- 金属液流动角度对模具造成影响
- 金属液冲击模具表面处局部温度高
- 气蚀

图 3c: 船用发动机变速箱冲蚀

图 3d: 关键区域的模具冲蚀

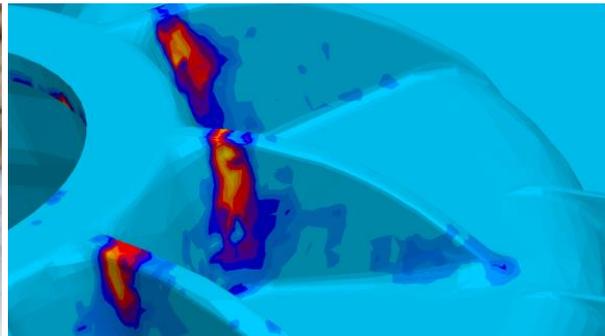
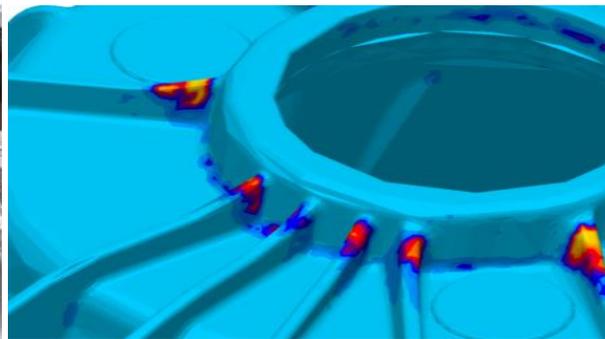


图 3e: (左上和左下) 由于模具表面的气蚀导致铸件表面多料；

图 3f: (右上和右下) 用户结果中的气蚀预测。

模具冲蚀

缩孔

描述:

缩孔具有不规则形状的粗糙表面，并伴有树枝状晶体的缺陷（图 4a 和 4b）。缩孔是凝固过程中金属液体积收缩的结果，当凝固金属液的收缩体积区域不能被补缩时，则会产生缩孔。

- 宏观缩孔较大，位于铸件内孤立的热节区域，通常用肉眼可以观察到（图 4e）
- 当液态金属不能充分补缩至枝晶间区域时，会在温度梯度较小区域形成微缩孔或枝晶间缩孔，从而导致微观互连的不连续性。在许多情况下，枝晶间缩孔是造成铸件渗漏的原因（图 4c）。宏观缩孔及微观缩孔取决于凝固条件和合金凝固区间

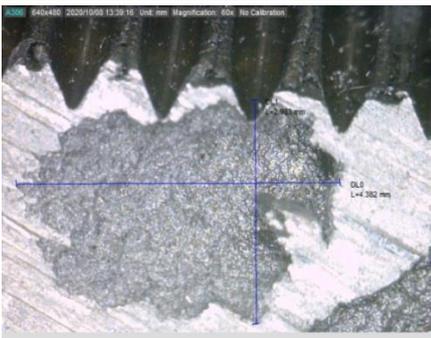


图 4a: 图 4e 的缩孔放大图 (60X 放大)

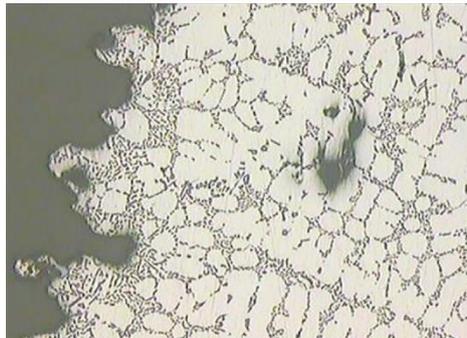


图 4b: 宏观缩孔的特征是由于新出现的枝晶的生长中断，而出现的粗糙和海绵状的表面

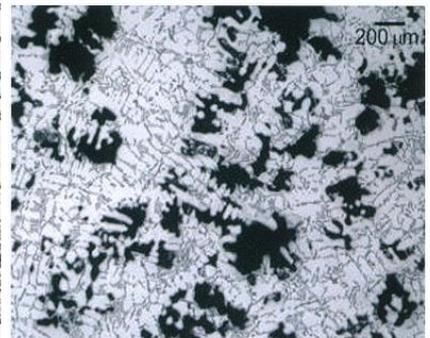


图 4c: 枝晶间互连缩孔区域的显微照片



图 4d: 油盘显示检测到收缩孔隙的截面



图 4e: A-A 的横截面视图。图片显示加工区域的缩孔

缩孔

模拟解读:

液相分数和温度 (Fraction Liquid and Temperature) 结果显示了凝固路径和热节孤立的时间 (图 4f)。FStime 显示了补缩何时停止。热节 (图 4g) 和缩孔 (图 4h) 分别显示缩孔的位置、体积和程度。

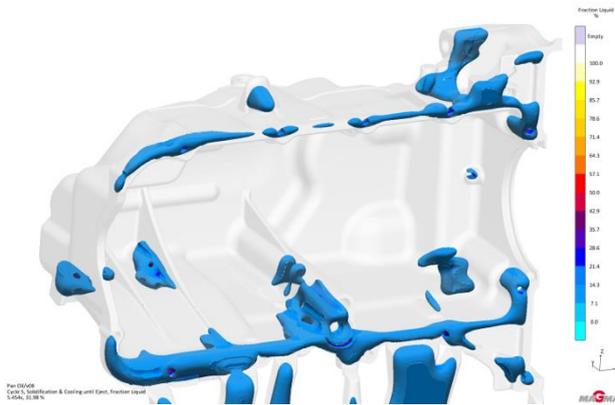


图 4f: 液相分数, 显示凝固比例为 68%。通过这个结果可以确定补缩路径。



图 4g: 热节显示孤立区域的位置

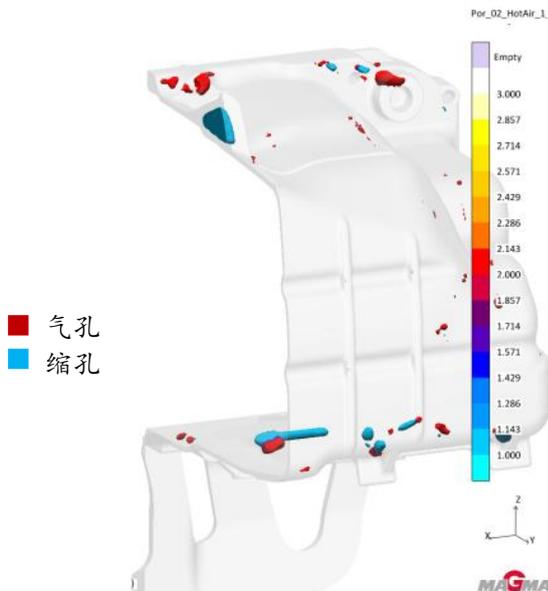


图 4h: 缩孔和气孔结果确定关键区域的孔隙为缩孔

可能引起缩孔的原因:

- 几何体中的热孤立区域——热节
- 补缩不足-浇口凝固过早
- 铸件中没有补缩路径
- 低铸造压力 (第三阶段)。
- 模具温度高——热节处冷却不良或没有冷却。
- 浇注温度过高
- 料柄厚度小
- 温度控制不佳/模具喷涂

粘模

描述:

粘模是当合金/模具相互作用时产生的缺陷。当铸造合金与模具钢结合时，形成金属间相，并成为模具钢表面的一部分时，这被定义为粘模缺陷。铝粘附在金属间相上（图 5a）。当钢模具处于较高温度时，该影响会加剧。由于模具表面的堆积形成粘模区域，带来铸件的表面缺陷。

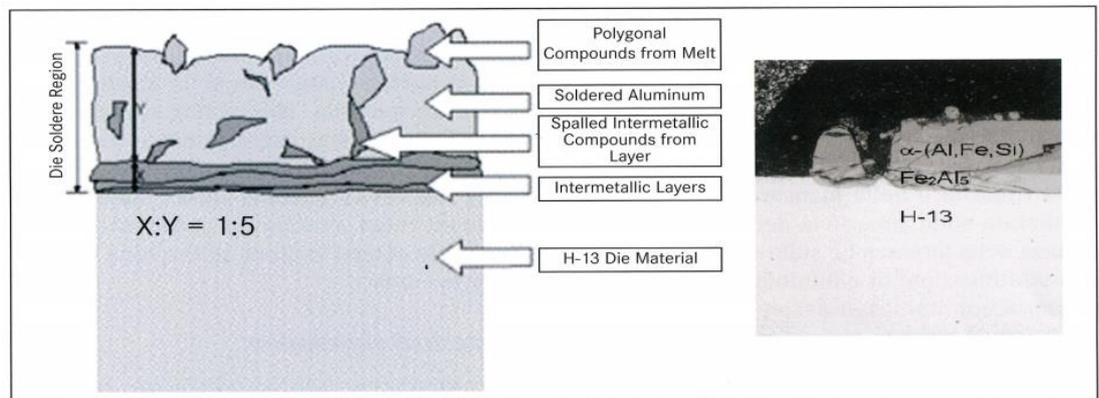


图 5a: 粘模现象原理图



图 5b: (左) 模具上的粘模效应; (右) 粘模产生后对模具的损坏

可能造成粘模的原因:

- 型腔设计——存在深咬边和细长销
- 脱模角度小
- 模具表面抛光不良
- 脱模润滑剂应用失效
- 合金中铁含量低 (> 0.7%)
- 速度高——高速流动的金属液可以去除天然氧化铁层
- 模具局部高温——没有局部冷却或其位置不当

粘模

模拟解读：

粘模结果显示了具有粘模风险趋势的模具区域（图 5d 和 5e）。凝固过程中模具的温度分布显示了高温和局部冷却不良的区域（图 5c）。

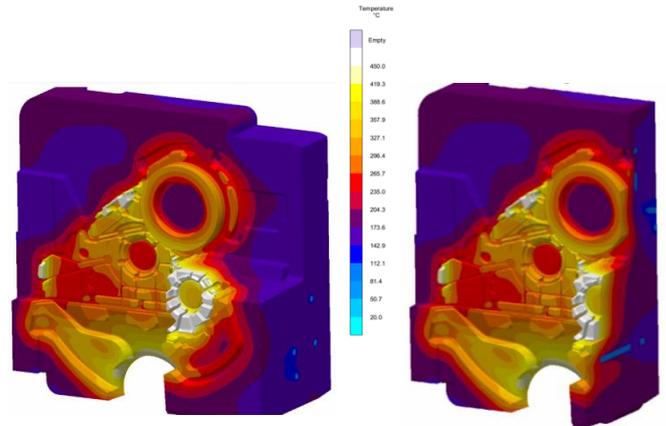
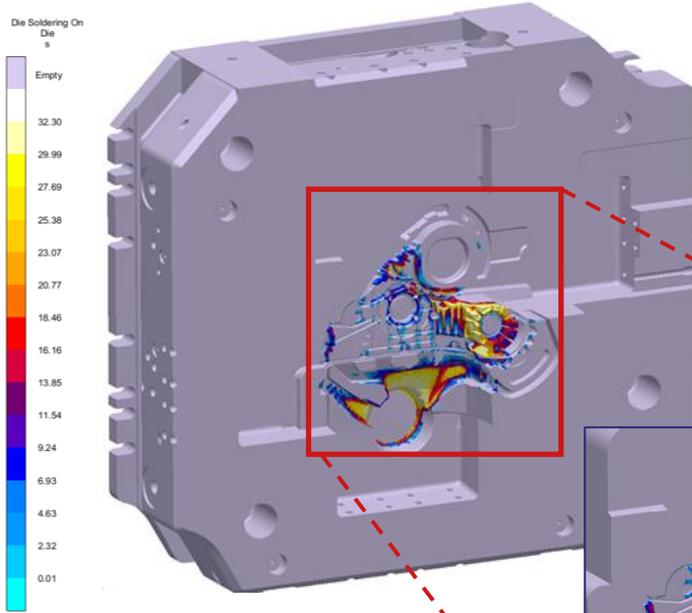


图 5c：凝固过程中的模具温度分布。可以评估高温区域以及冷却通道是否处于正确位置

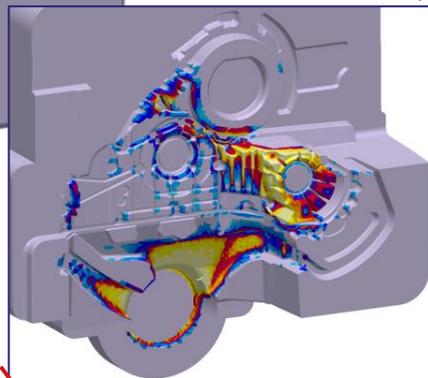


图 5d：粘模结果 - 黄色区域有粘模形成的风险

图 5e：粘模风险区域预测和铸件中的粘模区域

