

## Innovative Product Design and Robust Process Layout in Die Casting with Autonomous Engineering(五) 使用自主设计在压铸中的创新产品设计和稳健工艺布局(五)

Dr.-Ing. Horst Bramann, M.Sc. Laura Leineweber, Dr.-Ing. Jörg C. Sturm, MAGMA  
Gießereitechnologie GmbH, Aachen, Germany

### Abstract

#### 摘要

Innovative automotive lightweight designs lead to a higher demand for the product and process development of die cast components. This is attributed to shorter and shorter product development cycles as well as the rising functional integration and complexity of structural die cast parts. The main objectives of the technically complex processes and tools in aluminum and magnesium die casting are cost and resource efficiency along with the robust fulfillment of the defined high-class requirements of the casting. In this context, casting process simulation is a well-established tool used to support tool design, part design as well as process development.

创新的汽车轻量化设计对压铸件的产品和工艺开发提出了更高的要求。这是由于产品开发周期越来越短，以及压铸结构件的功能集成和复杂性不断提高。铝合金和镁合金压铸的复杂工艺技术和模具的主要目标是提高成本和资源效益，并严格满足铸件的高标准要求。在该背景下，铸造工艺模拟是一种成熟的工具，用于支持模具设计、产品设计以及工艺开发。

本文以一个压铸结构件为例，展示了 MAGMASOFT® 5.4 自主设计的新方法如何满足压铸的以下需求：

- 更快地开发产品和工艺
- 在质量、产量和成本方面的最佳工艺和模具设计
- 稳健的工艺布局，比以往更佳的最大化质量再现性

### 对整个工艺的评估

除铸件的模具和工艺布局的方法设计之外，结构部件的安全和稳健质量预测需要考虑到整个工艺。为了可靠地预测结构部件的属性和变形，这尤其适用于铸件从模具中脱出后的工艺步骤。

从图 20 中可以看出，从铸造工艺到铝减震器热处理的连续的性能和变形预测。MAGMASOFT® 允许计算和评估铸件的残余应力（这些残余应力是生产过程的结果）以及过程中任何时候的相应变形。设计阶段框架内潜在风险的早期识别可使所有可用的自由度实施预防措施。此类措施可能包括铸件设计变更、对模具的预防性几何模型优化或热处理工艺的调整布局。

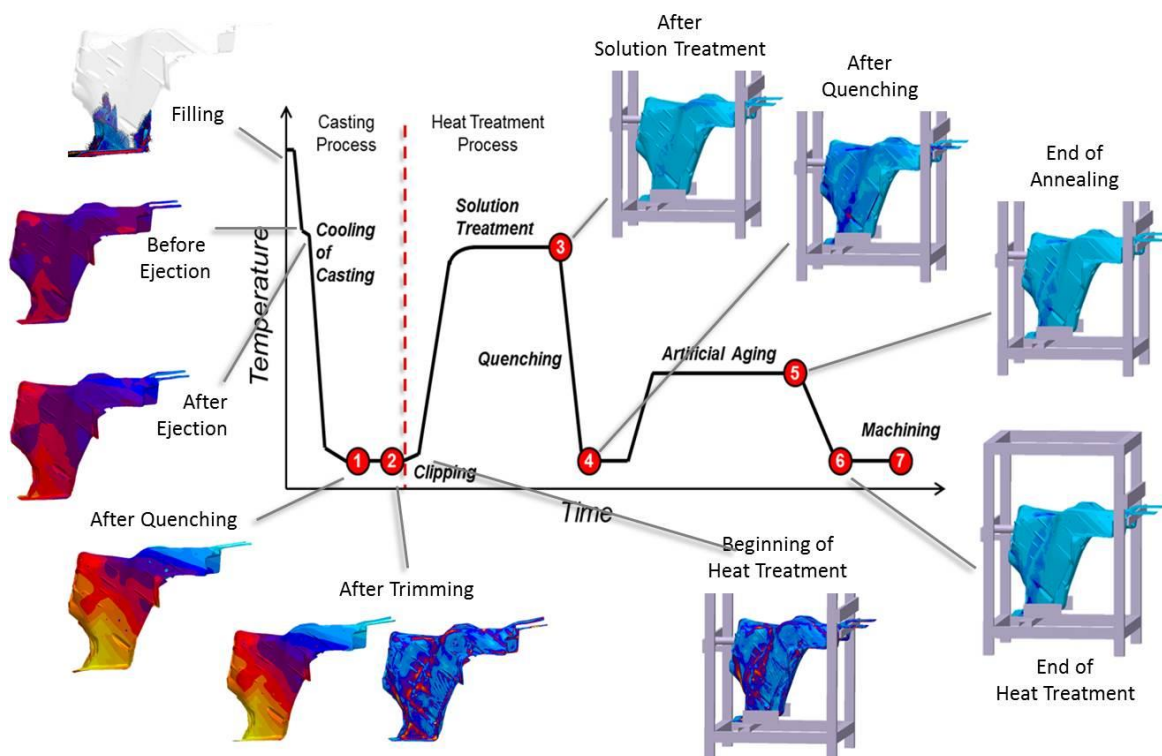


图 20: 结构件整个工艺的虚拟考虑, 包括热处理

对于复杂的大型结构部件, 在热处理过程中实现所需公差范围内的稳定变形是一个特殊的挑战。通常, 一旦生产的第一批铸件到达热处理处, 就会开始热处理机架的设计; 这通常通过反复试验来优化。但是, 虚拟热处理试验允许在规划阶段早期对机架进行优化设计。

变形的预测需要计算铸造工艺中任何时候的局部残余应力以及有效塑性应变。在该背景下, 考虑了所有相关的工艺步骤: 铸件的凝固和脱出、移除铸造系统、加热、固溶处理、热处理期间的淬火和回火, 直到考虑最终的机加工步骤。

由固溶处理、淬火和回火组成的传统 T6 热处理后的结构部件变形 (图 21)。MAGMASOFT® 对热处理过程的模拟利用了温度和应变率相关蠕变模型, 该模型考虑了重力对铸件的载荷 (特别是在固溶处理过程中) 以及由此产生的变形。

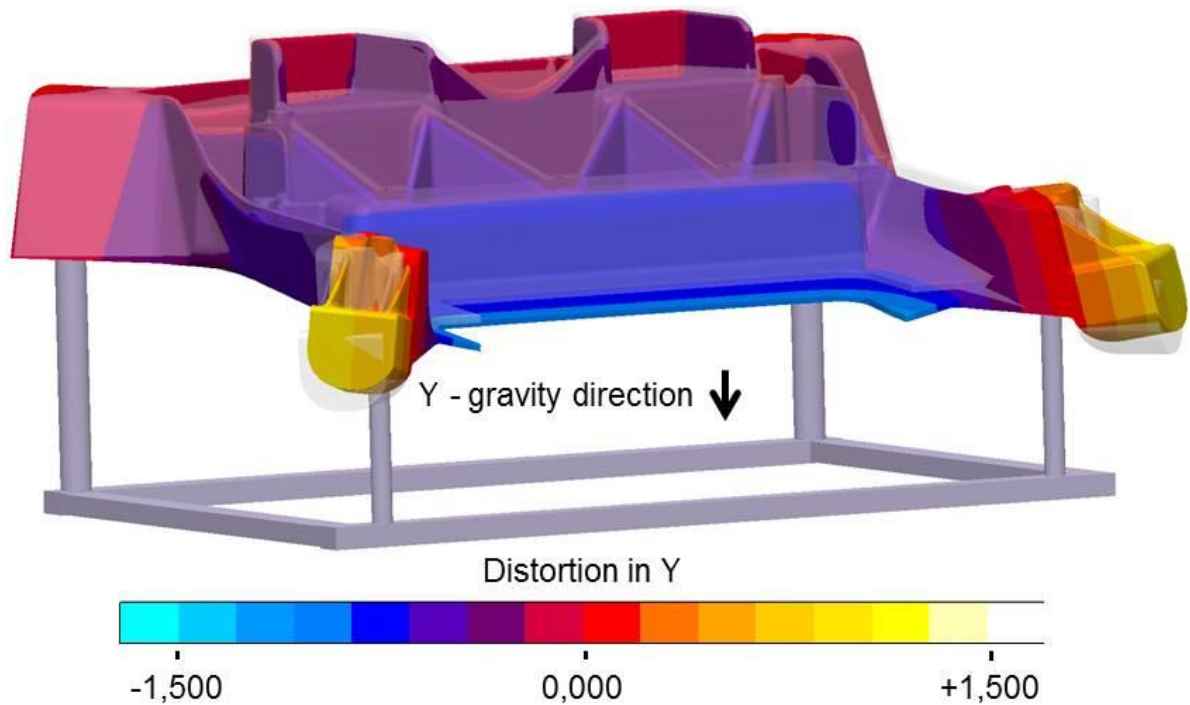


图 21：热处理结束时，由于固溶处理过程中重力的影响，机架中的连接节点在 y 方向上的变形

在虚拟 CAE 功能分析之前，用软件预测的整个生产工艺的局部塑性应变和残余应力扩展并细化了对结构部件状况的描述，参见图 22。凝固过程中产生的局部塑性应变允许识别铸造材料的不可逆损伤区域。热处理后承受显著局部 Von Mises 应力（等效应力）的区域补充了 FE 碰撞模拟的载荷谱。功能模拟中的高载荷与局部降低的铸造属性的不便利重叠会导致碰撞情况下的失效风险增加。

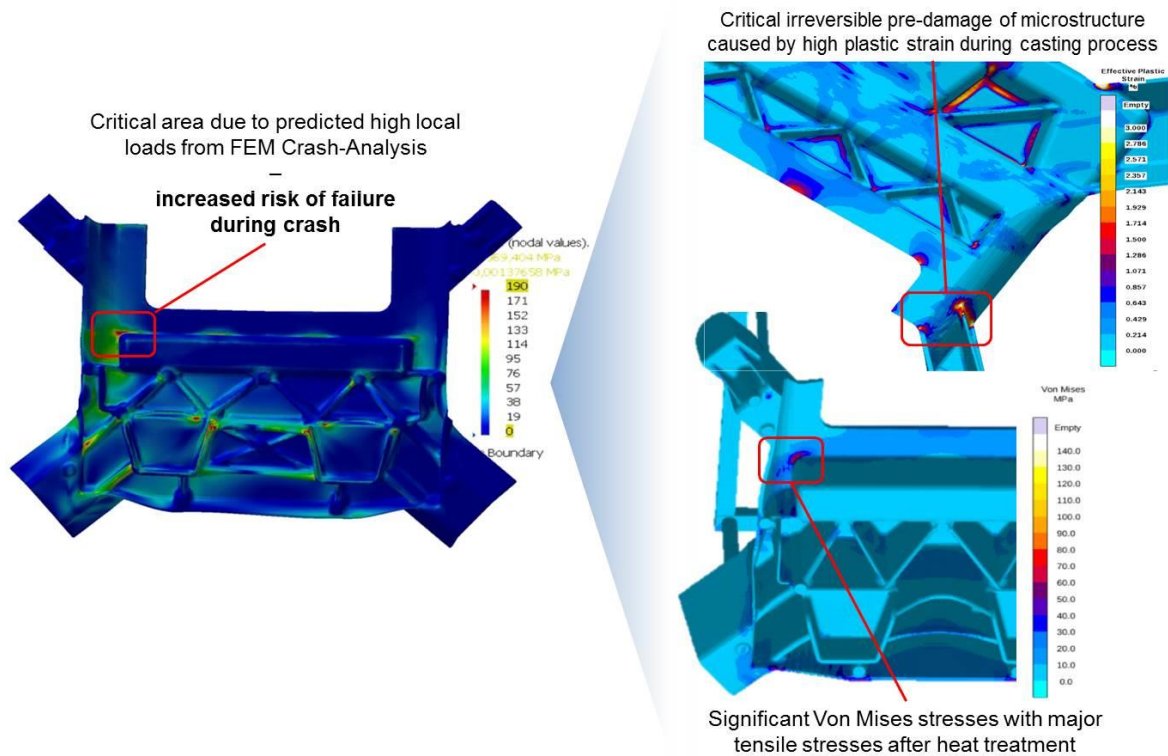


图 22: 将铸造工艺模拟中的信息（局部有效塑性应变和残余应力）集成到虚拟功能分析中

在将生产工艺中计算出的局部铸造属性系统地集成到概念开发的虚拟功能和风险分析中时，可以进行更准确的预测。虚拟生成的关于铸件生产参数和质量标准之间相关性的系统知识使得能够通过早期的安全决策来安排更稳健的产品和生产工艺。

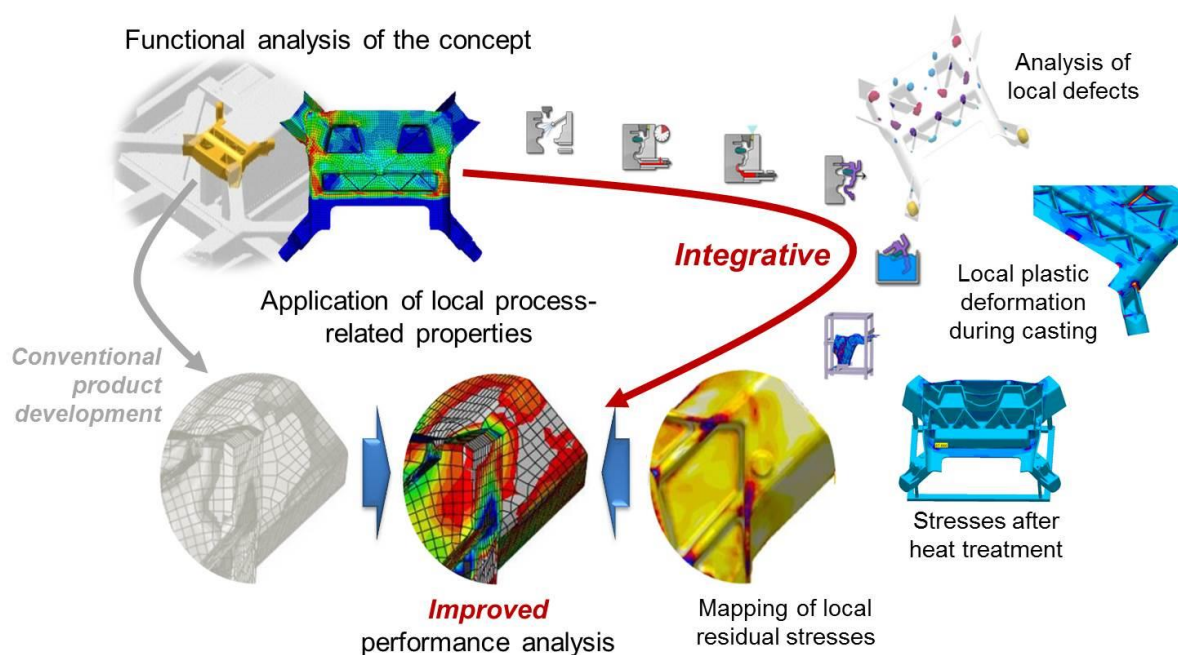


图 23: 创新的 CAE 过程: 通过利用铸造工艺模拟中的局部铸造属性, 改进了功能预测和风险评估。将虚拟生成的知识作为概念和设计阶段中自信决策的基础, 以实现稳健的产品和工艺。

## 总结

在高压压铸中, MAGMASOFT 的虚拟试验设计或自主设计是一种突破性的方法, 该方法通过透明和定量的工艺知识, 实现模具和生产工艺的优化和稳健布局。除确定可靠的技术解决方案之外, 这种新方法还可以在质量和盈利能力之间权衡最佳方案, 这是压铸一直追求的目标。因此, 即使在计划阶段的早期, 对于复杂的任务, 也有可能生成关于铸件生产参数和质量标准之间相关性的系统知识, 而且几乎没有经济或生产风险。

早期的安全决策支持产品开发人员和模具铸造人员设计稳健、经济有效和资源高效的产品和工艺。在规划阶段的早期应用此类虚拟生成的知识是 CAE 开发过程的基础, 在该过程中, 设计者和模具铸造者同时对部件和铸造工艺进行优化。